

УДК: 691.328

*Сердюк В.Р., доктор техн. наук, професор,
завідувач кафедри МБЦО,
Христич О.В., канд. техн. наук, доцент кафедри
МБЦО, Вінницький національний технічний
університет (ВНТУ),
Іванова Н.Л., викладач, ВБТ, м. Вінниця*

ПЕРЕДУМОВИ ВИКОРИСТАННЯ БТЕЛУ-М ДЛЯ ІММОБІЛІЗАЦІЇ РІДКИХ РАДІОАКТИВНИХ ВІДХОДІВ

Вступ і постановка проблеми досліджень

Атомна енергетика є і залишається одним із найбільш перспективних джерел життєзабезпечення людства і займає одну з лідируючих позицій серед джерел енергозабезпечення. Серед розвинених країн, Україна входить до першої десятки країн світу за кількістю діючих енергоблоків на атомних електростанціях (АЕС). Перспективність подальшого розвитку енергетики з використанням атомних електростанцій також пояснює той факт, що при діленні одного ядра виділяється близько 200 МеВ енергії, самі ж затрати на добування сировини, транспортування, виробництво електроенергії і утилізацію техногенних відходів потребують максимальних енергозатрат в обсязі до 50 МеВ. Технологічні процеси виробництва електроенергії на АЕС супроводжуються накопиченням шкідливих токсичних продуктів – радіоактивних відходів (РАВ). Так, за даними статистичних досліджень [1, 2], в результаті виробничої діяльності п'яти АЕС на їх територіях накопичилось більше 40 тис.м³ твердих і близько 35 тис. м³ рідких радіоактивних відходів (РРАВ). Крім того, стрімкий розвиток науково-технічного прогресу, призвів до широкого використання радіонуклідів природного і штучного походження в науково-дослідній діяльності, промисловості, медицині, сільгоспвиробництві, оборонній та інших галузях народного господарства, внаслідок чого також відбувається нагромадження РАВ. Проблемою №1 для України також є техногенна катастрофа на Чорнобильській АЕС, екологічні і економічні наслідки якої державою і дотепер остаточно не ліквідовані. Таким чином, наряду з іншими економічними проблемами і чинниками для України гостро постає проблема техногенної безпеки – збереження і захоронення РАВ.

Задачі досліджень і шляхи їх вирішення

РАВ в залежності від фізичного стану техногенних продуктів розподіляються на три основні групи: тверді РАВ, рідкі РАВ і газоподібні РАВ. Серед них найбільшої уваги, як під час експлуатації енергоблоків, так і після виведення їх з технологічного режиму, потребують рідкі РАВ. За вмістом радіонуклідів токсичні відходи розподіляють на високоактивні (вміст перебільшує 370 Бк/л), середньої активності (від 370 Бк/л до 37 Бк/л) та слабоактивні (до 37 Бк/л). На АЕС переважна більшість РРАВ – це 2 і 3 різновиди. На підприємствах енергетичної галузі вони накопичуються в спеціальних резервуарах і відстоюються до утворення кубових залишків. Технологія переробки таких відходів є досить складною і передбачає сортування, відстоювання, фільтрацію, коагуляцію, очищення стоків і переведення їх в твердий агрегатний стан для подальшого зберігання та захоронення в сховищах. Проблемними завданнями цих складних процесів є різноманітна фізико-хімічна природа таких токсичних матеріалів для кожної окремої АЕС, а також відсутність досконалих

матричних матеріалів і технологій їх використання для забезпечення заданих параметрів фізико-механічної стійкості від впливів зовнішніх руйнівних факторів [2,3].

Для переведення рідких РАВ в твердий агрегатний стан використовуються декілька різновидів технологічних процесів. Найбільш поширеними методами і способами іммобілізації є бітумізація, цементация, силікатизация, полімеризация та включення рідких фаз у скляну матрицю. Використання того чи іншого методу залежить від агрегатного стану відходів, фізико-механічних параметрів стабільності кінцевого виробу, який підлягає подальшим транспортуванню і зберіганню в сховищі. Такі спеціальні технології потребують значних коштів і крім того, призводять до збільшення об'ємів шкідливих відходів. У зв'язку з цим перед науковцями постає складне завдання по розробці ефективних технологій для іммобілізації РРАВ з концентрацією відходів у максимально-допустимих об'ємах, послідуною фізико-хімічною іммобілізацією самих радіонуклідів у складі елементів матриці з отриманням стабільних твердих монолітних форм кінцевого виробу здатних протистояти будь-яким фізико-механічним, хімічним і біологічним впливам [3,4].

