

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Мусоева Шарифджона Ахатовича «Реакционно-связанные материалы на основе замещенных средних фосфатов кальция», представленную на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.15. Химия твердого тела.

Рецензируемая работа посвящена разработке брушитных цементных композитов, в том числе и армированных неорганическими волокнами, посредством биосовместимых катионных ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ) и анионных ( $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{SiO}_4^{4-}$ ) замещений в  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ , используемом в качестве твердого основного компонента цементной смеси при затворении различными затворяющими жидкостями. Актуальность диссертационной работы обусловлена увеличением числа пациентов, нуждающихся в операциях по замене фрагментов костной ткани.

Полученные в работе научные результаты позволяют разработать методы управления микроструктурой, временем схватывания, резорбируемостью и механическими характеристиками кальций-фосфатных цементов брушитного типа для медицинского применения через использование для получения таких цементов ортофосфата кальция  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  с изоморфными замещениями различного типа, а также добавление в такие цементы армирующих силикатных (базальтовых) волокон и/или регулятора схватывания – Na соли карбоксиметилцеллюлозы. Разработана модель потенциалов межатомного взаимодействия, позволяющая в рамках атомистических расчетов описывать энергические характеристики точечных дефектов в  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  и связанные с ними свойства вещества, что может быть использовано при разработке и оптимизации свойств материалов на основе упомянутого фосфата.

Научная новизна работы состоит в следующем: установлено, что изоморфные замещения ионов (фосфата на сульфат или ортосиликат, кальция на натрий или калий) в  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  оказывают влияние на морфологию и времена схватывания брушитных цементов, получаемых из твердых растворов на основе  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  с использованием в качестве затворяющей жидкости водного раствора фосфорной кислоты или воды при добавлении в твердый компонент  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ . Установлено влияние силикатного (базальтового) стекловолокна, как армирующего компонента, и Na-соли карбоксиметилцеллюлозы, как регулятора схватывания цемента, на микроструктуру, время схватывания, прочность при сжатии, а также изменения состава водной фазы при ее длительном контакте с брушитными цементами, полученными из замещенного  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  в  $\alpha$ - или  $\beta$ - полиморфных модификациях. Расчет энергий точечных дефектов с использованием атомистической модели межатомного взаимодействия объяснены особенности термодинамики твердых растворов на основе  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ , включая особенности перехода из  $\beta$  в  $\alpha$  модификацию  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  как незамещенного,

так и с изоморфным замещением катионов или анионов. Уточнены условия изоморфного замещения иона фосфата на сульфат в  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ .

Однако, вызывает сомнение использование базальтовых волокон в составе цемента: безусловно, введение базальтовых волокон увеличивает прочность цементных материалов, но поскольку исследуемый цемент является биорезорбтруемым, в результате его биодеградации в окружающие ткани будут выделяться нерезорбируемые базальтовые волокна, что может быть опасным для организма.

Диссертация является законченным исследованием. Выводы достаточно обоснованы. Личный вклад автора не вызывает сомнений, что подтверждается публикациями в отечественных журналах и выступлением автора на конференциях. Достоверность результатов работы подтверждается её базированием на анализе современного состояния проблемы, на комплексном использовании взаимодополняющих современных методов исследования.

Автореферат диссертации отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В.Ломоносова к работам подобного рода. Содержание автореферата диссертации соответствует специальности 1.4.15. Химия твердого тела (по химическим наукам), а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В.Ломоносова. Мусоев Ш.А. несомненно заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.15 Химия твердого тела.

Рецензент:

кандидат химических наук,  
ведущий научный сотрудник  
лаборатории №20 ИМЕТ РАН

Инна Вилоровна Фадеева

18.12.2025

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук

119991, г. Москва, Ленинский пр., д.49

Тел. (495) 4375122

E-mail:

Подпись руки Фадеевой И.В. удостоверяю:

Начальник отдела кадров

Гуркина А.В.