

Method for improving biocompatibility of dental implants**Способ улучшения биосовместимости стоматологических имплантатов**

*A. B. Vladimirov¹, S. S. Pushkar², A. S. Dyuryagin³, V. S. Dyuryagin⁴, I. A. Fadeev⁵
A. B. Владимиров¹, С. С. Пушкар², А. С. Дюрягин³, В. С. Дюрягин⁴, И. А. Фадеев⁵*

¹ Federal State Budgetary Institution of Science M. N. Mikheev Institute of Metal Physics, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Sofia Kovalevskoy Str. 18, Ekaterinburg, 620137, Russia

² LLC «Private Dentistry», Titova Str. 10, Yemanzhelinsk, Chelyabinsk region, 456584, Russia

²⁻⁵ LLC «NS TECHNOLOGY», Entuziastov Str. 26, Ekaterinburg, 454080, Russia

² corp@nct.dental

¹ Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики металлов М. Н. Михеева Уральского отделения Российской академии наук, Россия, 620137, Екатеринбург, ул. Софьи Ковалевской, 18

² ООО «Частная стоматология», Россия, 456584, Челябинская область, Еманжелинск, ул. Титова, 10

²⁻⁵ ООО «НС ТЕХНОЛОГИЯ», Россия, 454080, Екатеринбург, ул. Энтузиастов, 26

² corp@nct.dental

ABSTRACT

The biocompatibility of materials in medicine is one of the important factors in the use of material as an implant. In this paper, a way to improve the biocompatibility of dental implants by applying additional protective coating is analyzed. Carbon nanofilament on SLA implants is applied and kept significantly better than on implants with additional processing.

KEYWORDS

Dental implant; biocompatibility; titanium.

АННОТАЦИЯ

Биосовместимость материалов в медицине является одним из важных факторов в применении материала в качестве имплантата. Проанализирован способ улучшения биосовместимости зубных имплантатов за счет нанесения дополнительного защитного покрытия. Углеродное нанопокрывтие на имплантатах SLA наносится и держится значительно лучше, чем на имплантатах с дополнительной обработкой.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Зубной имплантат; биосовместимость; титан.

Современная зубная имплантология предъявляет повышенные требования к биосовместимости используемых материалов. В особенности, это относится к стоматологическим имплантатам, многие из которых только номинально считаются биосовместимыми.

В данной статье проанализирован один из способов улучшения биосовместимости

зубных имплантатов за счет нанесения дополнительного защитного покрытия.

Для исследования были использованы имплантаты 4 класса титана (Dynamet, Вашингтон, Пенсильвания, США) с диаметром 3,75 мм и длиной 7 мм. Образцы были разделены на 2 группы в зависимости от первичного способа обработки поверхности.

Это группы SLA и SLA + Nano/CaP. В общей сложности было подготовлено 10 имплантатов (по 5 имплантатов в каждой группе). Первичная поверхность имплантатов из группы SLA обладала остеокондуктивностью в результате грубозернистой пескоструйной обработки и протравливания кислотой. Поверхность группы имплантатов SLA + Nano/CaP дополнительно обрабатывалась гидрофильным нанофосфатом кальция.

На все исследуемые стоматологические имплантаты дополнительно было нанесено углеродное нанопокрывтие посредством импульсно-дугового распыления графитового катода (патент RU 2571559). Для определения состава образовавшегося на имплантатах нанопокрывтия были проведены морфологические и химические исследования.

Электронно-микроскопические исследования проводились на сканирующем электронном микроскопе Jeol JSM-7001F. Поверхность исследовалась в режиме вторичных и отраженных электронов.

Рентгенофлуоресцентный анализ осуществляли с помощью энергодисперсионного спектрометра Oxford INCA X-max 80, установленного на этом микроскопе. Спектрометр позволяет анализировать элементы с атомными номерами от 5 (В) до 92 (U). Каждая груп-

па имплантатов отснята по 2–3 серии изображений – на вворачиваемой и на гладкой части.

1. Группа имплантатов SLA

Покрывтие имплантатов содержит углерод. Металл основы – титан без легирующих добавок (табл. 1).

Титан может быть еще более чистый, т.к. Al, Si, Fe могли дополнительно находиться на поверхности в виде случайных пылинок.

