



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **100675** (13) **U**  
(51) МПК (2015.01)

**G21F 9/00**

**G21F 9/04** (2006.01)

**G21F 9/06** (2006.01)

**G21F 9/08** (2006.01)

**G21F 9/10** (2006.01)

**G21F 9/12** (2006.01)

**G21F 9/14** (2006.01)

**G21F 9/16** (2006.01)

**G21F 9/20** (2006.01)

**G21F 9/22** (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: **u 2014 13680**

(22) Дата подання заявки: **20.04.2015**

(24) Дата, з якої є чинними  
права на корисну  
модель: **10.08.2015**

(46) Публікація відомостей  
про видачу патенту: **10.08.2015, Бюл.№ 15**

(72) Винахідник(и):

**Іванець Валерій Григорович (UA),  
Корякін Володимир Михайлович (UA),  
Гайдін Олександр Володимирович (UA)**

(73) Власник(и):

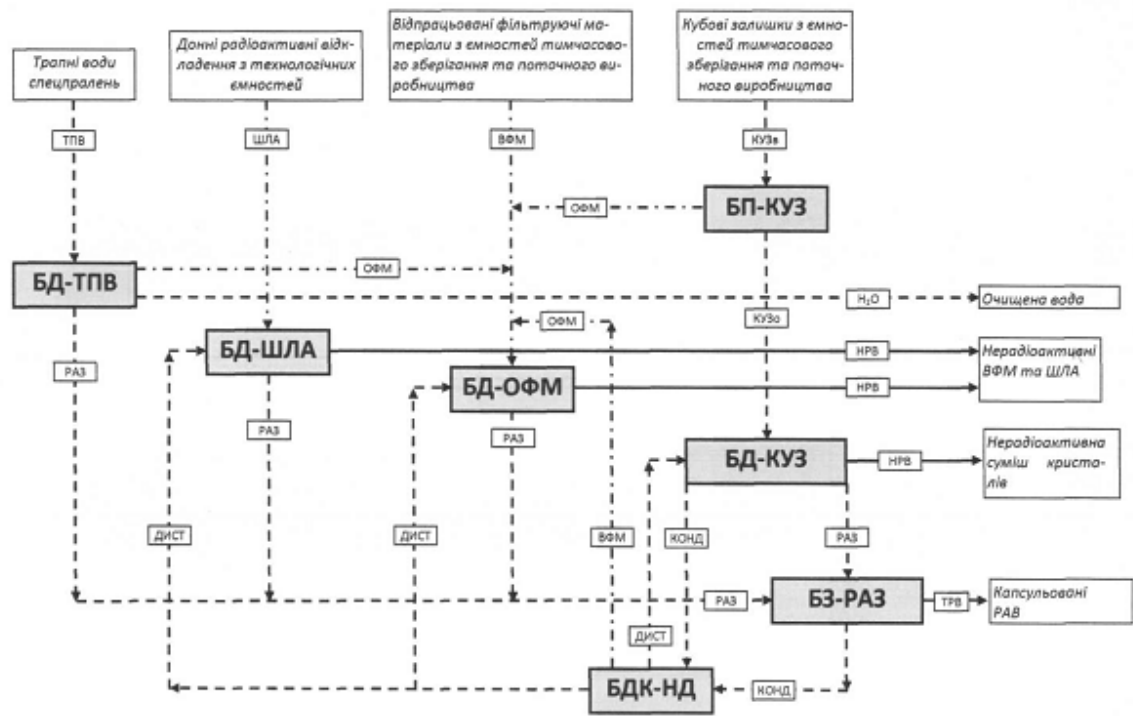
**Іванець Валерій Григорович,  
вул. Боголюбова, 14, кв. 160, с. Софіївська  
Борщагівка, Києво-Святошинський р-н,  
08131 (UA)**

## (54) СПОСІБ КОМПЛЕКСНОЇ ДЕЗАКТИВАЦІЇ РІДКИХ РАДІОАКТИВНИХ ВІДХОДІВ АТОМНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ

### (57) Реферат:

Спосіб комплексної дезактивації рідких радіоактивних відходів атомних електростанцій включає подачу на попередню обробку розчину кубових залишків, попередню обробку поданого розчину, кристалізацію попередньо обробленого розчину, затвердіння утворених радіоактивних відходів (РАВ) та транспортування радіоактивних та нерадіоактивних відходів на зберігання, причому при попередній обробці поданого розчину на органічних сорбентах вловлюють механічні домішки і органічні сполуки, замінюючи відпрацьовані органічні сорбенти і скидаючи їх на дезактивацію спільно з відпрацьованими фільтруючими матеріалами з ємностей тимчасового зберігання; при кристалізації попередньо обробленого розчину його спочатку упарюють, а потім отриману гарячу суспензію охолоджують і відмивають кристалічний продукт до рівня активності, що забезпечує звільнення від регулюючого контролю або регульований скид (викид) відходів у навколишнє середовище.

UA 100675 U



Фіг. 1

Заявлена корисна модель належить до сфери переробки рідких радіоактивних відходів атомних електростанцій, а саме до способів обробки матеріалів з радіоактивним зараженням шляхом випарювання, фільтрування, кристалізації, фіксації в стійкому твердому середовищі та зберігання в резервуарах та інших контейнерах, і може бути використана для переробки кубових залишків (КУЗ), відпрацьованих фільтруючих матеріалів (ВФМ), радіоактивних донних відкладень (ШЛА), а також трапних вод спецпралень (ТПВ), зокрема: 1) високосолевих КУЗ, накопичених в ємностях тимчасового зберігання та/або поточного виробництва, що містять механічні домішки, нерадіоактивні органічні компоненти та/або органічні комплекси радіонуклідів; 2) змішаних ВФМ, накопичених в ємностях тимчасового зберігання, що містять іонообмінні смоли (ІОС) катіонного і аніонного типу, відпрацьовані органічні сорбенти (ВОС), механічні домішки, нерадіоактивні органічні компоненти й органічні комплекси радіонуклідів, а також ВФМ поточного виробництва у вигляді ІОС катіонного або аніонного типу або у вигляді ВОС з механічними домішками, нерадіоактивними органічними компонентами і органічними комплексами радіонуклідів; 3) ШЛА, накопичених в технологічних ємностях у вигляді радіоактивних донних відкладень, що містять радіоактивні компоненти неорганічного й органічного типу; 4) ТПВ спецпралень, що містять механічні домішки з радіоактивними компонентами неорганічного характеру і поверхнево-активні речовини з органічними комплексами радіонуклідів.

Відомий спосіб переробки рідких радіоактивних відходів атомної електростанції [Заявка RU 2002111276 А. МПК 7 G21F 9/04]. Спосіб включає попереднє упарювання з отриманням конденсату та кубового залишку, озонування кубового залишку, відділення утвореного радіоактивного шламу і концентрування фільтрату глибоким упарюванням. Озонування кубового залишку здійснюють безпосередньо після попереднього упарювання, а після відділення радіоактивного шламу фільтрат пропускають через фільтр-контейнер з селективним до цезію неорганічним сорбентом. Відпрацьований фільтр-контейнер направляють на зберігання або захоронення. Озонування кубового залишку проводять при рН розчину, вибраному в інтервалі від 12 до 13,5. При озонуванні в кубовий залишок додають окис або гідроокис кальцію. Відпрацьований неорганічний сорбент у фільтрі-контейнері перед направленням на зберігання або захоронення фіксують високопроникаючим цементним розчином. Перед глибоким упарюванням з фільтрату виділяють борати і нітрати натрію і/або калію методом кристалізації.

Даний спосіб переробки рідких радіоактивних відходів атомної електростанції є найбільш близьким по технічній суті і ефекту, що досягається, до заявленого способу комплексної дезактивації рідких радіоактивних відходів атомних електростанцій, і вибраний як найближчий аналог (прототип).

Недоліками даного способу переробки рідких радіоактивних відходів атомної електростанції є: 1) низька селективність розділення радіоактивних та нерадіоактивних компонентів РРВ, 2) застосування дорогого устаткування для здійснення технологічних процесів попередньої обробки РРВ і затвердіння утворених радіоактивних залишків (РАЗ), 3) утворення великого обсягу ТРВ при переробці РРВ, а також 4) відсутність можливості взаємопов'язаної комплексної переробки КУЗ, ВФМ, ШЛА і ТПВ. Все вищезазначене зумовлює низьку технологічну та економічну ефективність способу переробки рідких радіоактивних відходів, тобто веде до підвищених фінансових витрат на виготовлення обладнання для попередньої обробки РРВ і затвердіння утворених РАЗ, а також на зберігання ТРВ, що утворюються у великому обсязі.

Суттєвими ознаками способу переробки рідких радіоактивних відходів атомної електростанції, які збігаються з заявленим способом комплексної дезактивації рідких радіоактивних відходів атомних електростанцій, є:

- подача на попередню обробку розчину кубових залишків,
- попередня обробка поданого розчину,
- кристалізація попередньо обробленого розчину,
- затвердіння утворених РАВ,
- транспортування радіоактивних та нерадіоактивних відходів на зберігання.

