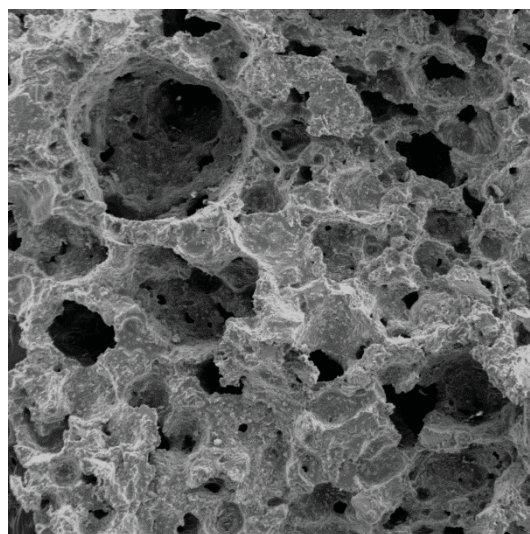
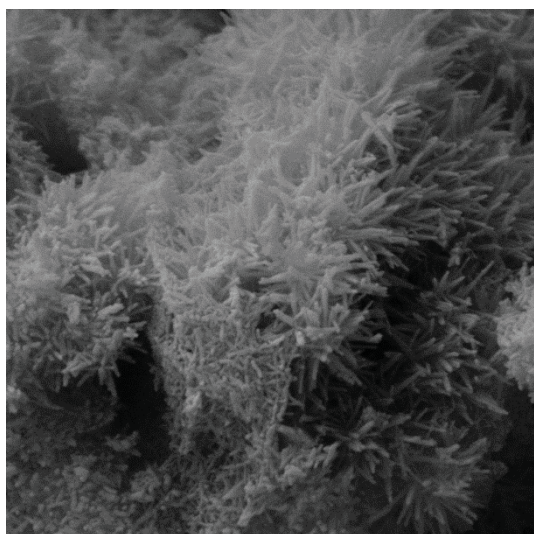
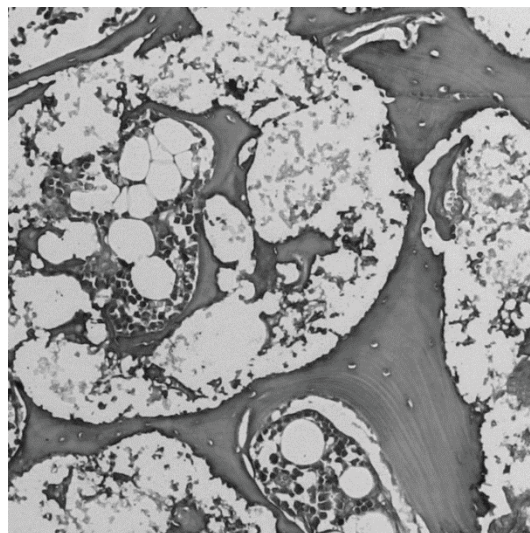
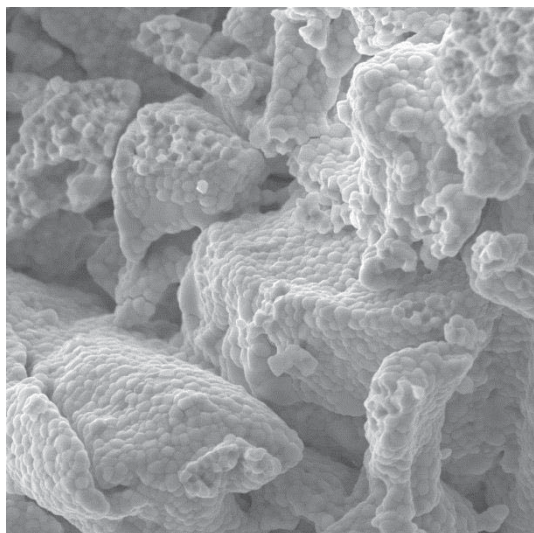


ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО НАУЧНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
НАУКИ ИНСТИТУТ МЕТАЛЛУРГИИ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ
ИМ. А.А. БАЙКОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
ВСЕРОССИЙСКОЕ СОВЕЩАНИЕ**

**«БИОМАТЕРИАЛЫ В МЕДИЦИНЕ»
СБОРНИК ТЕЗИСОВ ДОКЛАДОВ**



МОСКВА 2017

УДК 615.4

ББК 52.8.28с

Б63

Б63 Всероссийское совещание «Биоматериалы в медицине». 18 декабря 2017 г. /
Программа совещания и сборник тезисов докладов. – М.: ИМЕТ РАН, 2017, 101 с.
ISBN 978-5-4465-1696-4

ИД: ООО «Буки Веди», 119049, г. Москва, Ленинский пр-т, д. 4, строение 1А

В сборнике опубликованы тезисы докладов Всероссийского совещания «Биоматериалы в медицине», содержащие результаты фундаментальных исследований и прикладных разработок в области биологически совместимых неорганических, органических и композиционных материалов, применяемых для замещения, реконструкции, восстановления тканей и в системах доставки лекарственных препаратов.

Материалы опубликованы в авторской редакции.

Организаторы совещания:

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

Организационный комитет:

академик Солнцев К.А.
чл.-корр. РАН Баринов С.М.
чл.-корр. РАН Комлев В.С.
чл.-корр. РАН Колмаков А.Г.
д.б.н., проф. Сергеева Н.С.

© ИМЕТ РАН 2017

ISBN 978-5-4465-1696-4



аморфного провода сочетаются с высокой пластичностью, что позволяет стягивать провод в узел без разрушения.

В лаборатории аморфных и нанокристаллических сплавов ИМЕТ РАН ведется поиск новых составов ферромагнитных аморфных сплавов, проводится изучение их структуры и свойств. Разработана оригинальная технология изготовления аморфных проводов диаметром 0,05 -0,25 мм и микроспиралей диаметром 0,2-1,0 мм. Изготовлены макетные образцы новых видов медицинских изделий: проводники для эндоваскулярных вмешательств, стенты, эмболизирующие агенты, в том числе с возможностью насыщения изотопами, эндодонтические файлы. На наш взгляд, широкие возможности применения в биомедицине имеет новый магнито-вибрационный метод, основанный на использовании оригинальных мягких магнитных аппликационных салфеток. В салфетке между двумя слоями влагонепроницаемой гипоаллергенной пленки уложена аморфная магнитная микроспираль по схеме, обеспечивающей необходимую плотность магнитного потока по поверхности салфетки заданного размера. Магнитная салфетка накладывается и закрепляется на обрабатываемом участке тела и затем подвергается контролируемому воздействию постоянного или переменного магнитного поля с заданной частотой и формой импульсов. При таком воздействии магнитное поле не рассеивается, а концентрируется в окрестности салфетки и равномерно перераспределяется по ее поверхности. Микромассажные воздействия распределяются равномерно по сложной поверхности обрабатываемого участка. Важно, что кроме обычного массажного эффекта, может быть реализован режим отрицательного давления или выбран режим магнитофореза. Частотный диапазон воздействий подбирается индивидуально для каждого пациента. Эффект можно усилить за счет термического воздействия и использования лекарственных препаратов. В отличие от существующих методик в данном методе используется одновременно не один, а четыре действующих фактора, что позволяет рассчитывать на получение синергетического лечебного эффекта. Данный метод может способствовать повышению эффективности процессов регенерации, в том числе костной ткани и ускоренному формированию костной мозоли.

