

Винахід відноситься до мінералогії і геохімії, а саме до способу надійної імібілізації луговмісних рідких радіоактивних відходів (РАВ) шляхом отвердження в нормальних природних умовах в міцний моноліт для довготривалого зберігання.

Відомий спосіб отвердження відходів, який полягає в тому, що радіоактивні відходи змішують з глинистим компонентом до гомогенного стану, а отриману суспензію перемішують з цементом, в результаті чого отримують затверділий моноліт [1].

Найбільш близьким за технологічним виконанням та кінцевим результатом є обраний в якості прототипу, спосіб отвердження луговмісних рідких радіоактивних відходів, який полягає в змішуванні луговмісних рідких радіоактивних відходів з сумішшю мінеральних адсорбентів з в'язким [2].

Крім того, у відомому способі процес ствердження луговмісних рідких радіоактивних відходів проводиться шляхом розчинення луговмісних рідких радіоактивних відходів з адсорбентами при температурі 90-100°C.

Але для досягнення високотехнологічного кінцевого результату, а саме зниження швидкості вилугування радіонуклідів та збільшення міцності компаундів, відомий спосіб є досить складним в технологічному виконанні, оскільки отвердження луговмісних рідких радіоактивних відходів в суміші з адсорбентами здійснюють з використанням підвищеної температури.

При цьому, в процесі отвердження проходить декілька перемішувань компонентів у відповідних пропорціях, витримування в часі та вібрації компаундів.

В основу запропонованого винаходу поставлено задачу розробки простого технологічного способу отвердження луговмісних рідких радіоактивних відходів шляхом використання природних полімінеральних адсорбентів, які раніше для цього не використовувалися, що дає можливість одержувати якісний, дешевий і простий в технологічному виконанні кінцевий продукт для надійного та довготривалого зберігання, що відповідає існуючим міжнародним нормам.

Поставлена задача вирішується тим, що в способі отвердження луговмісних рідких радіоактивних відходів, при якому відходи змішують з сумішшю не менше одного природного адсорбенту, або композицій адсорбентів, в'язкого і домішок, який відрізняється тим, що луговмісні рідкі радіоактивні відходи змішують до одержання стійкої шлікерної маси з утворенням і розвитком новомінеральних утворень.

При цьому в якості природних адсорбентів використовують глауконіт, або клиноптилоліт, або монтморилоніт, або опоку, або пеліканіт, або сапоніт, або трепел, або туф, або їх композиції, як в'язуче використовують цемент, а також домішки при наступному співвідношенні компонентів, мас. %:

луговмісні РАВ	50 ÷ 72
адсорбент (глауконіт, або клиноптилоліт, або монтморилоніт, або опока, або пеліканіт, або сапоніт, або трепел, або туф, або їх композиції)	18 ÷ 29
в'язуче	8,5 ÷ 14
домішки	1,5 ÷ 7

Така задача досягається за рахунок використання механоактивованих природних полімінеральних адсорбентів, хімічно споріднених з луговмісними рідкими радіоактивними відходами, і завдяки їх взаємодії відбуваються фізико-хімічні процеси твердіння, які обумовлюють одержання міцного моноліту в нормальних природних умовах підвищеної температури і тиску.

Процес отвердження відходів складається з попередньої механохімічної активації шляхом збільшення активної питомої поверхні природних полімінеральних адсорбентів, визначення оптимальних композицій із адсорбенту, або композицій адсорбентів, в'язкого, домішок і луговмісних рідких радіоактивних відходів, які підлягають отвердженню, і перемішування компонентів до отримання стійкої шлікерної маси, якою заповнюють форми.

Приклади композицій і результати порівняльних випробувань за запропонованим способом і прототипом наведені у таблицях 1 і 2 відповідно.

Таблиця 1

Приклади композицій і результати порівняльних випробувань за запропонованим способом

Код зразків-компаундів	Склад сировинної суміші, мас. %			Концентрація рідких радіоактивних відходів, г/л (в. т.ч. 172г/л боратів)	Радіонукліди	Швидкість вилугування, кг/ (м <sup>2</sup> ·добу), після, діб			Міцність на стиск, МПа після, діб
	природні полімінеральні сорбенти	в'язуче	домішки			14	28	57	28
11К-Б	69,52	28,54	1,94	420	Cs <sup>134</sup> Cs <sup>137</sup> Co <sup>60</sup> Σ	8,20×10 <sup>-4</sup> 8,50×10 <sup>-4</sup> 1,30×10 <sup>-2</sup> 8,80×10 <sup>-4</sup>	3,85×10 <sup>-4</sup> 3,98×10 <sup>-4</sup> 4,05×10 <sup>-3</sup> 4,05×10 <sup>-4</sup>	2,06×10 <sup>-4</sup> 2,27×10 <sup>-4</sup> 1,73×10 <sup>-3</sup> 2,24×10 <sup>-4</sup>	13,4
11К	54,40	21,04	24,56	420	Cs <sup>134</sup> Cs <sup>137</sup> Co <sup>60</sup> Σ	1,53×10 <sup>-3</sup> 1,62×10 <sup>-3</sup> 6,32×10 <sup>-2</sup> 1,77×10 <sup>-3</sup>	4,90×10 <sup>-4</sup> 5,22×10 <sup>-4</sup> 8,81×10 <sup>-4</sup> 5,35×10 <sup>-4</sup>		13,8
12К	55.57	22.22	22.21	420	Cs <sup>134</sup> Cs <sup>137</sup>	4,07×10 <sup>-3</sup> 4.16×10 <sup>-3</sup>	1,14×10 <sup>-3</sup> 1.19×10 <sup>-3</sup>		10.4