Суттєвими ознаками заявленої корисної моделі, які відрізняються від найближчого аналога (прототипу), є такі:

При попередній обробці поданого розчину:

- уловлювання на органічних сорбентах механічних домішок та органічних сполук,
- заміна відпрацьованих органічних сорбентів,
- скидання відпрацьованих органічних сорбентів на дезактивацію спільно з відпрацьованими фільтруючими матеріалами з ємностей тимчасового зберігання; при кристалізації попередньо обробленого розчину:

- упарювання попередньо обробленого розчину,
- охолодження отриманої гарячої суспензії,
- відмивання кристалічного продукту до рівня активності, що забезпечує звільнення від регулюючого контролю або регульований скид (викид) відходів у навколишнє середовище,
- 5 - упарювання накопичених відмивних розчинів,
- охолодження упарених відмивних розчинів,
- повторення циклу операцій упарювання і охолодження до отримання відмивного розчину з заданим рівнем питомої активності,
- відведення відмивного розчину з заданим рівнем питомої активності на затвердіння;
- 10 При транспортуванні радіоактивних і нерадіоактивних відходів на зберігання:
- відправлення нерадіоактивних відходів на нелімітоване захоронення або на використання у вигляді хімічної сировини,
- відправлення капсульованих твердих радіоактивних відходів в сухе сховище перероблених радіоактивних відходів,
- 15 - розміщення капсульованих твердих радіоактивних відходів у спецконтейнерах тривалого зберігання;
- проведення дезактивації кубових залишків, відпрацьованих фільтруючих матеріалів, радіоактивних донних відкладень і трапних вод спецпралень незалежно один від одного,
- отримання радіоактивних залишків у вигляді радіоактивних розчинів і радіоактивних водомасляних суспензій, а також у вигляді відпрацьованих органічних сорбентів і відпрацьованих іонообмінних смол,
- 20 - спільне накопичення одержаних незалежно один від одного радіоактивних залишків,
- спільне комплексне затвердіння з отриманням твердих радіоактивних відходів у вигляді капсульованих РАВ,
- 25 - спільна дезактивація відпрацьованих фільтруючих матеріалів, що утворюються при переробці РРВ, з відпрацьованими фільтруючими матеріалами з ємностей тимчасового зберігання,
- При дезактивації відпрацьованих фільтруючих матеріалів і радіоактивних донних відкладень:
- 30 - обробка відпрацьованих фільтруючих матеріалів і радіоактивних донних відкладень дезактивуючими розчинами,
- накопичення, нейтралізація і відведення відпрацьованих дезактивуючих розчинів на затвердіння радіоактивних залишків,
- відправка дезактивованих залишків з рівнем активності, що забезпечує звільнення від регулюючого контролю або регульований скид (викид) відходів у навколишнє середовище, на полігон для нерадіоактивних відходів;
- 35 При дезактивації трапних вод спецпралень:
- попереднє очищення від механічних домішок та органічних речовин методом флотації,
- відведення концентрату механічних домішок та органічних речовин на затвердіння радіоактивних залишків,
- 40 - остаточне очищення від механічних домішок та органічних речовин адсорбційним методом на органічних сорбентах,
- скидання відпрацьованих органічних сорбентів на дезактивацію,
- повернення в технологічний процес нерадіоактивної оборотної води;
- 45 При доочищенні конденсату і накопиченні дистиляту:
- пропускання конденсату через іонообмінні смоли,
- накопичення одержуваного дистиляту і повернення на технологічні потреби комплексної дезактивації рідких радіоактивних відходів атомних електростанцій,
- скидання відпрацьованих іонообмінних смол на дезактивацію;
- 50 При затвердінні радіоактивних залишків:
- упарювання утворених радіоактивних залишків,
- змішування упарених радіоактивних залишків з приготовленою для затвердіння шихтою,
- зневоднення утвореної суміші до сухого залишку,
- термообробка сухого залишку,
- 55 - охолодження термообробленого сухого залишку до утворення твердого склоподібного продукту,
- відведення утворених водяних конденсатів на їх доочистку і накопичення дистиляту,
- здійснення всіх операцій затвердіння в капсулі для компаундування.
- В основу заявленої корисної моделі (способу комплексної дезактивації рідких радіоактивних відходів атомних електростанцій) поставлено задачу за рахунок підвищення селективності
- 60

розділення радіоактивних та нерадіоактивних компонентів РРВ, знизити фінансові витрати на попередню обробку РРВ і затвердіння радіоактивних залишків, а також на зберігання утвореного великого обсягу ТРВ і за рахунок забезпечення можливості взаємопов'язаної комплексної переробки кубових залишків, відпрацьованих фільтруючих матеріалів, радіоактивних донних відкладень і трапних вод спецпралень шляхом максимального вилучення нерадіоактивних компонентів з РРВ, знизити до мінімально можливих обсяги утворення ТРВ і тим самим підвищити технологічну та економічну ефективність способу комплексної дезактивації рідких радіоактивних відходів атомних електростанцій.

Очікуваним технічним результатом заявленої корисної моделі (способу комплексної дезактивації рідких радіоактивних відходів атомних електростанцій) є зниження до мінімально можливих обсягів утворення ТРВ, що утворюються при переробці РРВ, за рахунок підвищення селективності розділення радіоактивних та нерадіоактивних компонентів, зниження фінансових витрат на попередню обробку РРВ і затвердіння утворених радіоактивних залишків, а також на зберігання утворених ТРВ та забезпечення можливості взаємопов'язаної комплексної переробки кубових залишків, відпрацьованих фільтруючих матеріалів, радіоактивних донних відкладень і трапних вод спецпралень. Досягнення зазначеного технічного результату веде до підвищення технологічної та економічної ефективності заявленого способу комплексної дезактивації рідких радіоактивних відходів атомних електростанцій.

Зазначений технічний результат досягається за рахунок того, що в способі комплексної дезактивації рідких радіоактивних відходів атомних електростанцій, що включає подачу на попередню обробку розчину КУЗ, попередню обробку поданого розчину, кристалізацію попередньо обробленого розчину, затвердіння утворених РАВ та транспортування радіоактивних та нерадіоактивних відходів на зберігання, відповідно до заявленого технічного рішення,

- при попередній обробці поданого розчину:
  - на органічних сорбентах вловлюють механічні домішки і органічні сполуки,
  - замінюють відпрацьовані органічні сорбенти,
  - скидають відпрацьовані органічні сорбенти на дезактивацію спільно з відпрацьованими фільтруючими матеріалами з ємностей тимчасового зберігання; при кристалізації попередньо обробленого розчину:
    - попередньо оброблений розчин упарюють,
    - отриману гарячу суспензію охолоджують,
    - кристалічний продукт відмивають до рівня активності, що забезпечує звільнення від регулюючого контролю або регульований скид (викид) відходів у навколишнє середовище,
    - накопичені відмивні розчини знову упарюють і охолоджують,
    - цикл операцій повторюють до отримання відмивного розчину з заданим рівнем питомої активності,
    - відмивний розчин із заданим рівнем питомої активності відводять на затвердіння; при транспортуванні радіоактивних і нерадіоактивних відходів на зберігання:
      - нерадіоактивні відходи направляють на нелімітоване захоронення або на використання в ролі хімічної сировини,
      - капсульовані тверді радіоактивні відходи направляють в сухе сховище перероблених радіоактивних відходів,
      - Капсульовані тверді радіоактивні відходи розміщують в спецконтейнери тривалого зберігання; при цьому:
        - дезактивацію кубових залишків, відпрацьованих фільтруючих матеріалів, радіоактивних донних відкладень і трапних вод спецпралень проводять незалежно один від одного,
        - отримують радіоактивні залишки у вигляді радіоактивних розчинів і радіоактивних водомасляних суспензій, а також відпрацьовані органічні сорбенти і відпрацьовані іонообмінні смоли,
        - радіоактивні залишки, одержані незалежно один від одного, накопичують спільно і піддають спільному комплексному затвердінню,
        - отримують тверді радіоактивні відходи у вигляді капсульованих РАВ,
        - відпрацьовані фільтруючі матеріали, які утворюються при переробці РРВ, дезактивують спільно з відпрацьованими фільтруючими матеріалами з ємностей тимчасового зберігання;
  - крім того:
    - при дезактивації відпрацьованих фільтруючих матеріалів і радіоактивних донних відкладень:
      - відпрацьовані фільтруючі матеріали та радіоактивні донні відкладення обробляють дезактивуючими розчинами,
      - відпрацьовані дезактивуючі розчини накопичують, нейтралізують і відводять на затвердіння радіоактивних залишків,

