

УДК 544.31

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАХИСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ВОГНЕТРИВКИХ ЦЕМЕНТІВ НА ОСНОВІ ЛУЖНОЗЕМЕЛЬНИХ СПОЛУК

Христич Михайло Олександрович,

аспірант,

Шабанова Галина Миколаївна,

доктор технічних наук, професор, професор,

Христич Олена Валеріївна,

кандидат технічних наук, доцент, докторант,

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

Mikhailo.Khrystych@iht.khpi.edu.ua

У сучасній будівельній індустрії нагальною проблемою є підвищення якості цементу, покращення його властивостей та ефективності виробництва, особлива увага у цьому контексті приділяється розробці нових видів та складів вогнетривких цементів та матеріалів на їх основі. З огляду на реалії сьогодення, на перший план висувуються завдання по створенню матеріалів, затребуваність яких зумовлена необхідністю вирішення завдань екологічних проблем країни та її сталого розвитку у повоєнний період. Значною мірою таким вимогам мають відповідати нові вогнетривкі цементні системи з комплексом захисних властивостей. Дослідження спеціальних властивостей таких цементів та процеси, які можуть відбуватися в цементі, дають можливість використовувати такі матеріали для іммобілізації радіоактивних відходів. Найпоширенішим типом цементу, який використовують під час іммобілізації радіоактивних відходів, є портландцемент через високу міцність затверділого цементного каменю. Вибір інших типів цементу для цементування тих чи інших відходів залежить від конкретних технологічних завдань і умов (температурних режимів, необхідності швидкого або повільного затвердіння, необхідної кінцевої міцності продукту та ін.).

З літературних джерел визначено, що можливо використовувати цементні системи, які вже мають відповідні підвищені характеристики – спеціальні цементні системи [1]. Зазвичай рекомендується використовувати високоглиноземистий цемент, який містить понад 40 % Al_2O_3 та під час твердіння цей цемент зв'язує до 50 мас. % води.

Дотримання встановлених критеріїв якості цементних композицій повинне забезпечувати безпеку поводження з ними (безпеку транспортування, зберігання і поховання в могильниках). Основними критеріями якості затверділого цементного продукту є: міцність; стійкість до вилугування радіонуклідів і макрокомпонентів; стійкість до впливу середовища зберігання і

поховання (морозостійкість і хімічна корозія). Частково ці показники є похідними від міцності цементного каменю, яка залежить від складу відходів, марки цементу, складу цементної композиції. Необхідно зазначити, що механізм впливу радіації на цементну матрицю досить добре вивчений. Відомо застосування цементів у ядерних реакторах, сховищах відпрацьованих джерел, де вони піддаються жорсткішій радіаційній дії порівняно з впливом відходів середнього рівня активності та зберігають при цьому свої фізико-хімічні властивості [2].

Метою роботи було розрахувати коефіцієнт масового поглинання для цементних композицій та розглянути можливість використання вогнетривкого кобальтвмісного глиноземистого цементу, який містить понад 60 мас. % Al_2O_3 та характеризується підвищеною міцністю, вогнетривкістю, хімічною та корозійною стійкістю для цементування радіоактивних відходів.

Для обраних оптимальних складів кальцієвих кобальтвмісних цементів з вмістом, мас. %: $CaAl_2O_4$ – 25–55, $CaAl_4O_7$ – 15–35; $CoAl_2O_4$ – 25–45 проводили розрахунок коефіцієнту масового поглинання на підставі табличних даних μ простих елементів за методикою авторів [3].

Коефіцієнт масового поглинання гамма-випромінювання визначався відповідно до формули:

$$I = I_0 \cdot e^{-\mu \rho x_0} \quad (1)$$

де I , I_0 – інтенсивність падаючого випромінювання і інтенсивність випромінювання, що пройшла через матеріал густиною ρ і товщиною x_0 ;

μ – коефіцієнт масового поглинання.

Коефіцієнт масового поглинання постійний для даної речовини і не залежить від його фізичного стану. На підставі табличних даних μ простих елементів можна розрахувати μ складної речовини за формулою:

$$\mu = \frac{\mu_1 a y_1 + \mu_2 b y_2 + \dots}{a y_1 + b y_2 + \dots} \quad (2)$$

де a , b – атомна вага елементів А, В...;

y – стехіометричні коефіцієнти у формулі речовини $A_{y1}, B_{y2} \dots$

Можливість підсумовування μ простих елементів для розрахунку μ складних речовин пояснюється тим, що гамма-промені, пронизуючи речовину,

взаємодіють з електронами внутрішніх оболонок атома, і на їх поглинанні не позначаються зовнішні електрони, що беруть участь в хімічних зв'язках.

За результатами розрахунків для обраних оптимальних складів кальцієвих кобальтвмісних цементів коефіцієнт масового поглинання іонізуючого випромінювання визначається в діапазоні 80–123 см²/г. Як видно з отриманих результатів, зі збільшенням у складі композиції CoAl₂O₄ закономірно збільшується коефіцієнт масового поглинання іонізуючого випромінювання.

Таким чином, на підставі отриманих результатів теоретичних досліджень розглянута можливість використання складів вогнетривкого кобальтвмісного глиноземистого цементу, який містить понад 60 мас. % Al₂O₃ та характеризується підвищеними експлуатаційними критеріями якості, а саме, мають коефіцієнт масового поглинання іонізуючого випромінювання до 120 см²/г, для іммобілізації радіоактивних відходів. Обрані матеріали можуть бути застосовані, як твердотільна матриця для прямого цементування, а також, як матеріал для виготовлення контейнерів та сховищ відпрацьованих джерел (як наповнювачі можна використовувати для підвищення екрануючого ефекту – добавки сполук важких металів (барит, гематит та ін.)). Поза сумнівом, в конкретному випадку, сумісність певних цементів з деякими компонентами радіоактивних відходів повинна оцінюватися і контролюватися як на стадії вибору параметрів іммобілізації, так і на всіх стадіях технологічного процесу.

Список використаних джерел

1. Korohodska A. M., Shabanova H. M., Logvinkov S. M. Unshaped refractories in the (Mg, Ca, Sr, Ba)O – Al₂O₃ – Cr₂O₃ system / Monograph. – Chisinau (Moldova): LAP LAMBERT Academic Publishing, 2023. – 326 p.
2. Kustov M. V., Kalugin V. D., Deineka V. V. [et al.]. Radioprotective cement for long-term storage of nuclear waste. *Voprosy khimii i khimicheskoi tekhnologii*. 2020. No. 2. P. 73–81.
3. Henke B. L., Gullikson E. M., Davis J. C. X-ray interactions: photoabsorption, scattering, transmission, and reflection at E = 50–30000 eV, Z = 1–92. *Atomic Data and Nuclear Data Tables*. 1993. Vol. 54. No. 2. P. 181–342.