					Co-60 $\Sigma$	$2,56 \times 10^{-2}$ $1,77 \times 10^{-3}$	$1,90 \times 10^{-3}$ $1,17 \times 10^{-3}$		
11-B	64,60	28,17	7,23	420	Cs-134 Cs-137 Co-60 $\Sigma$	$1,20 \times 10^{-3}$ $1,20 \times 10^{-3}$ $1,20 \times 10^{-2}$ $1,30 \times 10^{-3}$	$5,68 \times 10^{-4}$ $5,80 \times 10^{-4}$ $3,60 \times 10^{-3}$ $5,84 \times 10^{-4}$	$3,21 \times 10^{-4}$ $3,45 \times 10^{-4}$ $1,90 \times 10^{-3}$ $3,41 \times 10^{-4}$	10,1
A6APAT-A	57,03	28,17	14,80	420	Cs-134 Cs-137 Co-60 $\Sigma$	$5,00 \times 10^{-4}$ $5,30 \times 10^{-4}$ $6,30 \times 10^{-3}$ $5,30 \times 10^{-4}$	$1,84 \times 10^{-4}$ $1,92 \times 10^{-4}$ $1,54 \times 10^{-3}$ $1,93 \times 10^{-4}$	$3,51 \times 10^{-5}$ $1,99 \times 10^{-5}$ $3,99 \times 10^{-4}$ $2,42 \times 10^{-5}$	10,8
A6БАР-Б	57,03	28,17	14,80	420	Cs-134 Cs-137 Co-60 $\Sigma$	$1,70 \times 10^{-3}$ $1,70 \times 10^{-3}$ $2,00 \times 10^{-2}$ $1,80 \times 10^{-3}$	$6,06 \times 10^{-4}$ $6,81 \times 10^{-4}$ $5,14 \times 10^{-3}$ $6,67 \times 10^{-4}$	$3,08 \times 10^{-4}$ $3,20 \times 10^{-4}$ $1,60 \times 10^{-3}$ $3,17 \times 10^{-4}$	10,6

Таблиця 2

Приклади композицій і результати порівняльних випробувань за прототипом (патент України №43425 від 12.12.2001р.)											
Код зразків-компанундів	Склад сировинної суміші			SiO <sub>2</sub> /Na <sub>2</sub> O	Вода/глина	Вода/в'язуче	Вміст, г/л (NaNO <sub>3</sub> - 70мас.%; NaOH+KOH - 30мас. %)	Швидкість вилугування, кг/(м <sup>2</sup> ×добу), після, діб			Міцність на стиск, МПа після, діб
	шлак	ШПЦ	Каолін					28	90	180	
3	50	-	50	0,5	15	1,37	700	9,6×10 <sup>-4</sup>	4,0×10 <sup>-4</sup>	1,0×10 <sup>-4</sup>	21,5
14	85	-	15	1,1	3,0	0,5	700	7,8×10 <sup>-4</sup>	3,0×10 <sup>-4</sup>	1,1×10 <sup>-4</sup>	26,0
16	85	70	15	0,8	2,25	1,0	700	5,0×10 <sup>-4</sup>	2,0×10 <sup>-4</sup>	1,1×10 <sup>-4</sup>	24,5
19	70	-	30	0,8	2,25	1,0	890	9,0×10 <sup>-4</sup>	2,6×10 <sup>-4</sup>	1,0×10 <sup>-4</sup>	27,2
20	50	-	50	1,1	1,5	1,6	890	1,0×10 <sup>-4</sup>	3,2×10 <sup>-4</sup>	1,3×10 <sup>-4</sup>	25,3
24	-	85	15	0,4	3,0	0,5	890	6,2×10 <sup>-4</sup>	1,4×10 <sup>-4</sup>	1,4×10 <sup>-4</sup>	23,4

Результати порівняльного аналізу з відомим способом свідчать:

1. Запропоновано простий в технологічному виконанні спосіб отвердження луговмісних рідких радіоактивних відходів шляхом підготовки шлікерної маси та її тверднення в звичайних природних умовах.

2. Запропонований спосіб вже на початкових строках тверднення компанундів забезпечує:

- зниження швидкості вилугування радіонуклідів до  $10^{-4} \div 10^{-5}$  кг/(м<sup>2</sup>×добу), що свідчить про незворотню фіксацію радіонуклідів в кристалічних ґратках новомінеральних утворень;

- зниження водопоглинання компанундів до 0,1 ÷ 1,2%;

- перетворення зразків компанундів в міцні моноліти, які за 28 діб досягають міцності більше 10МПа, що обумовлює надійну та довготривалу імібілізацію луговмісних рідких радіоактивних відходів.

3. Збільшення об'ємів луговмісних рідких радіоактивних відходів за запропонованим способом коливається в межах від 1,4 до 1,9 раза в залежності від сумарного об'єму макро-, мезо- і мікропор кожного із адсорбентів.

Джерела інформації:

1. Пат. RU 087043 C1, МПК G21F9/16. Опубл. 10.08.1997р.

2. Пат. UA 43425 C2, МПК G21F9/16. Опубл. 17.12.2001р. (прототип).