

Винахід відноситься до способу обробки рідких радіоактивних відходів переважно низької та середньої активності, зокрема до способів їх фіксації в стійкій твердій фазі.

Відомий спосіб обробки рідких радіоактивних відходів який включає їх змішування з термопластичним органічним в'язучим, наприклад бітумом [1].

Отриманий за допомогою такого способу обробки рідких радіоактивних відходів компаунд має низьку міцність і характеризується високою швидкістю вилугування –  $10^{-4}$ - $10^{-5}$  г/см<sup>2</sup>·доб.

Відомий також спосіб обробки рідких радіоактивних відходів, який включає випарювання відходів до залишкової вологості 40-80%, змішування їх з глинистим матеріалом, який містить незначну кількість цементу в масовому співвідношенні 1:1 - 2:1, формування суміші, термообробку при температурі 20-150°C, кальцинування при  $\leq 800^\circ\text{C}$  і подальшому випалу при 800-1400°C і капсулювання компаунда керамічним або металічним захисним шаром [2].

Відомий спосіб дозволяє фіксувати в затверділому компаунді до 50% радіоактивної солі. При цьому швидкість вилугування з такого компаунду складає  $\sim 10^{-6}$  г/см<sup>2</sup>·доб.

Найбільш близький по технологічній суті є обраний в якості прототипу спосіб обробки рідких радіоактивних відходів, який включає випарювання відходів, змішування їх із в'язучим, формування суміші шляхом пресування й термообробку компаунда при 90-150°C та його капсулювання захисним шаром [3].

Згідно відомому способу в якості в'язучого використовують розчин рідкого натрієвого скла, а в якості захисного шару використовують гідрофобізуючу суміш каніфолі, парафіну і енергетичного шлаку.

До причин, що перешкоджають при використанні відомого способу [3] одержанню очікуваного технологічного результату, а саме одержання високоміцного й водостійкого компаунда, який утворюється зразу після пресування і термообробки, є те, що захисний шар наносять після формування та термообробки компаунда. Наявність окремого технологічного процесу з одного боку ускладнює технологію обробки радіоактивних відходів, а з другого, не забезпечує захист від виходу радіонуклідів в оточуюче середовище в результаті механічного пошкодження як самого компаунду, так і захисного шару з гідрофобізуючої суміші каніфолі, парафіну і енергетичного шлаку, що особливо небезпечно під час транспортування.

Крім того, нанесення захисного шару гідрофобізуючої суміші є складним технологічним процесом, оскільки для приготування самої суміші потрібне її змішування та розплавлення, що є необхідною умовою для нанесення захисного шару, при чому товщина шару залежить від часу перебування компаунду в самій суміші.

В основу винаходу поставлено завдання удосконалення способу обробки рідких радіоактивних відходів шляхом використання способу їх обробки, який передбачає використання в якості зв'язуючого органо-мінерального в'язучого контактнo-конденсаційного твердіння.

Поставлене завдання вирішується тим, що спосіб обробки рідких радіоактивних відходів, переважно низької й середньої активності, включає випарювання відходів, змішування кубового залишку після випарювання з зв'язуючим, формування суміші шляхом пресування і термообробку компаунду, в якому, згідно винаходу, в якості в'язучого використовують органо-мінерального в'язучого контактнo-конденсаційного твердіння. В якості органо-мінерального в'язучого використовують суміш низькоосновного гідросилікату кальцію з 10-20 мас.% бітуму. Пресування і термообробку компаунду здійснюють одночасно. Пресування компаунда здійснюють під тиском 40-80 МПа. Термообробку компаунда здійснюють при температурі 35-65°C.

Нова сукупність суттєвих ознак є достатньою для досягнення поставленого завдання. Вона забезпечує можливість протікання двох паралельно збігаючих і взаємодоповнюючих один одного процесів:

- утворення високоміцного водостійкого компаунда за рахунок утворення контактнo-конденсаційної структури мінеральної складової органо-мінерального в'язучого;
- заповнення капілярно-пористого простору компаунду під дією пресуючого навантаження і термообробки органічної складової в'язучого.

Порівняно з прототипом спосіб, що заявляється, дозволяє:

- одержання високоміцного й водостійкого компаунду, який утворюється зразу після формування пресуванням;
- отримання компаунду з низькими характеристиками швидкості вилугуваності радіонуклідів, значення яких не змінюється при механічному руйнуванні компаунду;
- спрощення технологічного процесу переробки рідких радіоактивних відходів та одержання компаунду за рахунок виключення з технологічного процесу стадії приготування гідрофобізуючої суміші та стадії її нанесення на компаунд.