Нанопокрывтие состоит из углерода, частицы которого по форме похожи на капли диаметром 1–3 мкм (рис. 1). Тело имплантатов полностью покрыто углеродным слоем, который состоит из лежащих друг на друге нескольких десятков более тонких слоев (рис. 2). Такая морфология может быть характерна для пироуглерода (или пирографита). Но плотность нанопокрывтия неоднородна. В некоторых местах толщина углеродного покрывтия велика (приблизительно 5–10 мкм) и из-под капель не виден металл. В некоторых местах (около 10% поверхности) слой углерода тоньше (1–3 мкм) и между «каплями» видна металлическая основа (см. карты распределения элементов на рис. 3). При этом твердость нанопокрывтия достаточно высока и достигает 100 ГПа.

Таблица 1
Table 1

Состав покрывтия в весовых %
Coating composition in weight %

| Спектр / Spectrum | Al | Si | Ti | Fe | Итог |
|-----------------------|------|------|-------|------|--------|
| Среднее / The average | 0,34 | 0,73 | 98,79 | 0,14 | 100,00 |

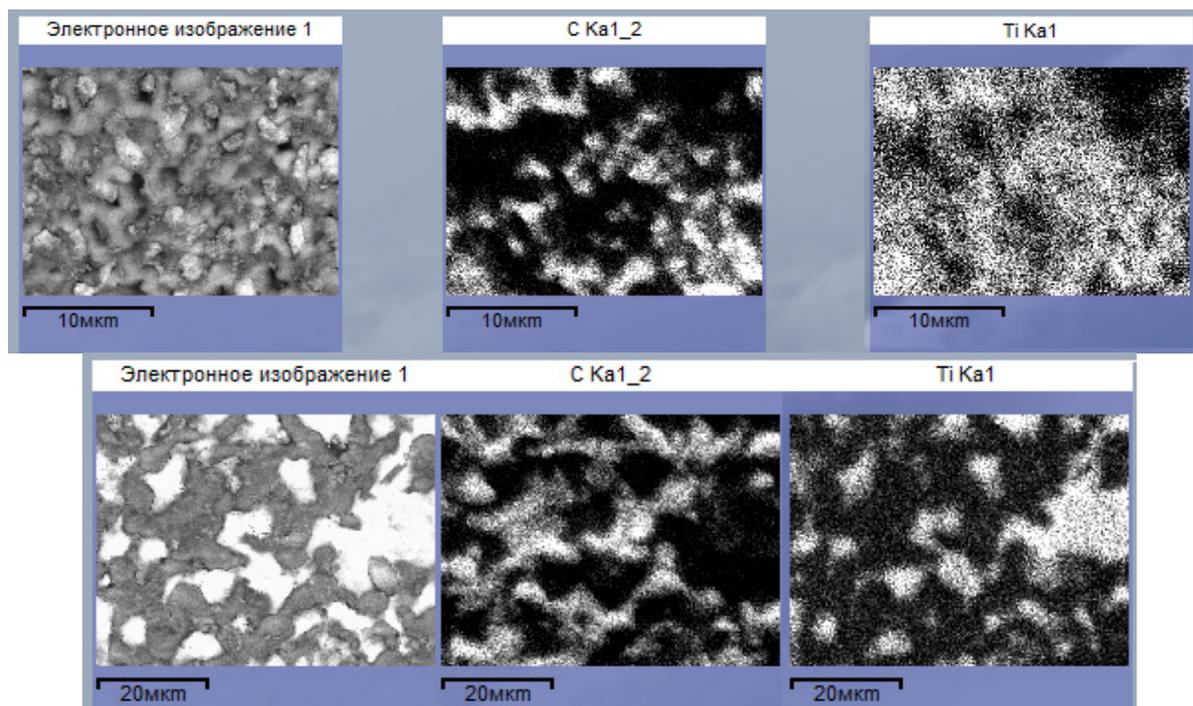


Рис. 1. Карты распределения элементов на участке, где слой углерода тоньше и между «каплями» видна металлическая основа (более светлые участки на карте распределения титана)

Fig. 1. Maps of the distribution of elements in the area where the carbon layer is thinner and between the “drops” the metal base is visible (lighter areas on the titanium distribution map)

