

**Ксенія ГАРБОВСЬКА**, студент,

**Олена БЕСПАЛОВА**, канд. біол. наук, доц.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,  
м. Київ, Україна, e-mail: k.garbovska-fbmi26@iit.kpi.ua, e.bespalova25.05@gmail.com

## БІОКЕРАМІЧНІ МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ КІСТКОВОЇ ТКАНИНИ

**Анотація.** В останні роки увагу вчених і технологів багатьох країн залучено до біокераміки – твердого матеріалу неорганічної природи. Висока механічна міцність (зберігається навіть при екстремальних температурах), висока корозійна стійкість і високі електроізоляційні властивості зумовлюють все більш широке застосування біокераміки в різних галузях медичного виробництва. Основними перевагами біокераміки є її біоінертність, твердість і стійкість до зношування в організмі людини, що робить її корисною для кісткових імплантатів, реставрацій зубів і штучних суглобів. Біокераміка виготовляється в різних формах і стадіях і виконує багато різних функцій у відновленні організму людини. Зовнішній вигляд і електрична ізоляція також представляють особливий інтерес для конкретних біомедичних застосувань. Світовий ринок медичної кераміки і керамічних компонентів постійно зростає.

**Ключові слова:** біокераміка, біоінертна кераміка, біоактивна кераміка, монолітна та пориста біокераміка, біорезорбна біокераміка.

**Актуальність дослідження.** Біокераміка – це кераміка, що за своїми властивостями може застосовуватися в якості біоматеріалу. Клас керамічних біоматеріалів, широко використовуються у сфері зубних та кісткових імплантатів [1, 2]. Штучні суглоби часто покривають біокерамічними матеріалами, з метою зменшити знос і запобігти запаленню тканин. Також є інші приклади застосування керамічних біоматеріалів в медицині включають кардіостимулятори, апарати штучної нирки та біокерамічні елементи в конструкції респіраторів. Біокераміка призначена для використання в системах екстракорпорального кровообігу (наприклад, діаліз) або в спеціальних біореакторах, але найчастіше використовується як імплантат [3, 4].

**Мета роботи.** Аналіз застосування керамічних матеріалів в біомедичній інженерії для відновлення кісткової тканини.

**Матеріали дослідження.** Використання таких баз даних: studfile, bloghomeeducation.blogspot, leafceramics.

**Результати та їх обговорення.** За реакцією впливу біокераміки на організм, біокераміка ділиться на біоінертну, біоактивну та біорезорбну.

Біоінертна кераміка визначається як «біокераміка, яка є стабільною та не виявляє жодного шкідливого впливу чи біологічної активності в організмі людини». Завдяки хімічній інертності та високій міцності біохімічних зв'язків, біоінертна кераміка має високу стійкість до впливу біологічного середовища організму. Хімічна стійкість біокераміки до біологічного середовища людини, перешкоджає встановленню кістки в імплантат, а місце контакту заповнене волокнистою сполучною тканиною, яка не забезпечує міцного контакту.

На відміну від біоінертної кераміки, біоактивна кераміка визначається як «біокераміка, яка безпосередньо з'єднується з кісткою без фібрилярної сполучної тканини між біокерамікою та кісткою». Ця характеристика безпосереднього з'єднання з кісткою є надзвичайно корисною та спостерігається лише в біокераміці серед біоматеріалів. Прикладами біоактивної кераміки є апатит, біоактивне скло та біоактивна склокераміка. Оскільки в цьому процесі бере участь біоактивна кераміка, завдяки регенеративним властивостям біоматеріалу відбувається швидке відновлення кісткової тканини.

Біоактивна кераміка та біоінертна кераміка існують в організмі людини все життя, за винятком карбонатного апатиту, який має пористу будову (Рис. 1). Монолітна кераміка являє собою ущільнений матеріал без пор. Такий матеріал має найвищу механічну міцність і

відповідно має високий опір крихкому руйнуванню. Пориста кераміка має низьку механічну міцність. Втім, пориста поверхня біокераміки забезпечує більшу поверхню контакту між біоматеріалом і зростаючої кісткою.

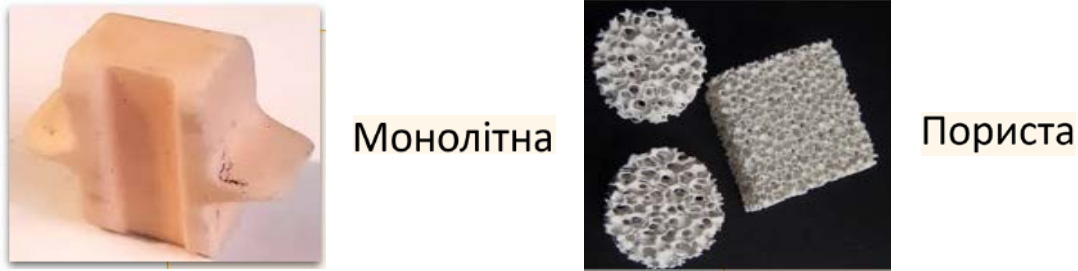


Рис. 1. Поділ біокераміки за будовою [4].

Біокераміка, крім структурної схожості з кістковою тканиною, також повинна відповідати ряду вимог щодо складу та фізико-хімічних властивостей:

1. Хімічні властивості – відсутність небажаних хімічних реакцій (корозії) з тканинами та міжтканинною рідиною;

2. Механічні властивості біокераміки повинні бути схожими до тих, що є характерними для кісток (наприклад, відмінності в еластичності можуть призвести до втрати імплантату через резорбцію кістки при контакті з імплантатом);

3. Біологічні властивості – відсутність реакцій з боку імунної системи організму, зрощення з кістковою тканиною, стимулювання процесу утворення кісткової тканини (остеосинтезу).

Ключовою перевагою біорезорбної кераміки є наявність вище перерахованих властивостей, а також її поступова резорбція в організмі людини. Біорезорбність є надзвичайно корисною характеристикою в галузі тканинної інженерії, зокрема для відновлення кісткової тканини. Перспективним напрямком дослідження є застосування біорезорбної біокераміки для відновлення кісткової тканини.

#### **Висновок**

Біокерамічні матеріали, що застосовуються для відновлення кісткової тканини охоплюють широкий клас матеріалів із різними складом, типом хімічного зв'язку і структурними особливостями, але особлива увага в біомедичній інженерії приділяється біорезорбним біокерамічним матеріалам.

#### **Література**

1. Беспалова О.Я. Біоматеріали та біосумісність [Електронний ресурс] / Олена Ярославівна Беспалова. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: <https://ela.kpi.ua>.

2. К. Ісікава Класифікація біокераміки [Електронний ресурс] / К. Ісікава. – 2003. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.sciencedirect.com/topics/chemistry/bioceramic>.

3. Єфремко В.Г. Біокераміка [Електронний ресурс] / В.Г. Єфремко. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://events.pstu.edu>.

4. Марія Валлет-Регі. Біокераміка: від кісткових замінників до наночастинок для доставки ліків. [Електронний ресурс] / National Center for Biotechnology Information. – 2019 – Режим доступу до ресурсу: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6675605/>