- дезактивовані залишки з рівнем активності, що забезпечує звільнення від регулюючого контролю або регульований скид (викид) відходів у навколишнє середовище, направляють на полігон для нерадіоактивних відходів;

при дезактивації трапних вод спецпралень:

5 - трапні води спецпралень попередньо очищають від механічних домішок та органічних речовин методом флотації,

- концентрат механічних домішок та органічних речовин відводять на затвердіння радіоактивних залишків,

10 - остаточне очищення від механічних домішок та органічних речовин проводять адсорбційним методом на органічних сорбентах,

- відпрацьовані органічні сорбенти скидають на дезактивацію,

- нерадіоактивну оборотну воду повертають у технологічний процес; при доочищенні конденсату і накопиченні дистилляту:

- конденсат пропускають через іонообмінні смоли,

15 - отриманий дистиллят накопичують і повертають на технологічні потреби комплексної дезактивації рідких радіоактивних відходів атомних електростанцій,

- відпрацьовані іонообмінні смоли скидають на дезактивацію; при затвердінні утворених радіоактивних залишків:

- утворені радіоактивні залишки упарюють,

20 - упарений залишок змішують з приготовленою для затвердіння шихтою,

- утворену суміш зневоднюють до сухого залишку,

- здійснюють термообробку сухого залишку,

- термооброблений сухий залишок охолоджують до утворення твердого склоподібного продукту,

25 - утворені водяні конденсати відводять на доочистку і накопичення дистилляту;

- всі операції затвердіння здійснюють у капсулі для компаундування.

Суть заявленої корисної моделі (способу комплексної дезактивації рідких радіоактивних відходів атомних електростанцій) полягає в наступному.

30 При попередній обробці поданого розчину шляхом: уловлювання на органічних сорбентах механічних домішок та органічних сполук, заміни відпрацьованих органічних сорбентів, скидання відпрацьованих органічних сорбентів на дезактивацію спільно з відпрацьованими фільтруючими матеріалами з ємностей тимчасового зберігання; при кристалізації попередньо обробленого розчину шляхом: упарювання попередньо обробленого розчину, охолодження отриманої гарячої суспензії, відмивання кристалічного продукту до рівня активності, що

35 забезпечує звільнення від регулюючого контролю або регульований скид (викид) відходів у навколишнє середовище, повторного упарювання та охолодження накопичених відмивних розчинів, повторення циклу операцій до отримання відмивного розчину з заданим рівнем питомої активності, відведення відмивного розчину з заданим рівнем питомої активності на затвердіння; при транспортуванні радіоактивних і нерадіоактивних відходів на зберігання

40 шляхом: відправки нерадіоактивних відходів на нелімітоване захоронення або на використання в ролі хімічної сировини, а капсульованих твердих радіоактивних відходів - в сухе сховище перероблених радіоактивних відходів, при розміщенні капсульованих твердих радіоактивних відходів в спецконтейнери тривалого зберігання; при проведенні дезактивації кубових залишків, відпрацьованих фільтруючих матеріалів, радіоактивних донних відкладень і трапних вод

45 спецпралень незалежно один від одного, при отриманні радіоактивних залишків у вигляді радіоактивних розчинів і радіоактивних водо-масляних суспензій, а також при отриманні відпрацьованих органічних сорбентів і відпрацьованих іонообмінних смол, при спільному накопичуванні радіоактивних залишків, одержувані незалежно один від одного, і при їх спільному комплексному затвердінні, при отриманні твердих радіоактивних відходів у вигляді

50 капсульованих РАВ, при дезактивації відпрацьованих фільтруючих матеріалів, що утворюються при переробці РРВ, спільно з відпрацьованими фільтруючими матеріалами з ємностей тимчасового зберігання, при дезактивації відпрацьованих фільтруючих матеріалів і радіоактивних донних відкладень шляхом: опрацювання відпрацьованих фільтруючих матеріалів і радіоактивних донних відкладень дезактивуючими розчинами, накопичення,

55 нейтралізації та відведення на затвердіння відпрацьованих дезактивуючих розчинів радіоактивних залишків, відправки дезактивованих залишків з рівнем активності, що забезпечує звільнення від регулюючого контролю або регульований скид (викид) відходів у навколишнє середовище, на полігон для нерадіоактивних відходів; при дезактивації трапних вод спецпралень шляхом: попереднього очищення від механічних домішок та органічних речовин

60 методом флотації, відведення концентрату механічних домішок та органічних речовин на

затвердіння радіоактивних залишків, остаточного очищення від механічних домішок та органічних речовин адсорбційним методом на органічних сорбентах, скидання відпрацьованих органічних сорбентів на дезактивацію, повернення нерадіоактивними оборотної води в технологічний процес; при доочищенні конденсату і накопиченні дистиляту шляхом: пропускання через іонообмінні смоли, накопичення одержуваного дистиляту і повернення його на технологічні потреби комплексної дезактивації рідких радіоактивних відходів атомних електростанцій, скиданні відпрацьованих іонообмінних смол на дезактивацію; при затвердінні утворених радіоактивних залишків шляхом: упарювання радіоактивних залишків, змішування упареного залишку з приготовленою для затвердіння шихтою, зневоднення утвореної суміші до сухого залишку, термообробки сухого залишку, охолодження термообробленого сухого залишку до утворення твердого склоподібного продукту, відведення утворених водяних конденсатів на їх доочистку і накопичення дистиляту, а також при здійсненні всіх операцій затвердіння в капсулі для компаундування, за рахунок максимального вилучення нерадіоактивних компонентів і органічних сполук шляхом підвищення селективності очищення високосолевих радіоактивних розчинів забезпечується зниження до мінімально можливих обсягів утворення ТРВ при переробці РРВ поточного виробництва і накопичених в ємностях тимчасового зберігання.

Таким чином, сукупність відмінних ознак заявленої корисної моделі (способу комплексної дезактивації рідких радіоактивних відходів атомних електростанцій) веде до досягнення вищевказаного технічного результату. Наслідком досягнення технічного результату є підвищення технологічної та економічної ефективності способу комплексної дезактивації рідких радіоактивних відходів атомних електростанцій.

Крім цього суть заявленої корисної моделі (способу комплексної дезактивації рідких радіоактивних відходів атомних електростанцій) ілюструється блок-схемою здійснення способу і принциповими технологічними схемами блоків: попередньої очистки кубових залишків, дезактивації кубових залишків, відпрацьованих фільтруючих матеріалів, радіоактивних донних відкладень і трапних вод спецпралень, доочищення конденсату та накопичення дистиляту і затвердіння радіоактивних залишків, наведеними на фіг. 1-8.

На фіг. 1 зображена блок-схема здійснення способу комплексної дезактивації рідких радіоактивних відходів атомних електростанцій. На фіг. 2 - принципова технологічна схема блока попередньої очистки кубових залишків, на фіг. 3 - принципова технологічна схема блока дезактивації кубових залишків, на фіг. 4 - принципова технологічна схема блока дезактивації відпрацьованих фільтруючих матеріалів, на фіг. 5 - принципова технологічна схема блока дезактивації радіоактивних донних відкладень, на фіг. 6 - принципова технологічна схема блока дезактивації трапних вод спецпралень, на фіг. 7 - принципова технологічна схема блока доочистки конденсату та накопичення дистиляту, на фіг. 8 - принципова технологічна схема блока затвердіння РАЗ.

Умовні позначення на фіг. 1-8: БП-КУЗ - блок попередньої очистки кубових залишків, БД-КУЗ - блок дезактивації кубових залишків, БД-ВФМ - блок дезактивації відпрацьованих фільтруючих матеріалів, БД-ШЛА - блок дезактивації радіоактивних донних відкладень, БД-ТПВ - блок дезактивації трапних вод спецпралень, БЗ-РАЗ - блок затвердіння радіоактивних залишків, БДК-НД - блок доочищення конденсату та накопичення дистиляту, КУЗв - кубовий залишок вихідний; КУЗо - кубовий залишок очищений; ВФМ - відпрацьовані фільтруючі матеріали; ШЛА - радіоактивні донні відкладення; ТПВ - трапні води спецпралень; РАЗ - радіоактивні залишки; Н<sub>2</sub>O - очищена вода; НРВ - нерадіоактивні відходи; ТРВ - тверді радіоактивні відходи; КОНД - конденсат; ДИСТ - дистилят, ОСРвх - органічний сорбент вихідний, ОСРвп - органічний сорбент відпрацьований, ВМРвх - відпливні розчини вихідні, ВМРвп - відмивні розчини відпрацьовані, СУСПн - остання суспензія кристалів нерадіоактивна, ВМРн - останній відмивний розчин нерадіоактивний, НРВ - нерадіоактивні відхід, ДРЕА - дезактивуючі реагенти, ДР-Р - дезактивуючі розчини, ФЛТ-1...5 - радіоактивні фільтрати, ФЛТ-С - суміш радіоактивних фільтратів, СВФМ - суспензія дезактивованих відпрацьованих фільтруючих матеріалів, РВЕС - радіоактивна водоемульсійна суспензія, КАМП - камерний продукт, ТПВо - трапна вода очищена, ІОС - іонообмінні смоли, ГПРО - газоподібні продукти.

