

УДК 621.039[7...14+733/736]

В. Г. Іванець, В. М. Корякін, О. В. Гайдін

ТОВ "НВО "Енергохім", г. Київ

ДО ПИТАННЯ ПЕРЕРОБКИ РІДКИХ РАДІОАКТИВНИХ ВІДХОДІВ  
ФРАКЦІЙНИМ ПОДІЛОМ КОМПОНЕНТІВ

На АЕС України сумарно накопичено більше 33 тис. м<sup>3</sup> рідких радіоактивних відходів (РРВ) різних категорій активності. Відомі методи переробки осадів з ємностей тимчасового зберігання РРВ не можуть знайти широкого застосування у зв'язку з низькою технологічною та економічною ефективністю, а також через відсутність сховищ для кінцевого продукту, що має більший об'єм порівняно з вихідними РРВ. Запропоновано проводити поділ компонентів попередньо очищених РРВ та їх подальшу переробку шляхом періодичного порційного пропускання через шар тонко-дисперсного адсорбенту в потоці оборотного елюенту. Цей метод дозволить суттєво зменшити об'єм радіоактивних відходів (РАВ) та виділити цінні нерадіоактивні компоненти у чистому вигляді.

**Ключевые слова:** рідкі радіоактивні відходи, переробка, фракційний поділ, адсорбент.

У наш час проблемним питанням функціонування АЕС є подовження строків використання ємностей тимчасового зберігання рідких радіоактивних відходів, оскільки в них накопичений великий об'єм РРВ з осадами (до 70 % заповнення) у вигляді:

кубових залишків (КЗ), що являють собою закристалізовані солі з насиченим розчином над ними;

відпрацьованих фільтруючих матеріалів (ВФМ) у вигляді водних сумішей іонообмінних сорбентів (ІОС) та сорбентів типу активованого вугілля БАУ;

злежаних шламів та/або шламових пульп (ШЛА).

Станом на 31.12.12 на АЕС України було накопичено (м<sup>3</sup>): кубових залишків — 23 828, ВФМ та шламів — 1 411, сольового плаву — 7 100. Сумарно — більше 33 тис. м<sup>3</sup> РРВ різних категорій активності [1].

Відомі методи переробки таких осадів з ємностей тимчасового зберігання РРВ не можуть знайти широкого застосування у зв'язку з низькою технологічною та економічною ефективністю, а також через відсутність сховищ для кінцевого продукту, що має більший об'єм порівняно з вихідними РРВ. Змінити ситуацію, що склалася, може розробка і впровадження технології та обладнання для комплексної переробки накопичених в ємностях тимчасового зберігання (КЗ, ВФМ та ШЛА) РРВ, які при мінімальних фінансових витратах дозволять суттєво зменшити об'єми твердих радіоактивних відходів (ТРВ), що утворюються в результаті кондиціонування РРВ.

У [2] запропоновано метод очищення низькоактивних радіоактивних розчинів з отриманням мінімального об'єму вторинних відходів при практично повному очищенні розчину від урану, плутонію та трансуранових елементів. При цьому використовували плоскорамний мембранний апарат з тангенціальною подачею розчину і його циркуляцією. Зібрану суспензію концентрату піддавали термообробці у дві стадії, першу стадію проводили

при 120—180 °С до досягнення концентрації завислих речовин 150—300 г/л. Другу стадію проводили при температурі 250—300 °С до досягнення залишкової вологості концентрату не більше 5 мас. %. Сорбційне доочищення фільтрату здійснювали шляхом пропускання через високоосновну аніонообмінну смолу. Ступінь концентрування РРВ таким способом досягає 18 200 разів, а питома активність фільтрату після колонки складає близько 0,5 Бк/л.

