

УДК 666.266

## СТЕКЛОКРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ МЕДИЦИНЫ

Н.И.Заяц, Н.М.Бобкова  
(БГТУ, г.Минск)

В настоящее время в стоматологической и челюстно-лицевой хирургии возрос интерес к материалам, которые могут использоваться для имплантации костных тканей и обладают кроме биосовместимости - способностью не отторгаться организмом, еще и биологической активностью - свойством интенсифицировать остеогенез (образование новой костной ткани) и прочно соединяться с костью.

К биоактивным материалам относятся биоситаллы, биостекла, био-керамика.

С целью синтеза биоситаллов нами была выбрана локальная область системы  $P_2O_5-SiO_2-Al_2O_3-CaO-K_2O-F$  с переменным содержанием  $SiO_2$  20-50 мас. %,  $CaO$  15-45 мас. %,  $Al_2O_3$  10-40 и постоянным количеством  $P_2O_5$ ,  $K_2O$ ,  $F$  (20; 5 и 2 мас. % соответственно).

Определены области стеклообразования и закономерности изменения структуры стекол в зависимости от химического состава. ИК-спектроскопические исследования позволили установить, что изучаемые многокальциевые алюмофосфорсиликатные стекла имеют достаточно высокополимеризованную структурную сетку из тетраэдров  $[SiO_4]$ ,  $[PO_4]$  и  $[AlO_4]$ .

Увеличение содержание  $Al_2O_3$  приводит к повышению степени связности кремнефосфоркислородного каркаса, поэтому наибольшей кристаллизационной способностью обладают стекла с небольшим количеством  $Al_2O_3$  (10-20 мас.%), повышенным содержанием  $SiO_2$  (более 30 мас.%) и  $CaO$  (39-40 мас.%). Установлено, что оптимальным с точки зрения синтеза ситаллов следует считать количество  $Al_2O_3$  равное 10-15 мас.%.

При изучении процесса фазообразования в исследуемой части системы установлены области формирования следующих кристаллических фаз - фторапатита, трикальцийфосфата, анортита, муллита и кристобалита.

Наибольший интерес с точки зрения синтеза биоситаллов представляет область составов, где кристаллизуются кальцийфосфаты, которые близки по фазовому и химическому составу минеральной части натуральной кости, на 70% состоящей из гидроксиапатита. Установлено, что формирование кальцийфосфатов при постоянном содержании в стеклах  $P_2O_5$  происходит в области составов с повышенным содержанием  $CaO$  (25-45 мас.%) и небольшим количеством  $Al_2O_3$  (10-15 мас.%).

Исследованы физико-химические и механические свойства ситаллов, полученных на основе стекол выбранной системы.

На основании анализа результатов, полученных в ходе исследований, был выбран оптимальный состав ситалла – Биоситалл-11, лежащий в поле кристаллизации фторапатита и трикальцийфосфата. Биоситалл-11 обладает следующими физико-механическими свойствами: плотность -  $2700 \text{ кг/м}^3$ , прочность на изгиб - 125 МПа, прочность на сжатие - 430 МПа, модуль Юнга - 84 ГПа, ТКЛР -  $78 \times 10^{-7} \text{ К}^{-1}$ .

Кроме достаточно высокого уровня физико-механических свойств, биоактивные материалы должны обладать определенными биологическими свойствами, которые изучались в исследованиях на животных "in vivo" и в физиологических средах "in vitro".

Изучение поведения Биоситалла-11 в различных модельных средах и искусственной кровяной плазме позволило установить, что из биоситалла идет миграция кальция и фосфора, необходимая для проявления биоактивных свойств материала. С миграцией кальция и фосфора связано образование на поверхности биоматериала слоя гидроксиапатита, образование которого является начальным этапом остеогенеза и обеспечивает био-

активность имплантата в живом организме. При этом в процессе миграции на поверхности биоситалла рентгено-электронной спектроскопией было установлено образование кремнеземистого слоя, приводящего к замедлению процесса выщелачивания. Биоситалл-11 по уровню биоактивности относится к группе биоактивных материалов с поверхностно-контролируемой растворимостью.

Проведенные санитарно-химические и токсиколого-гигиенические испытания показали, что материал не оказывает вредного воздействия на живой организм и отвечает требованиям, предъявляемым к материалами для эндопротезирования. Проведенные "in vivo" медико-биологические испытания подтвердили биосовместимость разработанного ситалла с тканями организма и его способность интенсифицировать остеогенез. По результатам клинических испытаний, проведенных в отделениях челюстно-лицевой хирургии больниц Республики Беларусь на 103 пациентах, установлено, что имплантационный материал Биоситалл-11 не отторгается организмом и стимулирует остеогенез. Ни у одного из пациентов не было выявлено воспалительных явлений или реакций отторжения.

По результатам медицинских испытаний Биоситалл-11 рекомендован для широкого клинического применения.

Биоситалл-11 может быть использован в виде гранул размером 300-1000 мкм для заполнения костных дефектов, в частности, в стоматологии и челюстно-лицевой хирургии.