Здійснення заявленого способу комплексної дезактивації рідких радіоактивних відходів атомних електростанцій, ілюструється наступним прикладом конкретного здійснення.

Приклад. Комплексна дезактивація рідких радіоактивних відходів (РРВ) атомних електростанцій (АЕС) (див. Фіг. 1). Дезактивацію кубових залишків (КУЗ) в блоці предочистки кубових залишків (БП-КУЗ) і в Блоці дезактивації кубових залишків (БД-КУЗ), дезактивацію відпрацьованих фільтруючих матеріалів (ВФМ) в блоці дезактивації ВФМ (БД-ВФМ), дезактивацію радіоактивних донних відкладень (ШЛА) в блоці дезактивації ШЛА (БД-ШЛА) і дезактивацію трапних вод спецпралень (ТПВ) в блоці дезактивації ТПВ (БД-ТПВ) проводять

незалежно один від одного. Після дезактивації КУЗ, ВФМ, ШЛА і ТПВ до відповідного блока дезактивації отримують відповідні радіоактивні залишки (РАЗ) у вигляді радіоактивних розчинів (блок дезактивації КУЗ (БД-КУЗ)), а також у вигляді радіоактивних водо-масляних суспензій (РВЕС) у блоці дезактивації БД- ВФМ, БД-ШЛА і БД-ТПВ. Крім радіоактивних залишків (РАЗ) у блоці БП-КУЗ, БД-ТПВ і БДК-НД отримують відпрацьовані фільтруючі матеріали (ВФМ) у вигляді відпрацьованих органічних сорбентів (у БП-КУЗ і БД-ТПВ), а також у вигляді відпрацьованих іонообмінних смол (ЮС) в блоці доочистки конденсату та накопичення дистиляту (БДК-НД). Радіоактивні залишки (РАЗ), одержувані в різних блоках незалежно один від одного скидають у блок затвердіння радіоактивних залишків (БЗ-РАЗ). У блоці БЗ-РАЗ всі радіоактивні залишки (РАЗ) накопичують і комплексно переробляють, отримуючи тверді радіоактивні відходи (ТРВ) у вигляді капсульованих радіоактивних відходів (РАВ). Відпрацьовані фільтруючі матеріали (ВФМ) з блока предочистки КУЗ (БП-КУЗ), блока дезактивації ТПВ (БД-ТПВ) і блока доочистки конденсату та накопичення дистиляту (БДК-НД) дезактивують спільно з відпрацьованими фільтруючими матеріалами (ВФМ), які надходять з ємностей тимчасового зберігання РРВ в блок дезактивації ВФМ (БД-ВФМ). В результаті комплексної дезактивації КУЗ, ВФМ, ШЛА і ТПВ отримують ТРВ у вигляді капсульованих РАВ, і нерадіоактивні відходи (НРВ) у вигляді нерадіоактивної суміші кристалів, нерадіоактивних ВФМ і ШЛА, а також очищену воду ( $H_2O$ ) для потреб спецпралень.

Попередня обробка вихідних кубових залишків (КУЗв) (див. Фіг. 2). Вихідний розчин кубових залишків (КУЗв) подають в блок предочистки кубових залишків (БП-КУЗ) і накопичують його в заданій кількості. У накопичений розчин вихідних кубових залишків (КУЗв) подають вихідний органічний сорбент (ОСРвх) і роблять обробку вихідного розчину (КУЗв) органічним сорбентом. Після обробки вихідних кубових залишків (КУЗв) органічним сорбентом (ОСРвх) одержуваний очищений розчин (КУЗо) відокремлюють від відпрацьованого органічного сорбенту (ОСРвп) фільтруванням, і здійснюють вивантаження відпрацьованого органічного сорбенту (ОСРвп). В результаті обробки вихідних кубових залишків (КУЗв) органічним сорбентом (ОСРвх) отримують очищений розчин кубових залишків (КУЗо) і відпрацьований органічний сорбент (ВФМ), насичений адсорбованими на ньому механічними домішками і органічними речовинами, що містять радіоактивні компоненти у вигляді неорганічних сполук і у вигляді органічних комплексів радіонуклідів. Очищений розчин кубових залишків (КУЗо) направляють в блок дезактивації кубових залишків (БД-КУЗ). Відпрацьований органічний сорбент (ВФМ) скидають у в блок дезактивації відпрацьованих фільтруючих матеріалів (БД-ВФМ). Гідровивантаження відпрацьованого органічного сорбенту (ВФМ) здійснюють з використанням у вигляді транспортного агента вихідного розчину кубових залишків (КУЗв). Відпрацьований органічний сорбент (ОСРвп) у вигляді гідро-транспортної суспензії скидають у блок дезактивації відпрацьованих фільтруючих матеріалів (БД-ВФМ). Після попередньої обробки вихідних кубових залишків (КУЗв) отримують повністю очищений від механічних домішок та органічних речовин розчин кубового залишку (КУЗо). При цьому з вихідного кубового залишку (КУЗв) частково витягують радіоактивні компоненти у вигляді неорганічних сполук і органічних комплексів радіонуклідів, які вловлюють органічним сорбентом.

Кристалізація попередньо обробленого розчину кубових залишків КУЗ (КУЗо) (див. Фіг. 3). Розчин кубового залишку (КУЗо), очищений від механічних домішок та органічних сполук, накопичують в заданому обсязі. Накопичений розчин косо нагрівають і упарюють до освіти гарячої суспензії кристалів у маточному розчині. Отриману гарячу суспензію охолоджують до освіти холодного маточного розчину і кристалічного продукту. Утворену холодну суспензію змішують з холодним відмивним розчином. Розбавлену холодним відмивним розчином суспензію фільтрують, отримуючи відпрацьований відмивний розчин (ВМРвп) і відмиті кристали. Операції змішування і фільтрування повторюють до отримання кристалічного продукту з рівнем активності, що забезпечує звільнення від регулюючого контролю або регульований скид (викид) відходів (НРВ) в навколишнє середовище. Гідровивантаження відмитих кристалів (НРВ) здійснюють з використанням у вигляді транспортного агента вихідного відмивного розчину (ВМРвх). Вивантажувати суспензію нерадіоактивних кристалів (СУСПн) направляють на фільтрування. В результаті фільтрування одержують нерадіоактивний кристалічний продукт (НРВ) і нерадіоактивний відмивний розчин (ВМРн). Відмивні розчини (ВМРвп), одержувані при повторенні операцій змішування і фільтрування, накопичують для подальшої дезактивації. Накопичені ВМРвп піддають нагріванню і упарювання, змішування з вихідним ВМРвх і фільтруванню, отримуючи відпрацьовані відмивні розчини (ВМРвп) і відмиті нерадіоактивні кристали. Відпрацьовані відмивні розчини (ВМРвп) накопичують для подальшої дезактивації, а відмиті нерадіоактивні кристали направляють для приготування вихідного відмивного розчину (ВМРвх). Цикли операцій дезактивації відпрацьованих відмивних розчинів (ВМРвп) повторюють



до отримання останніх відмивних розчинів (РАЗ) із заданою активністю. Отримані останні відмивні розчини у вигляді радіоактивного залишку (РАЗ) направляють в блок затвердіння радіоактивних залишків (БЗ-РАЗ).

Дезактивація відпрацьованих фільтруючих матеріалів (ВФМ) (див. Фіг. 4). Дезактивацію відпрацьованих фільтруючих матеріалів (ВФМ) в блоці БД-ВФМ здійснюють незалежно від переробки кубових залишків (КУЗ) у блоці БЛ-КУЗ і БД-КУЗ. Відібрану з ємності тимчасового зберігання порцію ВФМ або порцію ВФМ поточного виробництва у вигляді гідротранспортованої суспензії накопичують для проведення процесу дезактивації. Накопичену порцію ВФМ фільтрують з одержанням радіоактивного фільтрату (ФЛТ-1) і зневодненого ВФМ, а потім обробляють дезактивуючими розчинами (ДР-Р) і дистилятом (ДИСТ). Дезактивуючі розчини (ДР-Р) готують з дезактивуючих реагентів (ДРЕА) і дистиляту (ДИСТ). В результаті послідовної обробки ВФМ дезактивуючими розчинами (ДР-Р) і дистилятом (ДИСТ) з них видаляють органічні сполуки (радіоактивні та нерадіоактивні), а також захоплені іонообмінними смолами й органічними сорбентами радіоактивні компоненти. При цьому отримують радіоактивні фільтрати (ФЛТ-2 ... ФЛТ-5) і дезактивовані ВФМ з рівнем активності, що забезпечує звільнення від регулюючого контролю або регульований скид (викид) відходів (НРВ) в навколишнє середовище. Дезактивовані ВФМ (НРВ) вивантажують, використовуючи у вигляді транспортного агента оборотну воду ( $H_2O$ ). Суспензію дезактивованих ВФМ піддають фільтруванню. Фільтрат у вигляді оборотної води ( $H_2O$ ) використовують для повторної гідровивантаження, а зневоднений ВФМ у вигляді нерадіоактивного відходу (НРВ) направляють на полігон для нерадіоактивних відходів. Відпрацьовані дезактивуючі реагенти у вигляді фільтратів ФЛТ-1 ... ФЛТ-5 накопичують і нейтралізують. Отриману суміш фільтратів (ФЛТ-С) у вигляді радіоактивної водоемульсійної суспензії (РВЕС) відводять в блок затвердіння радіоактивних залишків (БЗ-РАЗ).