Іммобілізація рідких РАВ за технологією цементации набула популярності завдяки використанню традиційних сировинних матеріалів та обладнання і відсутності значних витрат коштів. Спеціальні матричні матеріали на основі мінеральних в'язучих в переважній більшості виготовляються у вигляді сухих сумішей, що в свою чергу дозволяє застосування традиційних технологій їх виготовлення, а також використання існуючого обладнання і технологічних способів приготування робочих розчинів [3-5].

Вченими Вінницького національного технічного університету (ВНТУ) розроблено новий різновид спеціальних бетонів – **бетон електропровідний металонасичений (бетел-м)**.

Бетел-м є новим різновидом модифікованих бетонів з широким спектром поліфункціональних властивостей. На основі бетелу-м отримано модифікований бетон з підвищеними радіаційно-захисними властивостями порівняно з традиційними спеціальними матеріалами при співрозмірній густині. Розроблено технологічні основи виготовлення монолітного і збірного спеціального покриття огорожуючих конструкцій всередині приміщень будівель і споруд з металонасиченого композиту для біологічного захисту від іонізуючих випромінювань. Завдяки набуванню ним струмопровідних властивостей товщина екрану радіаційного захисту від фотонних випромінювань зменшується у 1.8 - 2.4 рази порівняно зі звичайним бетоном при співрозмірній густині. Отриманий новий бетон з відходів промисловості, здатний поглинати проникаючі потоки іонізуючих випромінювань до заданих меж [6,7].

Експериментальні дослідження екрануючих характеристик зразків-моделей стаціонарного захисту проводилась в рентгенкабінеті Вінницької обласної лікарні ім. М.І. Пирогова за допомогою рентгенівського апарату РУМ-20М з алюмінієвим фільтром товщиною 3 мм. Для випробувань використовувались виготовлені з литих металонасичених сумішей плитки розмірами 0.14×0.16 м і товщиною 0.05 м. з різним вмістом важкого наповнювача. Товщина передбачених проектними рішеннями баритових штукатурок дорівнює 0.04 – 0.07 м [8].

Дослідження проводились в геометрії вузького пучка випромінювань в “жорсткому” режимі – 76-250-2с, що означає: напругу на рентгенівській трубці – 76 кВ; силу струму 250 мА; тривалість опромінення 2 секунди. Такий режим відповідає потужності гамма-випромінювання енергетичних спектрів до 1.0 МеВ [6-8].

Критерієм рентгено-захисних властивостей дослідного зразка було зображення на рентгенівській плівці металевого предмету розсташованого за екрануючим матеріалом і колір самого знімку. Для прив'язки отриманих результатів якісних характеристик послаблення випромінювань до кількісних величин був прийнятий умовний коефіцієнт захисту.

Так, за нульовий рівень екранування прийняли темні знімки з чітким білим зображенням металевго предмету, за одиницю – відсутність будь якого зображення на світлому фоні плівки (поток гамма-квантів поглинутий матеріалом зразка). По якості отриманих зображень отримані знімки розділили на 5 умовних значень коефіцієнту – 0; 0.25; 0.5; 0.75 і 1.0. Результати аналітичних розрахунків кількісних показників послаблення випромінювань і експериментальних досліджень представлені на рис. 1.

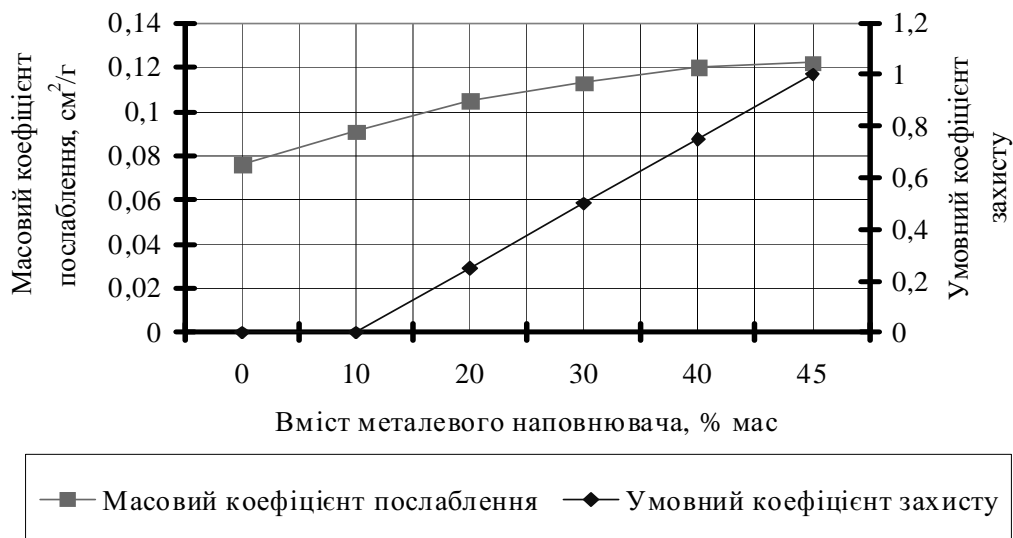


Рисунок 1 - Результати аналітичних і експериментальних досліджень радіаційно-захисних характеристик зразків спеціальних сухих будівельних сумішей