Оптимальні значення навантаження при пресуванні компаунду обране з урахування одержання оптимальної пористості компаунду, при якому забезпечується максимальне заповнення його капілярно-пористого простору органічною складовою в'язучого, оскільки при меншому значенні навантаження пресування не досягається ефект повного заповнення капілярно-пористого простору. При більшому значенні навантаження пресування спостерігається виштовхування органічної складової органо-мінерального в'язучого з компаунду, що веде до утворення її надлишку.

Вибір температурного режиму термообробки компаунда визначається одержанням мінімальної в'язкості органічної складової в'язучого, що забезпечує максимальне заповнення капілярно-пористого простору компаунда під дією пресуючого навантаження.

Приклади конкретного виконання.

Рідкі радіоактивні відходи АЕС із сумарною радіоактивністю 5-10<sup>-6</sup> Ки/кг, які були зібрані в баці трапних вод і направленіся у випарний апарат. Після упарювання кубовий залишок із загальним солемістом 500 кг/м<sup>3</sup> і сумарною активністю 5,9·10<sup>-4</sup> Ки/кг змішували в змішувачі з органо-мінеральним в'язучим, у співвідношенні 30:70, 40:60, 50:50 та 60:40 мас.% до одержання однорідної маси. Після чого суміш формували пресуванням при пресуючому навантаженні 40, 60 і 80 МПа з одночасною термообробкою при температурах 35, 50, та 65°C.

Після формування компаунд випробували для визначення його міцності при стисканні. Окремо випробували компаунд після формування та зруйнований компаунд на швидкість вилугування.

Органо-мінеральне в'яжуче контактено-конденсаційного твердіння готували змішуванням у диспергаторі низькоосновного гідросилікату кальцію і бітуму БНД, нагрітого до температури 60°C. Масове співвідношення гідросилікату кальцію та бітуму складало 90:10, 85:15 та 80:20мас.%. Температура органо-мінерального в'яжучого після виходу із змішувача дорівнювала 20-25°C.

Результати випробування компаундів, які були виготовлені за описаним способом приведені в таблиці.

Таблиця

Кількість бітуму в складі органо-мінерального в'яжучого, мас.%	Навантаження при пресуванні суміші, МПа	Температура пресування суміші, °C	Експлуатаційні характеристики компаунду		
			міцність при стисканні, МПа	швидкість вилугування, г/см <sup>2</sup> ·доба	
				після пресування	після руйнування компаунду
Співвідношення компонентів - кубовий залишок : органо-мінеральне в'яжуче = 30 : 70мас.%					
10	40	35	35,5	5,9·10 <sup>-7</sup>	5,7·10 <sup>-7</sup>
		50	34,8		
		65	35,9		
	60	35	37,3	5,2·10 <sup>-7</sup>	5,1·10 <sup>-7</sup>
		50	38,4		
		65	40,1		
	80	35	37,5	4,9·10 <sup>-7</sup>	5,0·10 <sup>-7</sup>
		50	39,0		
		65	41,3		
15	40	35	38,4	3,9·10 <sup>-7</sup>	3,8·10 <sup>-7</sup>
		50	43,0		
		65	44,0		
	60	35	42,3	4,2·10 <sup>-7</sup>	4,0·10 <sup>-7</sup>
		50	48,3		
		65	47,3		
	80	35	44,7	4,4·10 <sup>-7</sup>	4,4·10 <sup>-7</sup>
		50	48,0		
		65	49,1		
20	40	35	30,2	3,4·10 <sup>-7</sup>	3,5·10 <sup>-7</sup>
		50	33,4		
		65	31,0		
	60	35	32,6	2,1·10 <sup>-7</sup>	2,2·10 <sup>-7</sup>
		50	34,8		
		65	34,0		
	80	35	41,2	2,0·10 <sup>-7</sup>	1,9·10 <sup>-7</sup>
		50	43,7		
		65	40,2		
Співвідношення компонентів - кубовий залишок : органо-мінеральне в'яжуче = 40 : 60мас.%					
10	40	35	33,0	9,6·10 <sup>-7</sup>	9,5·10 <sup>-7</sup>
		50	32,6		
		65	33,2		
	60	35	37,2	8,7·10 <sup>-7</sup>	8,8·10 <sup>-7</sup>
		50	38,1		
		65	34,2		
	80	35	37,0	8,1·10 <sup>-7</sup>	8,0·10 <sup>-7</sup>
		50	36,3		
		65	37,8		
15	40	35	41,2	7,3·10 <sup>-7</sup>	7,4·10 <sup>-7</sup>
		50	45,0		
		65	45,9		
	60	35	44,3	7,6·10 <sup>-7</sup>	7,8·10 <sup>-7</sup>
		50	46,5		
		65	47,3		
	80	35	45,3	7,5·10 <sup>-7</sup>	7,4·10 <sup>-7</sup>
		50	46,0		
		65	47,5		
20	40	35	31,2	6,4·10 <sup>-7</sup>	6,6·10 <sup>-7</sup>
		50	32,3		
		65	30,7		
	60	35	32,1	6,1·10 <sup>-7</sup>	6,310 <sup>-7</sup>
		50	32,9		
		65	32,8		
	80	35	31,3	5,9·10 <sup>-7</sup>	6,0·10 <sup>-7</sup>
		50	32,4		