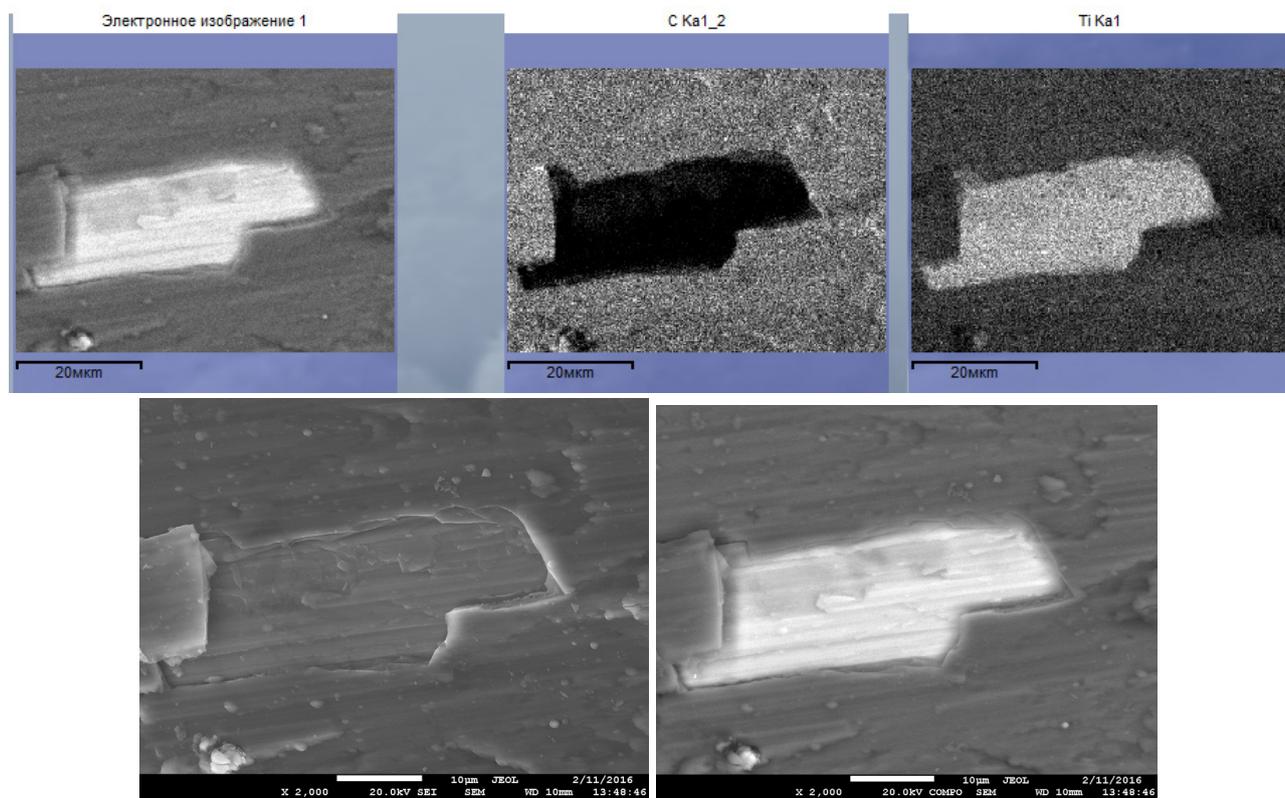


Рис. 2. Карты распределения элементов на участке, где слой углерода был специально отколот для демонстрации многослойности покрытия и под ним видна металлическая основа

Fig. 2. Maps of the distribution of elements in the area where the carbon layer was specially chipped off to demonstrate the multilayer coating and the metal base is visible under it