Представлені на рис. 1 результати досліджень зразків бетелу-м показують, що по мірі збільшення вмісту дрібнодисперсного реакційно-здатного металевго наповнювача, радіаційнозахисні властивості таких матеріалів покращуються. Так для моделей екрану при максимальній кількості металевго наповнювача – 45% мас, значення умовного коефіцієнту захисту порівняно із зразками, кількість струмопровідного наповнювача в яких складає 30% мас, збільшується в два рази. При цьому фізичні характеристики останніх перевищують в середньому на 115%.

Згідно з приведеними в нормативному документі ГОСТ 51883-2002 вимогами, композиційні матеріали з іммобілізованими в матриці мінеральних в'язучих рідкими РАВ повинні відповідати наступним технологічним параметрам:

- міцність при стиску $\geq 5,0$ МПа;
- водостійкість \geq діб;
- показник вилуговування по $C_s \leq 1 \times 10^{-3}$ г/см² × діб.

Крім того важливим параметром є показник збільшення остаточного об'єму кінцевого продукту з включенням ПРАВ. З метою обґрунтування можливості використання бетелу-м в технологіях іммобілізації відходів нами проведено комплекс експериментальних досліджень. Графічна інтерпретація результатів приведена на рис. 2.

Представлені на рисунку 2 результати експериментальних досліджень впливу кількості металевго наповнювача у складі дрібнозернистих металонасичених сумішей на механічні та фізичні параметри зразків підтверджують гіпотезу можливого використання їх як матричного матеріалу для переведення в твердий агрегатний стан ПРАВ. Металевий наповнювач – шлами сталі ШХ-15 характеризуються високою гідрофільністю, а отже і

водопотреби зразків із заданими реологічними параметрами зростатимуть по мірі збільшення у складі суміші важкого наповнювача. Збільшення кількості рідкої фази негативно відобразатиметься на механічних характеристиках зразків і разом з тим позитивно впливатиме на кількість фізично і хімічно іммобілізованих речовин в структурі тіла дослідного зразка.

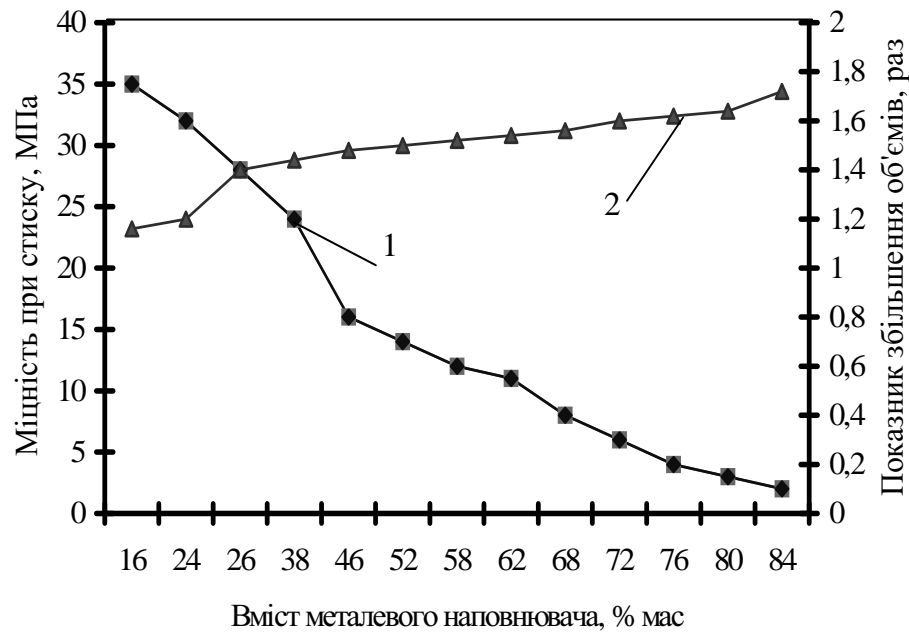


Рисунок 2 - Взаємозв'язок між рецептурними і фізико-механічними характеристиками зразків бетелу-м (пластичні суміші з рухливістю П12):
1 – міцність при стиску; 2 – показник збільшення об'ємів.