Дезактивація радіоактивних донних відкладень (ШЛА) (див. Фіг. 5). Дезактивацію радіоактивних донних відкладень (ШЛА) в блоці БД-ШЛА здійснюють незалежно від переробки кубових залишків (КУЗ) у блоці БЛ-КУЗ і БД-КУЗ і незалежно від переробки ВФМ в блоці БД-ВФМ. Відібрану з технологічної ємності порцію ШЛА у вигляді гідротранспортованої суспензії накопичують для проведення процесу дезактивації. Накопичену порцію ШЛА фільтрують з одержанням радіоактивного фільтрату (ФЛТ-1) і зневодненого ШЛА, а потім обробляють дезактивуючими розчинами (ДР-Р) і дистилятом (ДИСТ). Дезактивуючі розчини (ДР-Р) готують з дезактивуючих реагентів (ДРЕА) і дистиляту (ДИСТ). В результаті послідовної обробки ШЛА дезактивуючими розчинами (ДР-Р) і дистилятом (ДИСТ) з них видаляють органічні сполуки (радіоактивні та нерадіоактивні), а також захоплені радіоактивні компоненти. При цьому отримують радіоактивні фільтрати (ФЛТ-2 ... ФЛТ-5) і дезактивовані ШЛА з рівнем активності, що забезпечує звільнення від регулюючого контролю або регульований скид (викид) відходів (НРВ) в навколишнє середовище. Дезактивовані ШЛА (НРВ) вивантажують, використовуючи як транспортне агента оборотну воду ( $H_2O$ ). Суспензію дезактивованих ШЛА піддають фільтруванню. Фільтрат у вигляді оборотної води ( $H_2O$ ) використовують для повторної гідровивантаження, а зневоднені ШЛА у вигляді нерадіоактивного відходу (НРВ) направляють на полігон для нерадіоактивних відходів. Відпрацьовані дезактивуючі реагенти у вигляді фільтратів ФЛТ-1... ФЛТ-5 накопичують і нейтралізують. Отриману суміш фільтратів (ФЛТ-С) у вигляді радіоактивної водоемульсійної суспензії (РВЕС) відводять в блок затвердіння радіоактивних залишків (БЗ-РАЗ).

Дезактивація трапних вод спецпралень (ТПВ) (див. Фіг. 6). Дезактивацію трапних вод спецпралень (ТПВ) в блоці БД-ТПВ здійснюють незалежно від переробки кубових залишків (КУЗ) у блоці БЛ-КУЗ і БД-КУЗ, незалежно від переробки ВФМ в блоці БД-ВФМ і незалежно від переробки ШЛА в блоці БД-ШЛА. Відібрану з ємності тимчасового зберігання порцію ТПВ або порцію ТПВ поточного виробництва накопичують для проведення процесу дезактивації. Накопичену порцію ТПВ попередньо очищують від механічних домішок та органічних речовин. Попереднє очищення здійснюють флотаційним методом. В результаті флотації отримують пінний продукт (КОНЦ) (концентрат механічних домішок та органічних речовин) та камерний продукт у вигляді попередньо очищеної трапної води. Пінний продукт у вигляді концентрату механічних домішок та органічних речовин (КОНЦ) накопичують і відводять в блок затвердіння радіоактивних залишків (БЗ-РАЗ). Попередньо очищену трапну воду у вигляді камерного продукту (КАМП) остаточно доочищують від механічних домішок та органічних речовин адсорбційним методом на органічному сорбенті (БАУ). Доочистку на органічному сорбенті (БАУ) здійснюють до проскоку радіоактивності. У момент проскоку радіоактивності доочистку вихідного розчину ТПВ припиняють і проводять заміну відпрацьованого органічного сорбенту, насиченого радіоактивними (і нерадіоактивними) домішками неорганічного й органічного

характеру. Заміну органічного сорбенту здійснюють гідровивантаженням, використовуючи як транспортний агент вихідну ТПВ. Після гідровивантаження відпрацьованого органічного сорбенту (БАУ) завантажують нову порцію свіжого органічного сорбенту. Відпрацьований органічний сорбент (БАУ) у вигляді гідро-транспортованої суспензії ВФМ скидають у блок дезактивації ВФМ (БД-ВФМ). Доочищену воду повертають у спецпальні у вигляді нерадіоактивної оборотної води ( $H_2O$ ).

Доочищення конденсатів і накопичення дистилату (див. Фіг. 7). Утворені при дезактивації КУЗ в блоці БЛ-КУЗ і БД-КУЗ і при затвердінні радіоактивних залишків (РАЗ) конденсати (КОНД) піддають спільному доочищенню. Доочистку конденсатів здійснюють застосуванням на АЕС методом пропускання КОНД через іонообмінні фільтри. Одержуваний дистилат (ДИСТ) накопичують і повертають на технологічні потреби комплексної дезактивації рідких радіоактивних відходів атомних електростанцій. Заміну відпрацьованих іонообмінних смол здійснюють гідровивантаженням, використовуючи як транспортний агент вихідний КОНД. Після гідровивантаження відпрацьованих іонообмінних смол (ІОС) завантажують нову порцію свіжих смол. Відпрацьовані смоли у вигляді гідротранспортованої суспензії ВФМ скидають у блок дезактивації ВФМ (БД-ВФМ). Комплексне затвердіння радіоактивних залишків (РАЗ) (див. Фіг. 8). Утворені при дезактивації КУЗ в блоці БЛ-КУЗ і БД-КУЗ, при дезактивації ВФМ і ШЛА в блоці БД-ВФМ і БД-ШЛА, а також при дезактивації ТПВ в блоці БД-ТПВ радіоактивні залишки (РАЗ) піддають спільному комплексному затвердінню. З утвореної при дезактивації КУЗ, ВФМ, ШЛА і ТПВ, накопиченої і усередненої суміші радіоактивних залишків (РАЗ), що виводяться з блоків БД-КУЗ, БД-ВФМ, БД-ШЛА і БД-ТПВ, відбирають порцію заданого обсягу і упарюють до заданого вмісту вологи. Отриману вологу суміш радіоактивних залишків (РАЗ) змішують в заданому співвідношенні з приготовленою для затвердіння шихтою. Утворену гомогенну суміш шихти і РАЗ зневоднюють упарюванням до сухого залишку і при заданій температурі здійснюють термообробку отриманого сухого залишку протягом заданого проміжку часу. В результаті термообробки за рахунок наявності в суміші нітратів натрію і калію відбувається окислення всіх органічних компонентів до вуглекислого газу і води (безполуменеве спалювання (БПС)). При наступному охолодженні з заданою швидкістю отримують ствердий склоподібний продукт (ТРВ). Утворені водяні конденсати (КОНД) відводять в блок доочищення конденсату та накопичення дистилату (БДК-НД). Операції упарювання, змішування, зневоднення, термообробки і охолодження здійснюють у капсулі для компаундування.