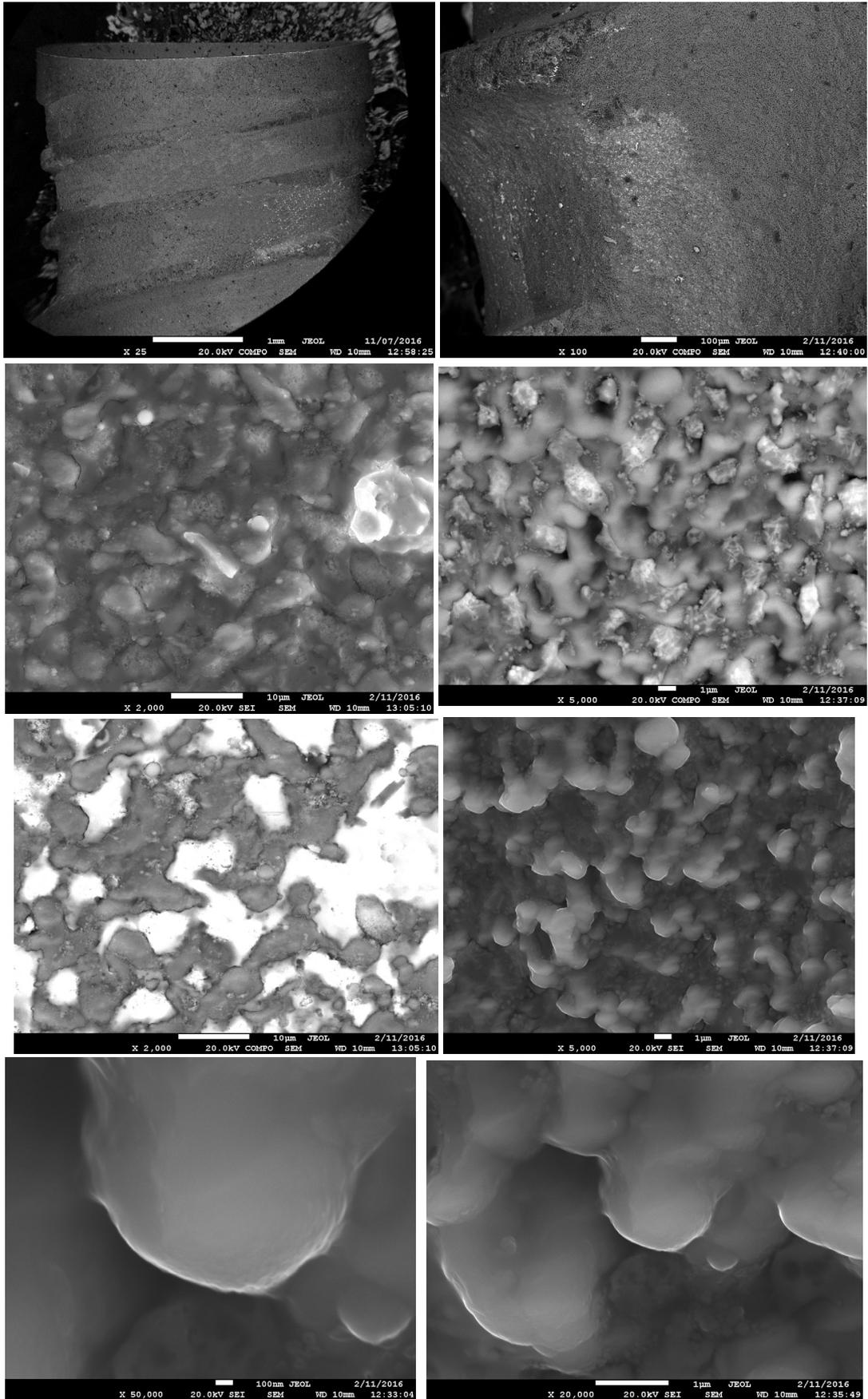


Рис. 3. Имплантат группы SLA. В отраженных электронах титан светлый, а углерод темный

Fig. 3. Implant of the SLA group. In reflected electrons, titanium is light and carbon is dark

2. Группа имплантатов SLA с покрытием NaPO/CaP

Вся поверхность, вворачиваемая в кость, покрыта сплошным микрокристаллическим слоем на основе фосфата кальция с соотно-

шением $\text{Ca:P} = 1:1$ (табл. 2). Размер пластинчатых кристаллов 3–10 мкм. Толщина слоя 5–15 мкм (рис. 4). Поверх него есть тонкий слой углерода, толщину которого определить не представляется возможным.

