

## ЗНИЖЕННЯ ТЕМПЕРАТУР СИНТЕЗУ БІОСТЕКЛ: ТЕХНОЛОГІЧНІ ПІДХОДИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ

*Прохоренко І. О., Хоменко О. С., Фоменко Г. В.*

Український державний університет науки і технологій ННІ УДХТУ, Дніпро, Україна  
bkmz841@gmail.com, o.s.khomenko@ust.edu.ua, g.v.fomenko@ust.edu.ua

Біостекла посідають одне з ключових місць серед біосумісних матеріалів у сучасній регенеративній медицині. Попит зумовлений необхідністю лікування травматичних ушкоджень кісток, остеодегенеративних захворювань (остеопорозу, остеоартриту) та післяопераційних дефектів. Біостекла здатні формувати гідроксиапатитовий шар, який забезпечує інтеграцію з кістковою тканиною, а можливість цілеспрямованої модифікації складу дозволяє оптимізувати їхні функціональні характеристики. Контрольована розчинність та вивільнення іонів ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{P}^{5+}$ ,  $\text{Si}^{4+}$ ) стимулюють клітинний ріст, а введення іонів металів ( $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Cu}^+$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ ) забезпечує антимікробну активність, що сприяє прискоренню відновлення пацієнтів.

Попри значну кількість наукових робіт, вивчення біостекл залишається актуальним напрямом, особливо в розрізі практичних аспектів технологій їх виготовлення. Це зумовлено впливом численних технологічних факторів на процес отримання матеріалу, а також високою енергоємністю традиційного методу синтезу, який потребує 1350–1400 °C.

Метою даної роботи є систематизація основних шляхів зниження енерговитрат на виробництво біостекл в межах класичної технології гартування з розплаву для її максимальної адаптації до практичного застосування. Наукові роботи проводили на базі біоскла S53P4, яке при використанні шихти типового складу ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{CaHPO}_4 \cdot 2(\text{H}_2\text{O})$  і кварцового піску) потребувало для варки температури 1380 °C.

Таблиця 1. Основні шляхи зниження енерговитрат на виробництво біостекл

| Зміст                 | Спосіб 1                                                                                                        | Спосіб 2                                                                                            | Спосіб 3                                                                                                         |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Суть новацій          | Застосування в якості кремнеземистого компоненту маршаліту, а для введення фосфору – амонію дігідроорто-фосфату | Застосування в якості кремнеземистого компоненту гідратованого кремній діоксиду з грануляцією шихти | Додавання до складу шихти модифікуючих оксидів $\text{V}_2\text{O}_5$ (до 10 мас.%) та $\text{SrO}$ (до 5 мас.%) |
| Температура варки, °C | 1320–1350                                                                                                       | 1230–1260                                                                                           | 1290–1270                                                                                                        |

З наведеної таблиці видно, що додавання у шихту більш дисперсного, в порівнянні з кварцовим піском, маршаліту (спосіб 1) сприяє зниженню температури варки стекл на 30–60 °C, а ще дисперснішого гідратованого кремній діоксиду (спосіб 2) – на 120–150 °C. Але саме із-за тонкої дисперсності кремній діоксиду і схильності до пилоносу, спосіб 2 передбачає попередню грануляцію шихти перед засипкою у тиглі, в іншому випадку спостерігається суттєве відхилення хімічного складу продукту від заданого. Спосіб 3 включає додавання модифікуючих оксидів до біоскла  $\text{V}_2\text{O}_5$  та  $\text{SrO}$ , що в зазначених кількостях дозволяє не тільки знизити температури варки біостекл, а й регулювати властивості – до збільшення розчинності і біодеградації (додавання бор оксиду) та до збільшення кількості утвореного гідроксиапатиту (додавання стронцій оксиду).

Таким чином, запропоновані енергоефективні рішення дозволяють знизити витрати на виробництво біостекл та розкривають широкі перспективи щодо розробки нових складів та галузей застосування.