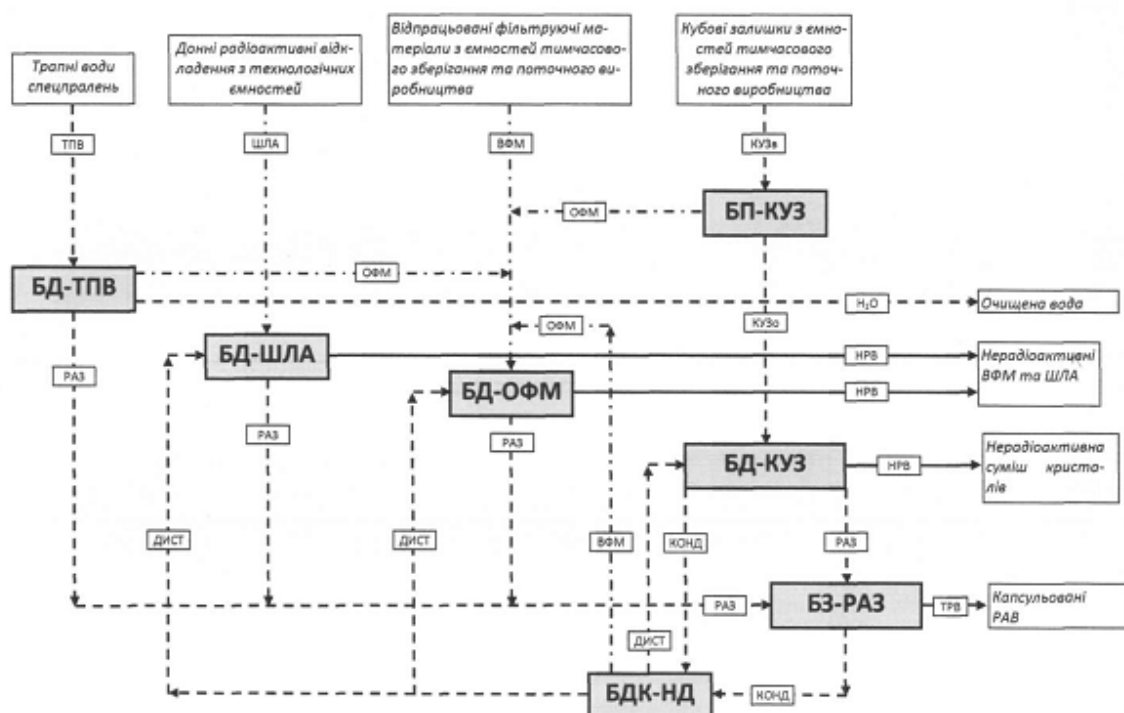
Отримані після дезактивації РРВ (КУЗ, ВФМ, ШЛА і ТПВ) нерадіоактивні відходи (НРВ) у вигляді нерадіоактивних продуктів (кристалічної суміші, ВФМ і ШЛА) транспортують на нелімітоване захоронення або на використання в ролі хімічної сировини. Капсульовані затверділі радіоактивні відходи (ТРВ) перевозять у сухе сховище перероблених радіоактивних відходів для розміщення їх в спецконтейнерах тривалого зберігання.

Таким чином, спосіб комплексної дезактивації рідких радіоактивних відходів атомних електростанцій дозволяє при незалежній дезактивації КУЗ, ВФМ, ШЛА і ТПВ і при взаємопов'язаному комплексному затвердінні РАЗ отримувати капсульовані ТРВ при мінімізації їх обсягу і виводити в максимальному обсязі з процесу переробки РРВ нерадіоактивні відходи (НРВ).

#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб комплексної дезактивації рідких радіоактивних відходів атомних електростанцій, що включає подачу на попередню обробку розчину кубових залишків, попередню обробку поданого розчину, кристалізацію попередньо обробленого розчину, затвердіння утворених радіоактивних відходів (РАВ) та транспортування радіоактивних та нерадіоактивних відходів на зберігання, який **відрізняється** тим, що при попередній обробці поданого розчину на органічних сорбентах вловлюють механічні домішки і органічні сполуки, замінюючи відпрацьовані органічні сорбенти і скидаючи їх на дезактивацію спільно з відпрацьованими фільтруючими матеріалами з ємностей тимчасового зберігання; при кристалізації попередньо обробленого розчину його спочатку упарюють, а потім отриману гарячу суспензію охолоджують і відмивають кристалічний продукт до рівня активності, що забезпечує звільнення від регулюючого контролю або регульований скид (викид) відходів у навколишнє середовище, а накопичені відмивні розчини знову упарюють і охолоджують, повторюючи цикл операцій до отримання відмивного розчину з заданим рівнем питомої активності, відводячи його на затвердіння; при транспортуванні радіоактивних і нерадіоактивних відходів на зберігання нерадіоактивні відходи направляють на нелімітоване захоронення або на використання в ролі хімічної сировини, а капсульовані затверділі радіоактивні відходи - в сухе сховище перероблених радіоактивних відходів для розміщення їх в

спецконтейнерах тривалого зберігання; при цьому дезактивацію кубових залишків, відпрацьованих фільтруючих матеріалів, радіоактивних донних відкладень і трапних вод спецпралень проводять незалежно один від одного, отримуючи радіоактивні залишки у вигляді радіоактивних розчинів і радіоактивних водо-масляних суспензій, а також відпрацьовані органічні сорбенти і відпрацьовані іонообмінні смоли, причому радіоактивні залишки, одержані незалежно один від одного, накопичують спільно і піддають спільному комплексному затвердінню, отримуючи тверді радіоактивні відходи у вигляді капсульованих РАВ, а відпрацьовані фільтруючі матеріали, які утворюються при переробці рідких радіоактивних відходів (РРВ), дезактивують спільно з відпрацьованими фільтруючими матеріалами з ємностей тимчасового зберігання, крім того при дезактивації відпрацьованих фільтруючих матеріалів і радіоактивних донних відкладень їх обробляють дезактивуючими розчинами, накопичуючи, нейтралізуючи і відводячи відпрацьовані дезактивуючі розчини на затвердіння радіоактивних залишків, а дезактивовані залишки з рівнем активності, що забезпечує звільнення від регулюючого контролю або регульований скид (викид) відходів у навколишнє середовище, направляють на полігон для нерадіоактивних відходів; при дезактивації трапних вод спецпралень їх попередньо очищують від механічних домішок та органічних речовин методом флотації, відводячи концентрат механічних домішок та органічних речовин на затвердіння радіоактивних залишків, а остаточне очищення від механічних домішок та органічних речовин виробляють адсорбційним методом на органічних сорбентах, скидаючи відпрацьовані органічні сорбенти на дезактивацію і повертаючи в технологічний процес нерадіоактивну оборотну воду; при доочищенні конденсату і накопиченні дистиляту його пропускають через іонообмінні смоли, накопичуючи і повертаючи одержуваний дистилят на технологічні потреби комплексної дезактивації рідких радіоактивних відходів атомних електростанцій, а відпрацьовані іонообмінні смоли скидають на дезактивацію; при затвердінні утворених радіоактивних залишків їх упарюють, змішують з приготовленою для затвердіння шихтою, зневоднюють утворену суміш до сухого залишку, здійснюють термообробку сухого залишку і охолоджують термооброблений сухий залишок до утворення твердого склоподібного продукту, а утворені водяні конденсати відводять на їх доочистку і накопичення дистиляту, причому всі операції затвердіння здійснюють у капсулі для компаундування.



