

# Актуальные проблемы неорганической химии

к 150-летию Периодического закона Д.И. Менделеева

# 2019



*Handwritten notes in Russian:*  
 Известно, что...  
 Менделеев

*Vertical handwritten notes:*  
 Менделеев  
 1869

*Handwritten atomic weights and symbols:*

H=1	Li=7	Be=9	B=12	C=12	N=14	O=16	F=19	Ne=20
Na=23	Mg=24	Al=27	Si=28	P=31	S=32	Cl=35	K=39	Ca=40
Sc=45	Ti=48	V=51	Cr=52	Mn=55	Fe=56	Co=59	Ni=59	Cu=63
Zn=65	Ga=70	Ge=72	As=75	Se=78	Br=80	Kr=84	Rb=85	Sr=88
Y=90	Zr=91	Nb=93	Mo=96	Tc=98	Ru=101	Rh=103	Pd=106	Ag=108
Cd=112	In=113	Sn=118	Sb=120	Te=128	I=127	Xe=136	Ba=137	La=139
Ce=140	Pr=141	Nd=144	Pm=145	Sm=150	Eu=152	Gd=157	Tb=159	Dy=163
Ho=165	Er=167	Tm=169	Yb=173	Lu=175	Hf=178	Ta=181	W=184	Re=187
Os=190	Ir=193	Pt=195	Au=197	Hg=200	Tl=204	Pb=207	Bi=208	Po=209
At=210	Rn=222	Fr=223	Ra=226	Ac=227	Th=232	Pa=231	U=238	Np=237
Pu=244	Am=243	Cm=247	Bk=247	Cf=251	Es=252	Fm=257	Md=258	No=259
Lr=260								

Kalium	Calcium	Scandium	Titanium	Vanadium	Chromium	Manganese	Iron	Cobalt	Nickel	Cuprum	Zincum	Gallium	Germanium	Arsenicum	Selenium	Bromum	Krypton
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn	
Fr	Ra	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Nh	Fl	Mc	Lv	Ts	Og	
La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu			
Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr			

# 1869

Звенигород - 2019



# Конкурс на создание логотипа конференции «Актуальные проблемы неорганической химии»

к 150-летию Периодического закона Д.И. Менделеева

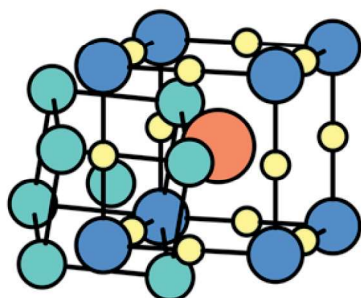
Работы, представленные на конкурс:



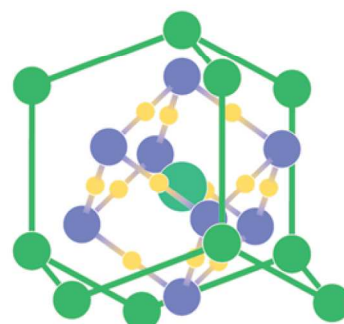
Ольга Пушихина



Александра и Диана  
Терещенко



АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ  
НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ



АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ  
НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ

Роман Халания



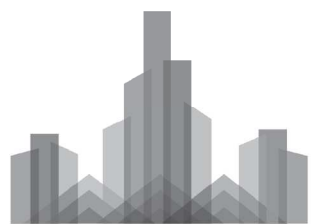
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ  
НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ



АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ  
НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ

Иван Якимов

Звенигород - 2019



АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ  
НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ

**ХИМИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ МГУ**  
**ФАКУЛЬТЕТ НАУК О МАТЕРИАЛАХ МГУ**

## **XVIII Конференция молодых ученых**

**«Актуальные проблемы неорганической  
химии. К 150-летию Периодического закона  
Д.И. Менделеева»**

*ПРОВОДИТСЯ ПРИ ФИНАНСОВОЙ ПОДДЕРЖКЕ*

РФФИ, грант № 19-03-20110

а также компаний

АЛИАНТА ГРУПП

ЕВРОХИМ

СЕРВИСЛАБ

СОКТРЕЙД

СПЕКТРОСКОПИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

г. Звенигород, пансионат МГУ «Университетский»

22-24 ноября 2019 г.

# КЕРАМИКА НА ОСНОВЕ ПИРОФОСФАТА КАЛЬЦИЯ, ПОЛУЧЕННАЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ 3D-ПЕЧАТИ ИЗ ВЫСОКОКОНЦЕНТРИРОВАННЫХ ТВЕРДЕЮЩИХ СУСПЕНЗИЙ

Тошев О.У.<sup>\*</sup>, Сафронова Т.В.<sup>\*\*</sup>, Лукина Ю.С.<sup>\*\*\*</sup>, Шаталова Т.Б.<sup>\*\*\*</sup>,  
Казакова Г.К.<sup>\*</sup>, Мусская О.Н.<sup>\*\*\*\*</sup>, Крутько В.К.<sup>\*\*\*\*</sup>

<sup>\*</sup> *Факультет наук о материалах МГУ имени М.В. Ломоносова,  
119991, Москва, Россия, e-mail: [otabektoshev0995@mail.ru](mailto:otabektoshev0995@mail.ru)*

<sup>\*\*</sup> *Химический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова,  
119991, Москва, Россия*