У відомій технології переробки РРВ [3] запропоновано відстоювати вихідний потік радіоактивних відходів з одержанням надосадового розчину та шламу. Надосадову суміш освітлюють на механічному фільтрі, отриманий фільтрат піддають двостадійному глибокому знесоленню. Перша стадія включає зворотній осмос з отриманням потоків проміжного концентрату і дезактивованого розчину. Перед відстоюванням РРВ піддають попередній фільтрації на фільтрах із завантаженням сипрону і гранульованого поліпропілену для відокремлення мастил, нафтопродуктів і альфа-радіонуклідів від рідкої фази РРВ. Після відстоювання надосадову рідину піддають послідовній механічній фільтрації на піщаному і вугільному фільтрах, з отриманням фільтрату, який піддають глибокому знесоленню зворотним осмосом. Після першої стадії дезактивований розчин піддають іоноселективній сорбції, а потім коригують рН на вапняковому фільтрі. На другій стадії глибокого знесолення проміжний концентрат піддають доконцентруванню зворотним осмосом з отриманням концентрату з солевмістом 100—150 г/л, який направляють на подальше кондиціонування, а перміат направляють знову на першу стадію глибокого знесолення. В результаті кінцевий розчин має питому активність по β-радіонуклідам (<sup>90</sup>Sr) — 7,0 Бк/л, по α-радіонуклідам (<sup>239</sup>Pu) — 0,18 Бк/л; питома активність по <sup>137</sup>Cs складає 0,02 Бк/л, концентрація зависів — 1 мг/л, поверхнево-активних речовин (ПАР) — 0,06 мг/л, нафтопродуктів — 0,03 мг/л.

Ще один підхід [4] до переробки мало- і середньомінералізованих низькоактивних рідких відходів включає попередню очистку РРВ на механічних і ультрафільтрах з накопиченням попередньо очищених РРВ у проміжній ємності, знесолення попередньо очищених РРВ за допомогою зворотно-осмотичних фільтрів, поділ потоків на виходах зворотно-осмотичних фільтрів на фільтрат і концентрат з поверненням концентрату в проміжну ємність, доочищення фільтрату на іонообмінних фільтрах і накопичення очищеної води в ємності, контроль солевмісту концентрату і фільтрату на виходах зворотно-осмотичного модуля і солевмісту фільтрату на іонообмінних фільтрах. При цьому після розділення потоків залежно від солевмісту фільтрату на виході зворотно-осмотичних фільтрів фільтрат направляють: при солевмісті менше допустимого значення — на іонообмінні фільтри, при солевмісті більше допустимого значення — в другу проміжну ємність, а при досягненні в першій проміжній ємності достатнього значення солевмісту концентрат РРВ направляють на цементування. Допустимим значенням для фільтрату зворотно-осмотичних фільтрів є солевміст не більше 0,2 г/л, достатнім значенням для концентрату зворотно-осмотичного фільтра – солевміст не менше 50 г/л. Солевміст РРВ на вході зворотно-осмотичних фільтрів контролюють за допомогою кондуктометрів. При досягненні концентрацій солей в РРВ 5—10 г/л їх розбавляють фільтратом з виходу зворотно-осмотичних фільтрів за певним співвідношенням.

Проте вищевказані методи характеризуються недостатньо високою селективністю вилучення радіоактивних компонентів та утворенням великого обсягу ТРВ. Крім того відсутня можливість виділення цінних нерадіоактивних компонентів у чистому вигляді.

Авторами запропоновано проводити поділ компонентів попередньо очищених РРВ та їх подальшу переробку шляхом періодичного порційного пропускання через шар тонко-дисперсного адсорбенту в потоці оборотного елюенту [5]. В шарі адсорбенту компоненти РРВ перерозподіляються на фракції окремих радіоактивних компонентів, сумішей радіоактивних та нерадіоактивних компонентів, окремих нерадіоактивних компонентів і фракції сумішей нерадіоактивних компонентів. Після розділення компонентів РРВ радіоактивні компоненти готують до тривалого зберігання, суміші радіоактивних та нерадіоактивних компонентів і суміші нерадіоактивних компонентів піддають доочищенню шляхом повторного перерозподілу в шарі тонкодисперсного адсорбенту, а з окремих нерадіоактивних компонентів одержують товарні продукти. Радіоактивні компоненти готують до тривалого зберігання шляхом упарювання під вакуумом до одержання сухого залишку. Перерозподіл компонентів РРВ в шарі тонкодисперсного адсорбенту покращується за рахунок прикладання під час процесу розділення постійного електричного поля, вектор якого спрямований в напрямку або проти руху потоку оборотного елюенту.