Фіг. 1

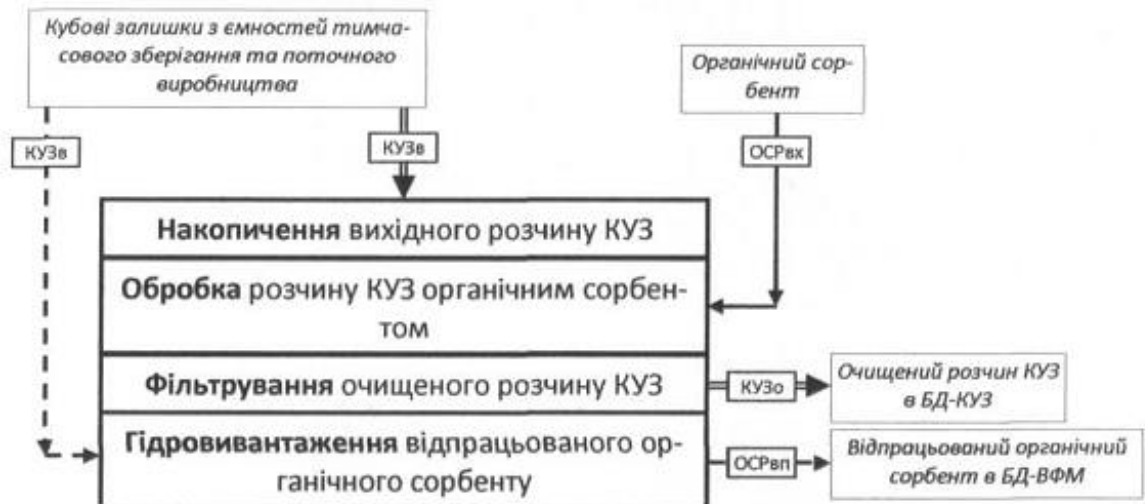


Fig. 2

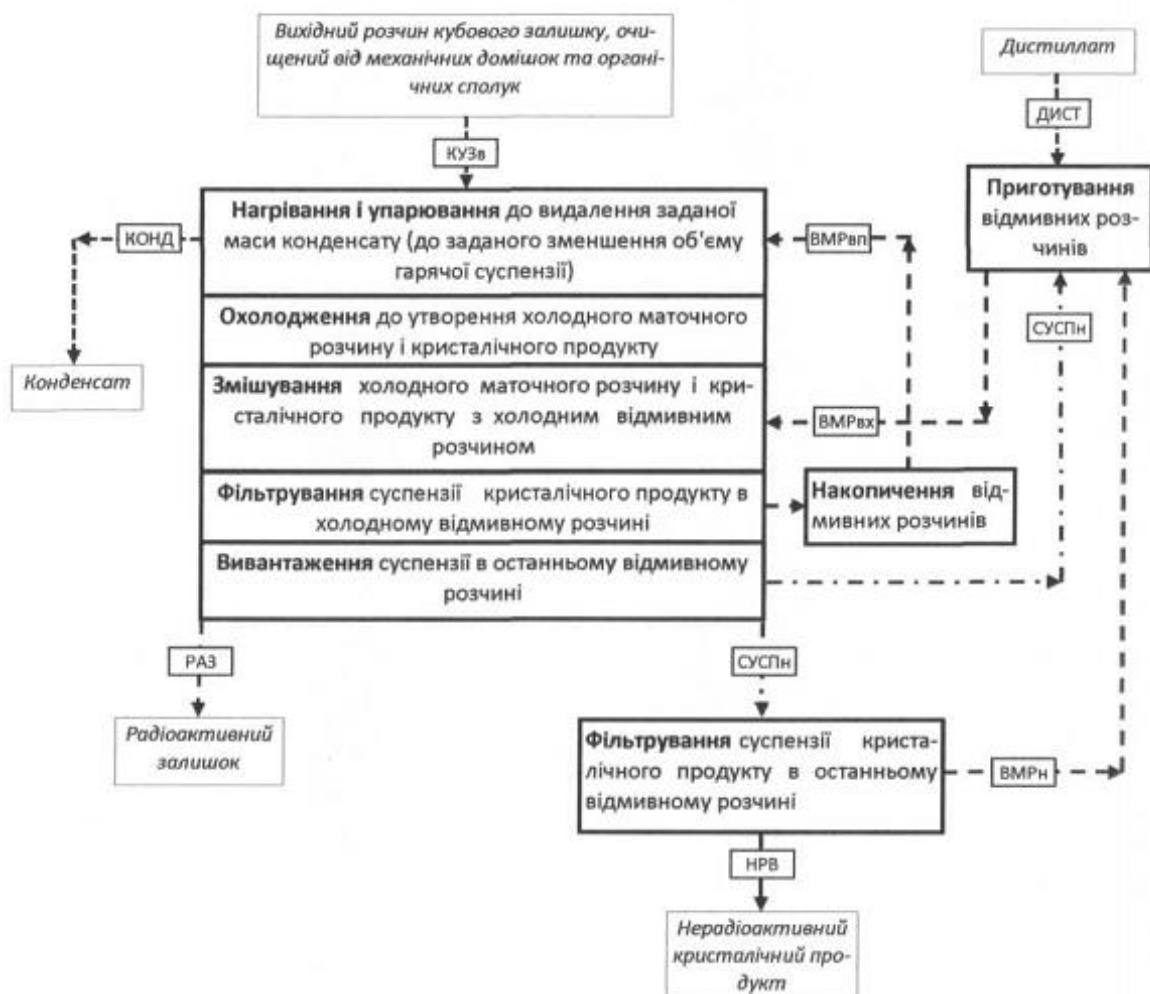


Fig. 3

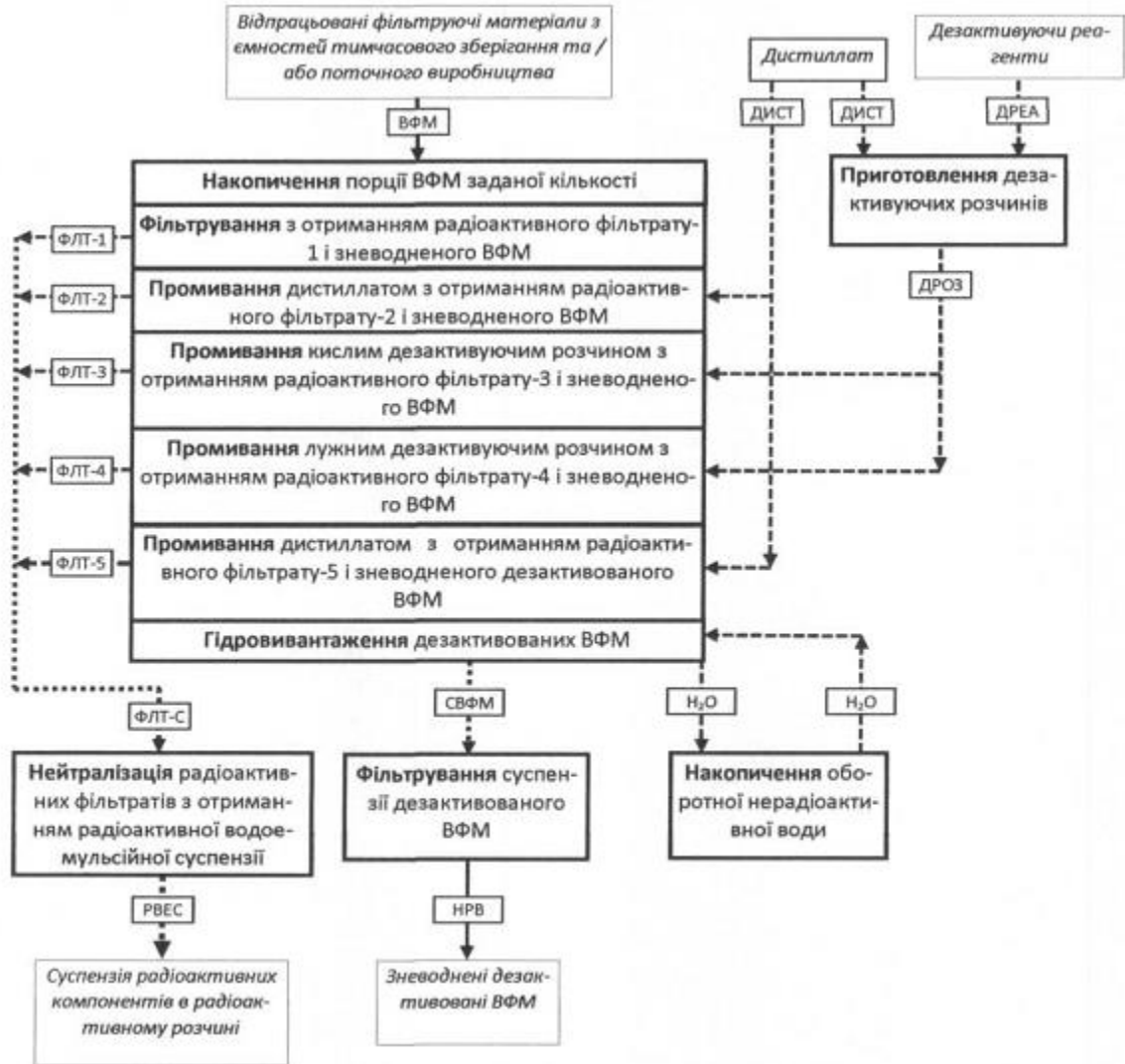


Fig. 4