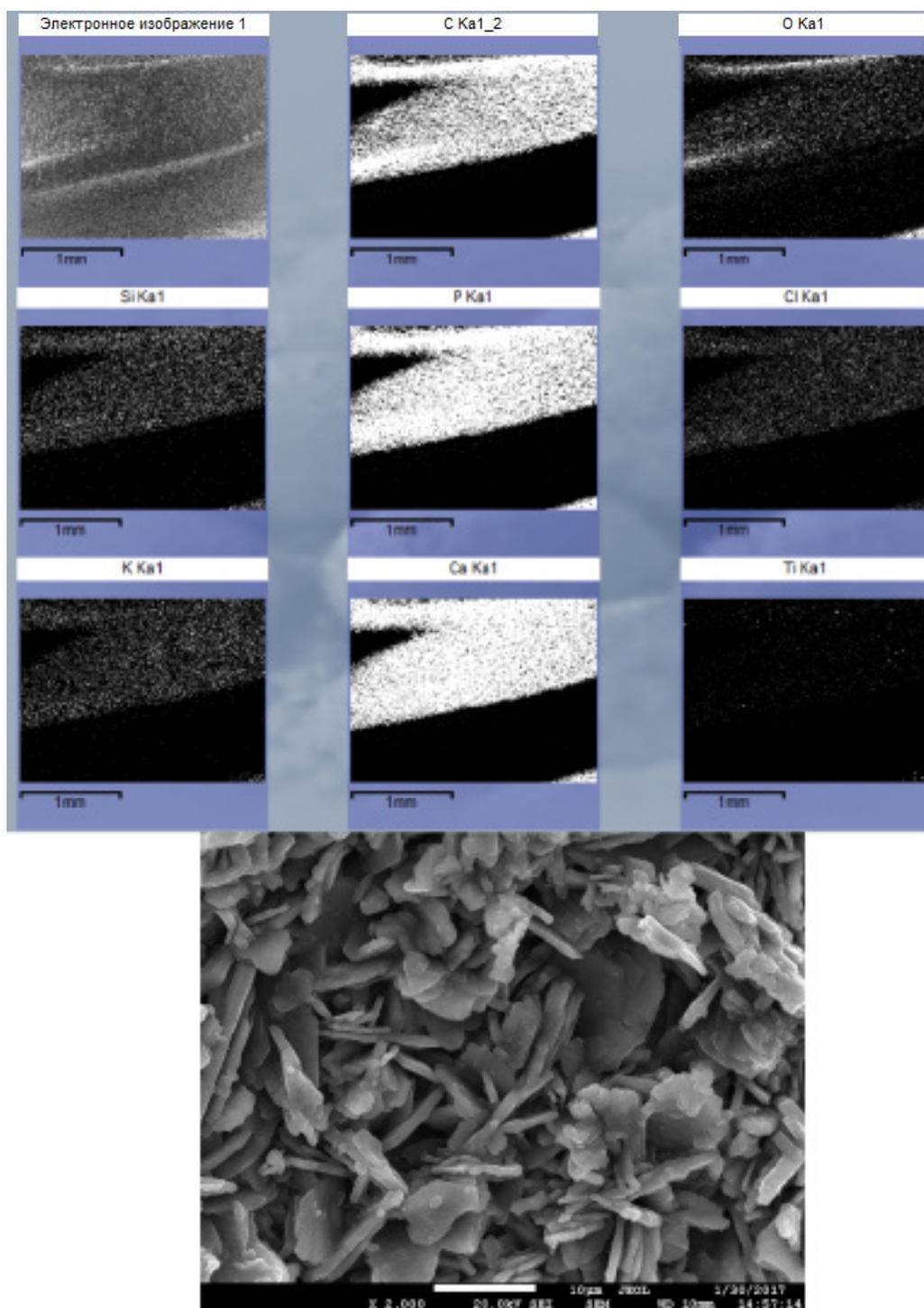


Рис. 4. Покрытие вворачиваемой части имплантата на основе фосфата кальция. Светлым участкам на картах элементов соответствует их большее содержание

Fig. 4. Coating of the screw-in part of the implant based on calcium phosphate. The light areas on the element maps correspond to their greater content

Состав покрытия Nano/CaP в весовых %
Composition of Nano/CaP coating in wt %

| Спектр / Spectrum | O | Na | Mg | Al | Si | P | Cl | K | Ca | Ti | Fe | Итого |
|--------------------------|-------|------|------|------|------|-------|------|------|-------|------|------|--------|
| Среднее / The average | 37,66 | 0,20 | 0,06 | 0,17 | 0,81 | 25,31 | 0,59 | 0,55 | 33,71 | 0,81 | 0,14 | 100,00 |

На верхней части имплантата слой углерода плотный, но тонкий. Толщина слоя 0,1–0,4 мкм.

Выводы

Результаты исследования стоматологических имплантатов показывают нам, что углеродное нанопокрывание на имплантатах SLA наносится и держится значительно лучше, чем на имплантатах с дополнительной обработкой.

При этом, нанопокрывание обладает большой твердостью и наносится на тело имплантата плотным слоем, толщина которого может быть значительной.

Неоднородность нанопокрывания обуславливается технологическими особенностями процесса нанесения.

Принимая во внимание, что на металлическое тело имплантата углеродное нанопо-

крытие наносится полностью, тем самым защищает его от внешнего воздействия. Можно предположить, что в условиях вживления имплантата в живую ткань, нанопокрывание будет способствовать минимизации локальной реакции костного мозга и реакции регионарных лимфатических узлов на внедрение имплантата [1]. Также это позволит снизить риск накопления ионов металлов в лимфоидных органах в процессе коррозии [2], и избежать осложнений, связанных с резорбцией костной ткани.

Список литературы

1. Биоимплантаты на основе пористого титана с алмазоподобными пленками для замещения костной ткани / А. П. Рубштейн и др. Екатеринбург: РИО УрО РАН, 2012. 136 с.
2. Гюнтер В. Э. Росс. вестн. дентал. имплантол. 2003. № 2. С. 33–35.