Зображені на рис.2 результати досліджень підтверджують можливість використання сумішей бетелу-м в технологічних процесах переведення в твердий агрегатний стан рідких РАВ. Так, при кількості води замішування до 48% мас робочого розчину отримано зразки з середнім значенням міцності 5.2 МПа, при цьому показник збільшення об'ємів дорівнює 1.48. Після замішування сухих сумішей бетелу-м з водою, в системі з'являються електроліти і агрегування складових компонентів відбувається також за рахунок стиснення подвійного електричного шару іонів на поверхні флокул або зниження потенціалу частинок. Наявність тонкої затверділої гелевої плівки в контактах металевго наповнювача забезпечує набування композиційним матеріалом нелінійних властивостей.

Результати проведених випробувань взаємозв'язку між рецептурними і фізичними та радіаційнозахисними властивостями дослідних зразків показують, що бетел-м може використовуватись для компактування рідких токсичних відходів, при цьому також буде забезпечуватись зниження потужності навколишнього випромінювання затверділого виробу з іммобілізованими РАВ. Так ступінь наповнення матричних матеріалів рідкими токсичними відходами окрім нормативних вимог, приведених в ГОСТ 51883-2002, залежить і від сумарної дози опромінення на відстані 1.0 м від контейнера із замоноличеними відходами. В даному випадку послаблення дозових навантажень відбуватиметься за рахунок внутрішнього екранування потоків радіації в структурі композиційного матеріалу. Значення лінійного коефіцієнту послаблення гамма-випромінювань з енергією до 121 кЕв (слабо і середньоактивні РАВ) дорівнює 0,2 для зразків, міцність яких перевищує 5 МПа, хоча показник щільності структури не перевищує значення 0,6.

Для подальшого продовження досліджень використання сухих сумішей бетелу-м для технології іммобілізації рідких радіоактивних відходів необхідно розробити модельні склади РРАВ з підвищеним вмістом електролітів, без вмісту радіоактивних елементів. На сьогодні вже розроблено комплексну програму пошукових досліджень, яка передбачає дотримання вимог ГОСТ 51883-2002, ГОСТ 29114-91 та стандарту ISO 6961-82.

Висновок

Експериментальними дослідженнями встановлено, що використання зразків сумішей бетелу-м дозволяє перевести в твердий агрегатний стан до 50 % мас рідкої речовини. При цьому забезпечуються задані параметри механічної стійкості (≥ 5 МПа), екрануючої здатності радіоактивних випромінювань і незначне (до 50 %) збільшення об'ємів монолітної маси компаунду. Отримані результати досліджень підтверджують доцільність проведення подальших наукових робіт по розробці нового виду матричних матеріалів на основі сухих металонасичених сумішей з бетелу-м для іммобілізації рідких токсичних відходів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Корчагин П.А., Замостьян П.В., Шестопалов В.М. Обращение с радиоактивными отходами в Украине: опыт, проблемы, перспективы. – Киев, – 2000. – 178 с.
2. Обращение с радиоактивными отходами//Сборник трудов IV Международной научно-технической конференции. – Москва, 26-28 июня 2001 г.– 387 с.
3. Андронов О.Б., Стрихарь О.Л. Очистка жидких радиоактивных отходов: обзор методов и технологий. – Чернобыль, 2001. – 356 с.
4. Технология компактирования жидких радиоактивных отходов/ П.В. Кривенко, Л.В. Горовой, Г.В. Коцков и др.// Международная конференция “Чернобыль-96”/ Сб тезисов. – Зеленый мыс, – 1996. – С. 147.
5. Oleg N. Petropavlovskii. Alkaline cement based concretes and compounds//Second international conference “Alkaline cements and concretes”/ – Kyiv. Ukraine. – ORANTA Ltd, 1999. – P. 483 – 505.
6. Сердюк В.Р., Христич О.В. Новий різновид спеціальних бетонів – бетел-м // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві: Зб. наук. праць. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2004. – С. 18 – 27.
7. Сердюк В.Р., Лемешев М.С., Христич О.В. Фізико-хімічні особливості формування структури електропровідних бетонів// Вісник Вінницького політехнічного інституту. - Вінниця: ВДТУ, 1997.- №2.- С. 5 - 9.
8. Христич О.В., Лемешев М.С. Формування мікроструктури бетонів для захисту від іонізувального випромінювання// Вісник Вінницького політехнічного інституту.- Вінниця: УНІВЕРСУМ, 1998.- №2.- С. 18 - 23.