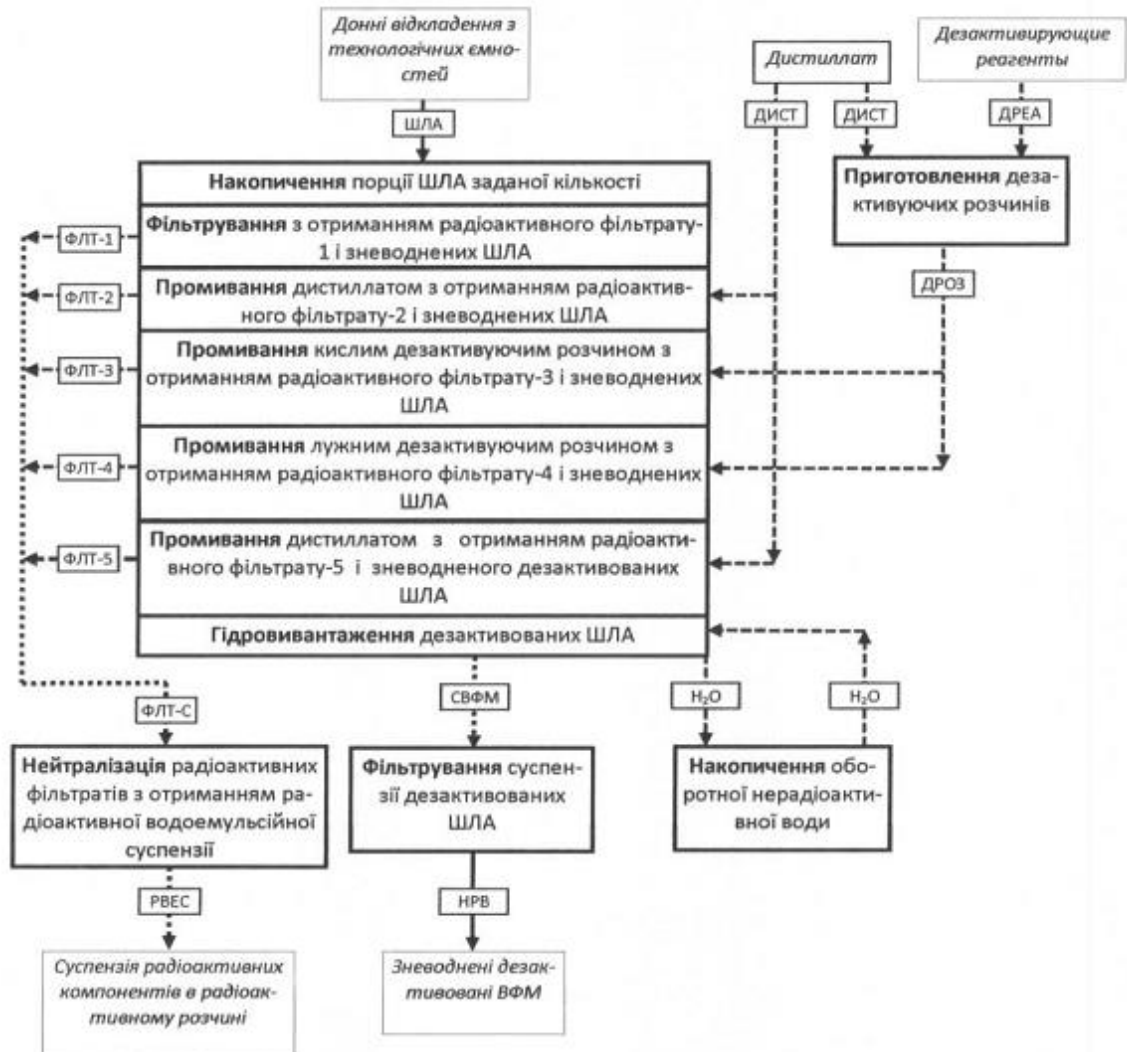


Fig. 5



Fig. 6

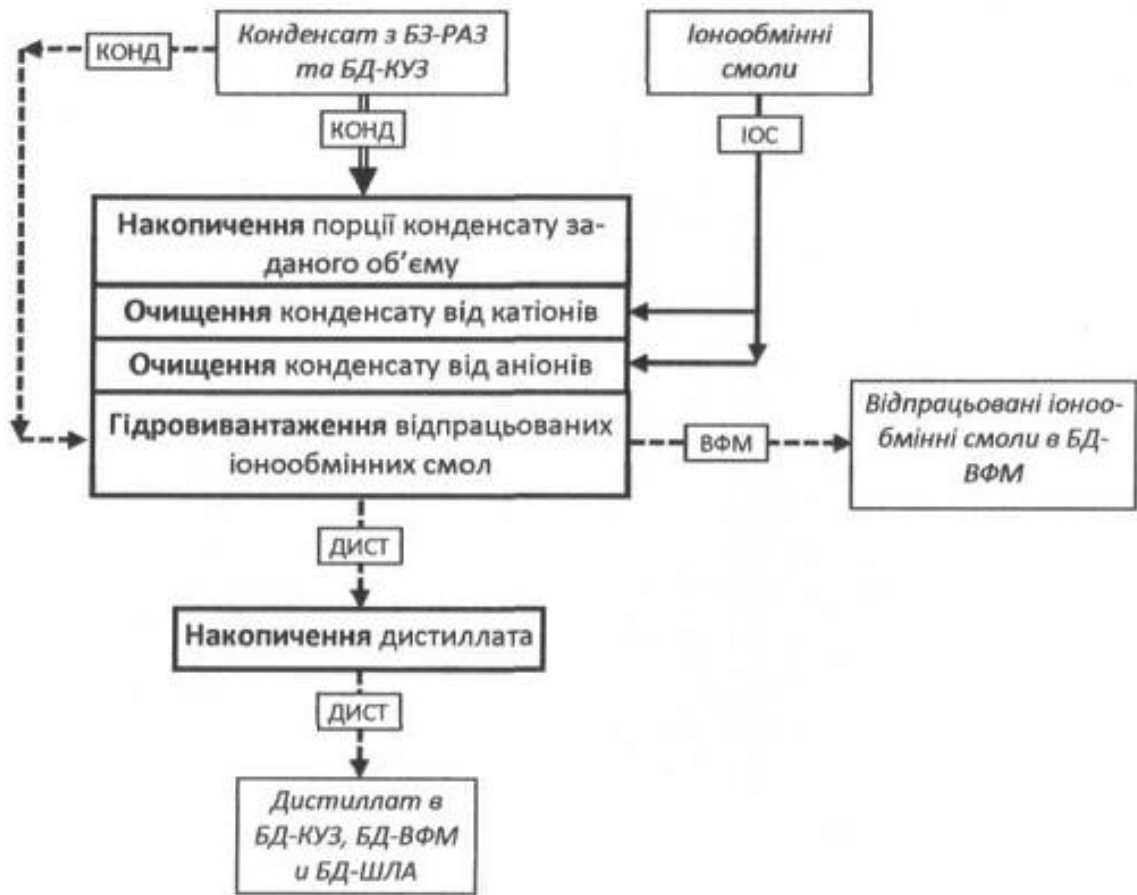


Fig. 7



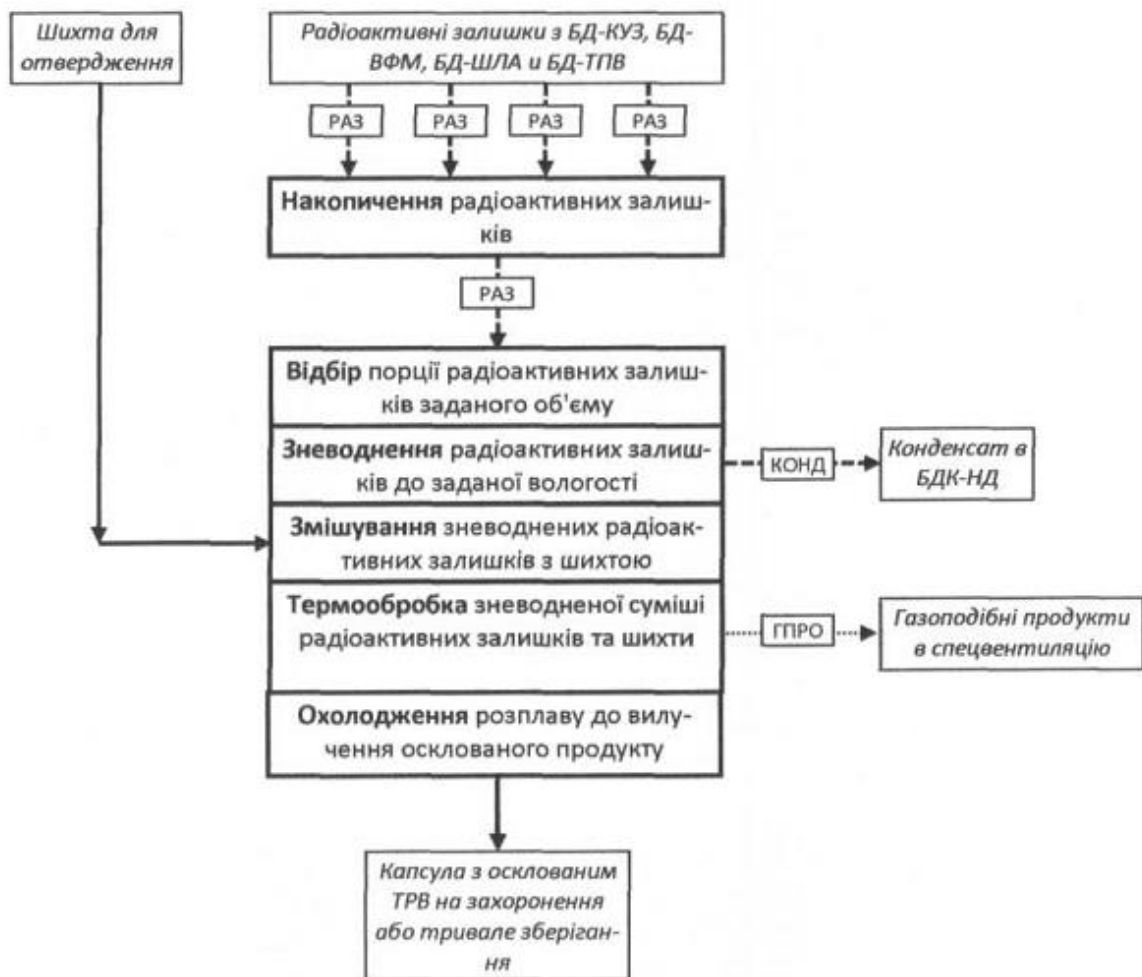


Fig. 8