КЕРАМИКА НА ОСНОВЕ ФОСФАТОВ КАЛЬЦИЯ, ПОЛУЧЕННАЯ ФОРМОВАНИЕМ ИЗ ВЫСОКОКОНЦЕНТРИРОВАННЫХ СУСПЕНЗИЙ

Мухин Е.А.¹, Сафронова Т.В.², Путляев В.И.², Малютин К.В.³, Филиппова Т.В.²,
Филиппов Я.Ю.^{1,4}

¹ *Факультет наук о материалах Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова,*

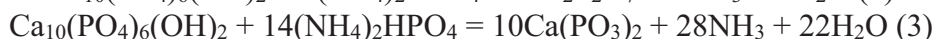
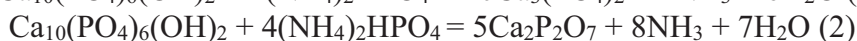
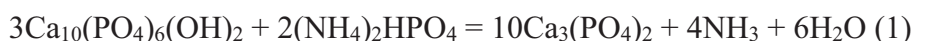
² *Химический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова,*

³ *Кафедра материаловедения Московского политехнического университета,*

⁴ *Институт механики МГУ имени М.В. Ломоносова*

Создание неорганических материалов для искусственных костных имплантатов — одно из важнейших направлений развития современного медицинского материаловедения. Одним из перспективных является регенеративный подход лечения костной ткани с применением биорезорбируемых керамических материалов. Цель данной работы — получение керамических материалов в системе CaO — P₂O₅, содержащих фазы полифосфата кальция, пирофосфата кальция и ортофосфата кальция.

В качестве прекурсора фаз полифосфата, пирофосфата и ортофосфата кальция использовали смесь компонентов: гидроксипатита (ГАП) Ca₁₀(PO₄)₆(OH)₂ и гидроортофосфата аммония (NH₄)₂HPO₄. Предполагаем, что при термической обработке в зависимости от соотношения компонентов преимущественно протекают следующие реакции с образованием биорезорбируемых фаз:



Для получения керамических материалов подготовлены высококонцентрированные суспензии (пасты) из гидроксипатита. В качестве дисперсионной среды использовали раствор сахарозы $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$. Изготовление суспензий проводили с использованием вибрации.

Оптимальные соотношения твёрдая фаза (ГАП) / жидкая фаза (раствор сахарозы) и концентрации сахарозы при формовании определены с помощью модельных суспензий из серий опытов 1 – 2 (табл. 1). Объёмные образцы в форме кордов получали с помощью пластмассовых шприцов с диаметром фильеры 2 мм, прилагая равномерные усилия к поршню. Исследовали способность паст образовывать однородные слои и возможность создания устойчивых многослойных конструкций.

По результатам опытов выбраны оптимальные условия формования: концентрация сахарозы 0,5 М, соотношение ГАП/раствор сахарозы 0,8 г/мл. Для получения целевых биорезорбируемых фаз к суспензиям, приготовленным из 0,5 М раствора сахарозы и порошка ГАП в соотношении 0,8 г/мл, при формовании добавляли различные количества гидроортофосфата аммония $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ (табл. 1).

Таблица 1. Неорганическая составляющая суспензий после формования

Номер	Цел. фаза	$\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$, мол. %	$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$, мол. %
1	$\beta\text{-Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	60,0	40,0
2	$\beta\text{-Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7$	20,0	80,0
3	$\beta\text{-Ca}(\text{PO}_3)_2$	6,7	93,3

Объёмные образцы, полученные формованием, подвергали обжигу. В зависимости от целевой фазы температура обжига составляла 900 °С или 1100 °С (табл. 2).

Таблица 2. Получение образцов керамики

Целевая фаза	Отношение Са/Р	Температура обжига	Температуры фазовых переходов
$\beta\text{-Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	1,5	1100 °С	1120 °С ($\beta \rightarrow \alpha$)
$\beta\text{-Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7$	1,0	1100 °С	700 – 750 °С ($\gamma \rightarrow \beta$) 1140 °С ($\beta \rightarrow \alpha$)
$\beta\text{-Ca}(\text{PO}_3)_2$	0,5	900 °С	450 – 500 °С ($\gamma \rightarrow \beta$) 970 °С ($\beta \rightarrow \alpha$)

После обжига образцы исследовали с помощью растровой электронной микроскопии (РЭМ) и рентгенофазового анализа (РФА). Фазовый состав керамики, полученной из ГАП, раствора сахарозы и варьируемого количества гидроортофосфата аммония, представлен в таблице 3.