<sup>\*\*\*</sup> *Российский химико-технологический университет имени  
Д.И. Менделеева, 125480, Москва, Россия*

<sup>\*\*\*\*</sup> *Институт общей и неорганической химии НАН Республики Беларусь,  
220072, г. Минск, Республика Беларусь*

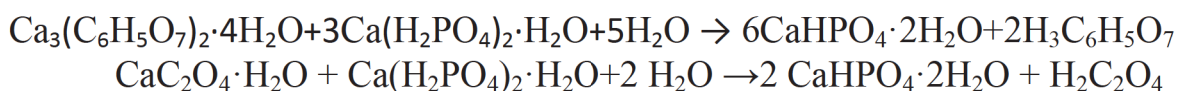
Получение биорезорбируемых керамических материалов на основе фосфатов кальция является актуальной задачей, поскольку такие материалы необходимы для лечения дефектов костной ткани.

Пирофосфат кальция  $\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7$ , может быть использован в форме пористой матрицы в регенеративных методах лечения дефектов костной ткани, в качестве носителя лекарственных средств и для культивирования костных клеток.

Для получения пористой матрицы с заданной геометрией порового пространства может быть использован метод экструзионной послойной 3D-печати из высококонцентрированных суспензий. Сохранение формы и образование брусита или монетита как прямых прекурсоров фазы пирофосфата достигается благодаря протеканию реакции химического связывания.

**Целью** данной работы являлось получение керамики на основе пирофосфата кальция термообработкой порошковых полуфабрикатов, сформованных из высококонцентрированных твердеющих суспензий (ВКТС), содержащих цитрат кальция, оксалат кальция и монокальцийфосфат моногидрат.

Количества исходных компонентов порошковой смеси для приготовления ВКТС рассчитывали по следующим реакциям:

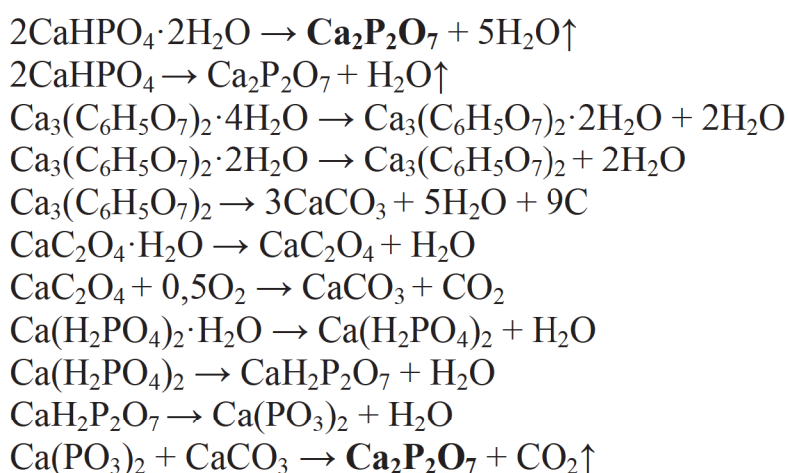


Порошковую смесь на основе цитрата и оксалата кальция получали смешиванием этих солей с монокальцийфосфатом моногидратом  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  при мольном соотношении  $\text{Ca}/\text{P}=1$ . Такое соотношение  $\text{Ca}/\text{P}$  характерно как для брусита  $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  и монетита  $\text{CaHPO}_4$ , так и для пирофосфата кальция  $\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7$ . Соотношение цитрат кальция/оксалат кальция в исходной порошковой

смеси было задано как 80/20; 70/30; 40/60 и 50/50. ВКТС получали, добавляя к порошковой смеси воду при соотношении твердое/жидкость = 0,5.

Фазовый состав образцов после формования из ВКТС был представлен брушитом, монетитом, оксалатом кальция моногидратом и монокальцийфосфатом моногидратом. Благодаря медленному изменению пластической прочности во времени, исследованные ВКТС были пригодны для послойной экструзионной печати прекерамических образцов.

Для получения керамических материалов термообработку образцов после формования и сушки проводили при температурах в интервале 600-1000°C. В результате были получены керамические материалы, фазовый состав которых после обжига в интервале 800-1000°C был представлен  $\beta$ -пирофосфатом кальция  $\beta$ -Ca<sub>2</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub>. Формирование фазового состава керамического материала может быть отражено следующими реакциями:



Таким образом, формирование фазы  $\beta$ -пирофосфата кальция  $\beta$ -Ca<sub>2</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub> в керамике происходит благодаря термической конверсии гидрофосфатов кальция, образовавшихся в результате реакции химического связывания, а также в результате гетерофазного взаимодействия продуктов термической деструкции компонентов ВКТС, не вступивших в реакцию на стадии формования.

Геометрическая плотность материалов после обжига при 1000°C составила 1-1,7 г/см<sup>3</sup>, а прочность на изгиб – 2,5-5 МПа. рН среды при погружении керамических материалов в дистиллированную воду составил 5,6-6,7. Полученные керамические материалы могут быть рекомендованы для изготовления резорбируемых костных имплантатов для лечения дефектов костной ткани.

Данное исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ (гранты №18-53-00034) и БРФФИ (грант X18P-063).

ISBN 978-5-6043248-9-9



ООО "Адмирал принт", ул. Баркляя, 13/2, Москва, 129090