

XRD-анализ показал, что МДО-покрытия и композиционные покрытия с поверхностным слоем, сформированным ВЧ-магнетронным распылением мишени являются полностью рентгеноаморфными.

Таким образом, сочетание двух технологий модифицирования поверхности позволяет формировать КФ-покрытия с многоуровневой шероховатостью поверхности и более высоким

соотношением Са/Р (по сравнению с МДО-покрытиями). Вышеотмеченное будет способствовать лучшей адгезии клеток на поверхности покрытий и усилит остеоинтеграцию.

Работа выполнена на средства субсидии на государственную поддержку ведущих университетов Российской Федерации в целях повышения их конкурентоспособности среди ведущих мировых научно-образовательных центров.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЧАСТОТЫ СЛЕДОВАНИЯ ИМПУЛЬСОВ НА СТРУКТУРУ ПОВЕРХНОСТИ И ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПОКРЫТИЙ, СФОРМИРОВАННЫХ МЕТОДОМ МИКРОДУГОВОГО ОКСИДИРОВАНИЯ

Е.Д. Воронина, Е.А. Солдатова

Научные руководители – к.ф.-м.н., доцент С.И. Твердохлебов; к.т.н., м.н.с. Е.Н. Больбасов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, katena.voronina.2000@mail.ru

Формирование биоактивных кальций-фосфатных (КФ) покрытий методом микродугового оксидирования (МДО) является одним из перспективных методов улучшения свойств поверхности титановых имплантатов [1].

Известно, что частота следования импульсов во многом определяет свойства сформированных покрытий. Однако в настоящее время влияние частоты следования импульсов на свойства сформированных покрытий изучено недостаточно, что определяет цель настоящего исследования.

Исследования влияния частоты следования импульсов проводили при фиксированной длительности 200 мкс и напряжении 320 В. Для исследований применяли электролит, описанный в работе [2]. Покрытия на образцах сплава ВТ1-0

формировали в течение 20 мин при частоте следования импульсов 25, 50, 100 и 200 Гц. Морфологию сформированных покрытий исследовали методом сканирующей электронной микроскопии (JEOL-6000, Япония). Химический состав покрытий изучали методом рентгенофлуорисцентного анализа (Shimadzu XRF 1800, Япония).

На поверхности покрытий, сформированных при частоте 25 Гц (рис. 1, А), наблюдаются открытые сферы диаметром  $18,0 \pm 6,1$  мкм и поры диаметром  $3,0 \pm 0,5$  мкм. При частотах 50 и 100 Гц не наблюдается достоверное изменение значений среднего диаметра пор и сфер. При частоте 200 Гц (рис. 1, Б) происходит увеличение диаметра сфер до  $24,0 \pm 3,0$  мкм, а диаметра пор – до  $5,0 \pm 0,7$  мкм.

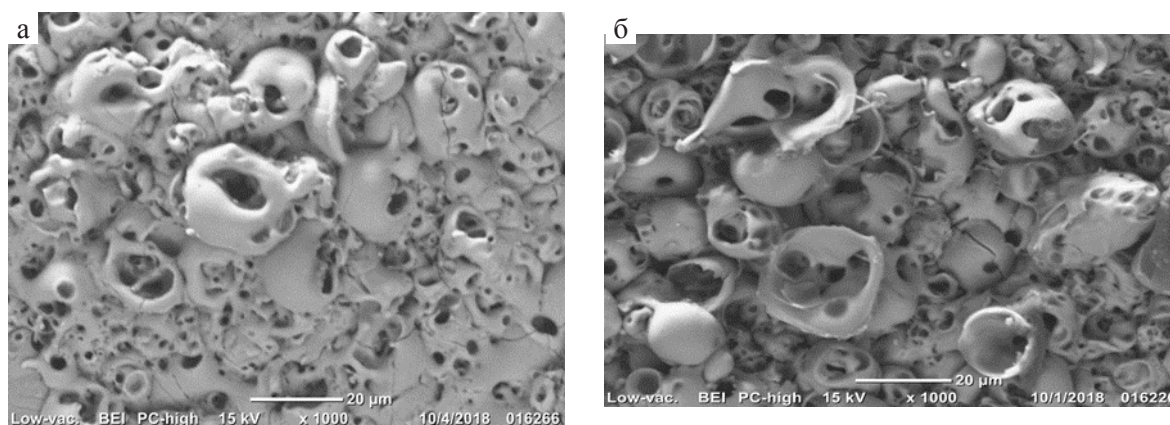


Рис. 1. Изображение поверхности пористых кальций фосфатных покрытий, сформированных методом МДО при длительности импульсов 200 мкс и частоте следования импульсов 25 Гц (А) и 200 Гц (Б)