Таблица 3. Фазовый состав полученной керамики

Температура обжига	Мольная доля $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$, %	Фазовый состав
1100 °С	40,0	$\beta\text{-Ca}_3(\text{PO}_4)_2$
1100 °С	80,0	$\beta\text{-Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7$, $\beta\text{-Ca}_3(\text{PO}_4)_2$
900 °С	93,3	$\beta\text{-Ca}(\text{PO}_3)_2$

Таким образом, формование из высококонцентрированных суспензий позволяет получить пористые образцы керамики, содержащие фазы трикальциевого фосфата $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, пирофосфата кальция $\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7$ и полифосфата кальция $\text{Ca}(\text{PO}_3)_2$. Конечный фазовый состав зависит от соотношения исходных компонентов на стадии подготовки порошковых полуфабрикатов.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ 16-08-01172, 16-53-00154.

ФОСФАТНАЯ БИОКЕРАМИКА В СИСТЕМЕ CaNaPO_4 - CaKPO_4

Орлов Н.К.¹, Милькин П.А.¹, к.х.н., асс. Евдокимов П.В.¹, к.х.н., доц. Путляев В.И.^{1,2}

¹*Факультет наук о материалах, МГУ имени М.В.Ломоносова*

²*Химический факультет, МГУ имени М.В.Ломоносова*

Основными требованиями, предъявляемыми к костным имплантатам, являются биорезорбируемость, остеокондуктивность и остеоиндуктивность. В то же время, наиболее распространенные материалы для имплантатов гидроксиапатит и трикальциевый фосфат не обеспечивают наличие всех объявленных выше характеристик. В частности, не достигается достаточный уровень резорбируемости материала в организме человека. Повышение уровня резорбции возможно через модификацию состава с целью уменьшения энергии кристаллической решетки. Оптимальным вариантом, в данном случае, будет замещение части ионов кальция в трикальциевом фосфате ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$) на ионы натрия и калия, меньшего заряда и, в случае калия, имеющего больший радиус. Образующиеся, в данном случае, двойные фосфаты (ренаниты) обладают более высокой скоростью резорбции. Однако высокое содержание калия и объемный эффект при фазовых переходах также могут привести к негативным последствиям при использовании имплантатов на их основе. В этой связи целесообразным является изучение твердых растворов Na, K-ренанитов типа $\text{Ca}_{3-x}\text{Na}_{2x-y}\text{K}_y(\text{PO}_4)_2$. Это предполагает исследование тройной системы $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ - CaNaPO_4 - CaKPO_4 .

В представленной работе показаны результаты исследования двухкомпонентной диаграммы CaNaPO_4 - CaKPO_4 как части трехкомпонентной диаграммы; механизмов спекания тройных фосфатов; кинетики растворения в водных растворах с постоянным pH; а также прочностных характеристик полученных керамических материалов.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ (проект 14-19-00752) с использованием оборудования, приобретённого за счет средств Программы развития Московского университета.

Список литературы

1. Т.В. Сафронова и В.И. Путляев. Медицинское неорганическое материаловедение в России: кальцийфосфатные материалы. *Наносистемы: физика, химия, математика*, 4(1):24–47, 2013.
2. П.В. Евдокимов, В.И. Путляев, В.К. Иванов, А.В. Гаршев, Т.Б. Шаталова, Н.К. Орлов, Е.С. Климашина, и Т.В. Сафронова. Фазовые равновесия в системах трикальциевый фосфат – смешанный фосфат кальция и натрия (калия). *Журнал неорганической химии*, 59(11):1462–1471, 2014.