		65	32,8		
Співвідношення компонентів - кубовий залишок : органо-мінеральне в'яжуче = 50 : 50мас.%					
10	40	35	34,2	5,9·10 <sup>-6</sup>	5,5·10 <sup>-6</sup>
		50	36,1		
		65	35,3		
	60	35	38,5	5,2·10 <sup>-6</sup>	4,9·10 <sup>-6</sup>
		50	39,7		
		65	38,6		
	80	35	40,4	4,5·10 <sup>-6</sup>	4,6·10 <sup>-6</sup>
		50	43,2		
		65	44,6		
15	40	35	34,5	3,4·10 <sup>-6</sup>	3,4·10 <sup>-6</sup>
		50	33,8		
		65	35,7		
	60	35	38,7	2,3·10 <sup>-6</sup>	2,5·10 <sup>-6</sup>
		50	36,4		
		65	37,3		
	80	35	39,0	1,4·10 <sup>-6</sup>	1,3·10 <sup>-6</sup>
		50	42,5		
		65	43,8		
20	40	35	34,6	9,1·10 <sup>-7</sup>	9,0·10 <sup>-7</sup>
		50	35,9		
		65	36,1		
	60	35	37,8	8,9·10 <sup>-7</sup>	9,010 <sup>-7</sup>
		50	39,5		
		65	40,7		
	80	35	42,2	8,4·10 <sup>-7</sup>	8,5·10 <sup>-7</sup>
		50	43,2		
		65	44,5		
Співвідношення компонентів - кубовий залишок : органо-мінеральне в'яжуче = 60 : 40мас.%					
10	40	35	32,2	1,4·10 <sup>-5</sup>	1,3·10 <sup>-5</sup>
		50	33,7		
		65	33,6		
	60	35	34,3	1,2·10 <sup>-5</sup>	1,1·10 <sup>-5</sup>
		50	35,1		
		65	35,4		
	80	35	34,2	9,8·10 <sup>-6</sup>	9,7·10 <sup>-6</sup>
		50	33,4		
		65	35,8		
15	40	35	36,5	9,5·10 <sup>-6</sup>	9,3·10 <sup>-6</sup>
		50	35,4		
		65	37,8		
	60	35	34,6	8,9·10 <sup>-6</sup>	9,0·10 <sup>-6</sup>
		50	36,2		
		65	34,1		
	80	35	32,1	8,4·10 <sup>-6</sup>	8,3·10 <sup>-6</sup>
		50	35,3		
		65	34,4		
20	40	35	32,0	7,8·10 <sup>-6</sup>	7,5·10 <sup>-6</sup>
		50	34,2		
		65	33,6		
	60	35	34,7	6,7·10 <sup>-6</sup>	6,5·10 <sup>-6</sup>
		50	34,9		
		65	35,6		
	80	35	36,1	6,3·10 <sup>-6</sup>	6,2·10 <sup>-6</sup>
		50	33,3		
		65	37,8		

З даних приведених в таблиці випливає, що дякуючи запропонованому способу є можливість одержання компаунду, який відрізняється низькою ступеню вилугування ( $10^{-5}$ - $10^{-7}$ гм/см<sup>2</sup>·доб) яка навіть при його руйнуванні гарантує безпечне транспортування, зберігання або поховання в могильниках простого типу.

Крім того, запропонований спосіб дозволяє значно спростити технологічний процес одержання компаундів.

Джерела інформації

1. Патент SU №479306, МПК<sup>1</sup> G21F9/16, 14.09.72.
2. Заявка DE №2726087 МПК<sup>1</sup> G21F9/36, 10.06.72.
3. Патент RU №2046410, МПК<sup>6</sup> G21F9/36, 31.05.93 (прототип).