Принципова схема розділення РРВ фракційним поділом компонентів зображена на рис. 1. Розчин, що містить в собі, наприклад, десять компонентів: чотири радіоактивних компоненти (рис. 1, 1, 6, 8, 10) і шість нерадіоактивних (рис. 1, 2—5, 7, 9). При перерозподілі компонентів такого розчину в шарі тонкодисперсного адсорбенту утворюються 12 фракцій (окрім фракції оборотного елюенту — 0): фракція 1 — радіоактивний компонент 1; фракція 2 — частина нерадіоактивного компонента 2; фракція 3 — суміш нерадіоактивних компонентів 2 і 3; фракція 4 — частина нерадіоактивного компонента 3; фракція 5 — суміш нерадіоактивних компонентів 4 і 5;

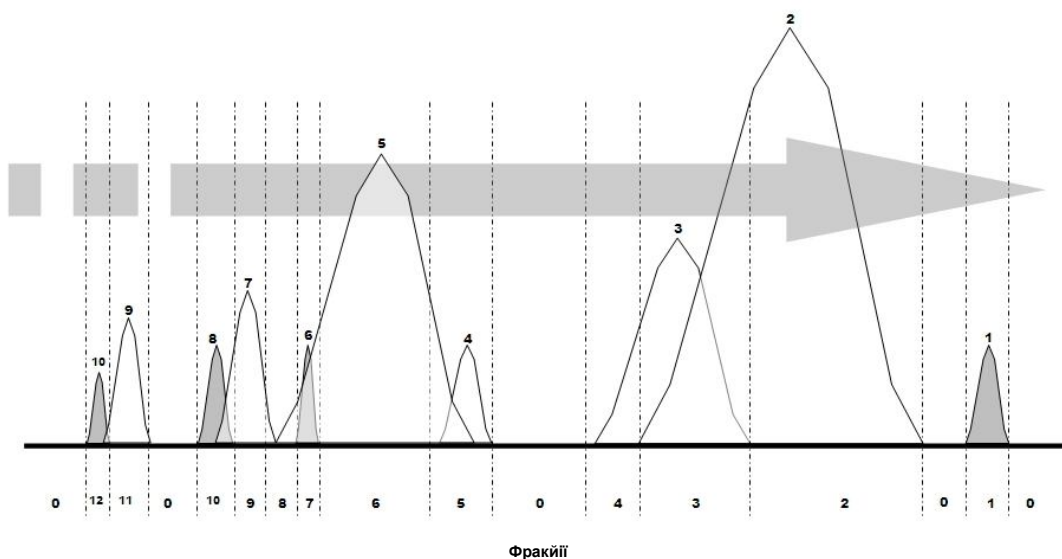


Рис. 1. Принципова схема розділення РРВ фракційним поділом компонентів у шарі тонкодисперсного адсорбенту

фракція 6 — частина нерадіоактивного компонента 5; фракція 7 — суміш нерадіоактивного компонента 5 і радіоактивного компонента 6; фракція 8 — суміш нерадіоактивних компонентів 5 і 7; фракція 9 — частина нерадіоактивного компонента 7; фракція 10 — суміш нерадіоактивного компонента 7 і радіоактивного компонента 8; фракція 11 — частина нерадіоактивного компонента 9; фракція 12 — суміш нерадіоактивного компонента 9 і радіоактивного компонента 10.

## Висновки

Така принципова схема переробки РРВ забезпечить максимально можливий ступінь вилучення радіоактивних компонентів, що в свою чергу призведе до утворення найменш можливого обсягу залишкових ТРВ, що направляються на довгострокове зберігання. Крім того, значна частина нерадіоактивних компонентів РРВ буде розділена до стану готових товарних продуктів.

## Список використаної літератури

1. Поводження з радіоактивними відходами при експлуатації АЕС ДП НАЕК "Енергоатом": Звіт за 2012 р. — Київ, 2013. — 63 с.
2. Спосіб очистки низкоактивных растворов : Патент RU 2301466 С1. МПК G21F9/06 (2006.01). Авторы : Баторшин Г. Ш., Рябов Б. И., Елсуков С. Н., Пристинский Ю. Е., Гужавин В. И., Ровный С. И., Глаголенко Ю. В., Гелис В. М., Милютин В. В.
3. Спосіб переработки жидких радиоактивных отходов : Патент RU 2342720 С1. МПК G21F9/06 (2006.01). Авторы : Дмитриев С. А., Федоров Д. А., Савкин А. Е., Карлин Ю. В.
4. Спосіб переработки мало- и среднеминерализованных низкоактивных жидких отходов : Патент RU 2002102107 А. МПК 7 G21F9/06. Авторы : Епи-махов В. М., Смирнов В. Д., Олейник М. С., Глушков С. В., Пашенко С. В., Прохоркин С. В., Вилков Н. Я., Ильин В. Г.
5. Установка для переробки рідких радіоактивних відходів із ємностей тимчасового зберігання : Патент UA 90917 U. МПК (2014.1) G21F 9/04. Авторы : Корякін В. М., Гайдін О. В., Іванець В. Г., Близнюкова Л. В.

*Отримано 30.10.2014*