**Таблица 1.** Химический состав сформированных покрытий

	Содержание элементов, ат. %					Ca/P
	Ti	O	C	P	Ca	
Титан	90,2±1,3	6,5±0,2	3,5±0,7	0,05±0,1	0,01±0,1	–
25 Гц	31,3±1,8	37,0±1,6	3,0±0,4	20,6±1,6	8,1±0,6	0,39
50 Гц	23,0±1,6	38,0±1,9	2,7±0,5	24,5±1,8	12,0±0,9	0,49
100 Гц	22,0±2,0	37,9±1,8	4,9±0,6	24,3±1,7	10,9±1,1	0,45
200 Гц	23,5±2,0	39,1±1,8	4,3±0,5	24,7±1,8	8,4±1,1	0,34

Результаты исследования химического состава покрытий (табл. 1) позволили установить, что вне зависимости от частоты следования импульсов все сформированные покрытия являются кальций дефицитными (табл. 1), что является обычным для МДО покрытий. При этом однозначных зависимостей отношения Ca/P от

частоты следования импульсов на данном этапе установить не удалось.

Проведенные исследования показывают, что увеличение частоты следования импульсов при формировании покрытий методом МДО в первую очередь влияет на морфологию покрытий, при этом слабо изменяет их химический состав.

### Список литературы

1. Qadir M. et al. Calcium phosphate-based composite coating by micro-arc oxidation (MAO) for biomedical application: a review // *Critical Reviews in Solid State and Materials Sciences*, 2018. – V.43. – №5. – P.392–416.
2. Bolbasov E.N. et al. Flexible intramedullary nails for limb lengthening: a comprehensive comparative study of three nails types // *Biomedical Materials*, 2019. – V.14. – №2. – P.025005.

## ИЗУЧЕНИЕ КОМПЛЕКСОВ Cu(II), Ni(II), Co(II), Fe(III) и Cr(III) С ПРОИЗВОДНЫМИ 1-ФЕНИЛ-3-МЕТИЛ-4-АЗОПИРАЗОЛОНА-5

Бу Тхи Нгок Ань

Научный руководитель – д.х.н., профессор О.В. Ковальчукова

Российский университет дружбы народов

117198, Россия, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая 6, vuanh0000@gmail.com

Азосоединения обычно интенсивно окрашены, что способствует их применению в качестве красителей и пигментов в различных областях, включая текстильную и полимерную промышленность и др. Среди таких соединений основную роль в качестве красителей играют производные 1-фенил-3-метил-4-азопиразол-5-она и комплексы металлов на их основе [1, 2]. В настоящей работе рассматриваются выделение и характеристики новых комплексных соединений Cu(II), Ni(II), Co(II), Fe(III), Cr(III) с четырьмя гетероциклическими производными 1-фенил-3-метил-4-азопиразол-5-она.

Для выделения комплексных соединений лиганды (0,5 ммоль) растворяли в 40 мл этанола. После нагревания с обратным холодильником по каплям при интенсивном перемешивании добавляли хлориды Cu(II), Ni(II) и Zn(II) (2,5 ммоль), растворенные в 20 мл воды. Растворы нагрева-

ли при 70 °С в течение 20 минут и затем добавляли 25 мл воды. Смеси нагревали до кипения, получая суспензии металлокомплексы красителей. Осажденные твердые вещества выделяли центрифугированием, промывали водой и затем сушили в вакууме с получением комплексов металлов. Полученные комплексы были изучены методами ИК и <sup>1</sup>H ЯМР-спектроскопии.

Электронные спектры записывали на спектрофотометре Shimadzu UV-2550 в ультрафиолетовой области в кюветах шириной 1 см в этанольных растворах. Исходная концентрация лигандов составляла 10<sup>-5</sup> моль/л. Составы комплексов в растворах определяли методами молярных отношений и насыщения.

Примеры изменения электронных спектров лигандов при постепенном добавлении растворов солей металлов приведены на рис. 2. При добавлении солей двухвалентных металлов к