СТРУКТУРА И СВОЙСТВА МОДИФИЦИРОВАННЫХ КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ СТРУКТУР ГИДРОКСИАПАТИТА

Киселев В.М., Голованова О.А.

Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского, Омск, Россия, golovanoa2000@mail.ru

В настоящее время мировой спрос, например, на ортопедические имплантаты превышает 6 миллионов единиц в год и продолжает увеличиваться. Известно, что кость человека является композиционным материалом, неорганическая часть которого образована фосфатами кальция (ФК), преимущественно в форме гидроксиапатита (ГА) нестехиометрического состава. Данный факт обуславливает интерес изучения и возможность применения в биомедицинских целях материалов на основе ГА, имеющих сходство с химическим составом костной и зубной ткани и высокую биосовместимость. К ним относятся синтетические ФК с различным соотношением Са/Р, в том числе модифицированные образцы, полученные в результате катионных и анионных замещений, а также смеси с другими компонентами (брушит, кальцит) и кальцийфосфатные покрытия на металлах и композитах. Несовершенство современных биоматериалов и методов их исследований обуславливает перспективы разработки новых компонентов, а также переход к альтернативным экспресс-методам в условиях большого количества экспериментов, контролируемых параметров и синтезируемых образцов.

С целью получения данных о структуре и свойствах изучаемых объектов в последние годы развиваются методы с применением инструмента морфологического анализа, дополненного алгоритмами математической обработки данных в рамках фрактального анализа (ФА). Основным его достоинством является возможность исследования образцов без их разрушения, а также высокая чувствительность даже к незначительному изменению свойств. Область сфер и объектов исследования для данного метода не ограничена, в исследовательских работах регулярно предлагаются новые способы применения.

Таким образом, установлено, что присутствие органических и неорганических добавок при син-

тезе ГА оказывает влияние на состав, структуру и морфологию кристаллов получаемого соединения, о чем свидетельствует корреляция концентрации добавок и времени созревания осадка с морфологической размерностью. Результаты анализа, представленные в виде D - pC - τ диаграмм, позволяют судить об обратной пропорциональной зависимости между временем кристаллизации и величиной морфологической размерности структур ГА, вне зависимости от природы добавки.

Полученные результаты подтверждают возможность применения морфологического анализа для установления закономерностей формирования материалов на основе ГА и выполнения экспресс-оценки их свойств (состав, морфология, степень кристалличности, природа и концентрация примесей).

Определены физико-химические закономерности фазообразования фосфатов кальция в присутствии добавок. Установлены зависимости морфологической размерности (D) структур от времени кристаллизации (τ): обратно пропорциональная для гидроксиапатита ($D = 1.90 \rightarrow 1.25$).

Экспериментально определены условия синтеза фосфатов кальция для формирования устойчивых геометрических структур в высыхающей капле и снижения погрешности метода морфологического анализа: концентрации исходных веществ $C_M = 0.02 \div 0.07$ моль/л, $pH = 12.0$ (синтез $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$); $pH = 5.5$ (синтез $CaHPO_4 \cdot 2H_2O$).

Выявлены ограничивающие факторы для применения метода (формирование стохастических фракталов, соосаждение кристаллов различных морфологических типов).

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № 075-03-2023).