

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОКРЫТИЙ ОКСИДА ТАНТАЛА ДЛЯ ЛЕЧЕНИЯ НЕПЕРЕНОСИМОСТИ СТОМАТОЛОГИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

*Е.С. Михайлова*

Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова,  
Санкт-Петербург, Россия

## USE THE COVER OF TANTALUM OXIDE IN THE TREATMENT INTOLERANCE OF THE STOMATOLOGICAL CONSTRUCTION MATERIALS

*E.S. Mikhaylova*

North-West State Medical University named after I.I. Mechnikov, Saint-Petersburg, Russia

© Е.С. Михайлова, 2013

Использование покрытия оксида тантала ( $Ta_2O_5$ ), наносимого на металлические и пластмассовые элементы зубных протезов, является перспективной технологией, поскольку наряду с повышением эффективности диагностических мероприятий подсказывает путь решения проблемы непереносимости стоматологических конструкционных материалов. В статье приведены данные о результатах использования протезов, покрытых оксидом тантала, у пациентов с непереносимостью стоматологических конструкционных материалов. Покрытие оксида тантала способно изолировать пластмассу и ограничить элиминацию остаточного мономера и других токсических ингредиентов акрилатов во внешнюю среду. Технология нанесения изолирующего покрытия оксида тантала на металлические зубные протезы обеспечивает возрастание внутреннего сопротивления системы в 6–10 раз, что значительно снижает вероятность развития гальванического синдрома в полости рта.

**Ключевые слова:** непереносимость стоматологических конструкционных материалов, оксид тантала, остаточный мономер, гальанизм.

Using the cover of tantalum oxide ( $Ta_2O_5$ ), applied to the metal and plastic parts of dentures, is a promising technology, since in addition to improving the efficiency of diagnostic measures suggests solution to the problem of intolerance to dental materials of construction. The article presents data on the results of the use of prostheses coated with tantalum oxide, in patients with intolerance to dental materials of construction. Coating of tantalum oxide can isolate and limit plastic elimination of residual monomer and other toxic ingredients acrylates into the environment. Technology of applying an insulating coating on the metal tantalum oxide dentures provides increase of the internal resistance of a factor of 6–10, which greatly reduces the likelihood of galvanic syndrome in the oral cavity.

**Key words:** the intolerance of stomatological construction materials, tantalum oxide, residual monomer, galvanism.

### Введение

Обладая многими положительными свойствами, стоматологические материалы могут оказывать негативное воздействие на слизистую оболочку протезного ложа и организм человека, вызывая комплекс патологических изменений, который в литературе рассматривается как «непереносимость стоматологических конструкционных материалов» [1–4].

На данный момент существует ряд способов устранения негативного влияния компонентов материалов, используемых в стоматологической практике, в том числе изоляция съемных и несъемных ортопедических конструкций [5–7].

Как правило, нанесение изолирующего слоя рекомендовано только на внутреннюю поверхность съемных конструкций, поскольку в противном случае нарушается эстетика ортопедической конструкции вследствие изменения цвета. Следовательно, большая часть ортопедической конструкции оказывается свободной от покрытия, что обеспечивает диффузию метилметакрилата и других соединений, образующихся при деструкции акриловой пластмассы, в полость рта. Металлические покрытия очень неустойчивы к механической нагрузке и утрачиваются через короткий промежуток времени. Кроме того, эти покрытия являются достаточно

толстыми, что изменяет конфигурацию внутренней поверхности базиса съемного пластинчатого протеза. Наиболее эффективные покрытия возможно получить при распылении металла в вакууме [8], однако при использовании ранее известных методов осаждения происходит разогрев подложки до 250–300°C, что недопустимо при работе с пластмассами, поскольку приводит к значительной деформации акрилового протеза.

Известно, что увеличение импеданса системы приводит к снижению протекающих в ней гальванических токов. Это снижение может быть достигнуто с равной эффективностью увеличением сопротивления тканей полости рта или внутреннего сопротивления гальванического элемента, образованного металлическими включениями в полости рта. С другой стороны, снижения величины тока можно добиться снижением разности потенциалов между металлическими элементами системы путем подбора материалов металлических конструкций в полости рта, а также увеличением внутреннего сопротивления системы (импеданса). Это может быть достигнуто путем нанесения диэлектрического слоя на металлическую поверхность металлических элементов зубных протезов. За счет изоляции поверхности металлических конструкций от электролита (слюны) увеличивается как внутреннее сопротивление гальванического элемента, так и сопротивление цепи, через которую этот ток замыкается, т.е. сопротивление тканей полости рта.

Тантал является биоинертным материалом, разрешен Министерством здравоохранения для применения в медицинской практике, имеет высокую температуру плавления и ряд других положительных свойств [9].

**Цель исследования** – оценить эффективность использования технологии изоляции ортопедических конструкций сверхтонкими пленками оксида тантала при лечении пациентов с непереносимостью стоматологических конструктивных материалов.

### Материалы и методы

Исследования, связанные с технологией нанесения изолирующего покрытия оксида тантала ( $Ta_2O_5$ ) на съемные акриловые пластинчатые и несъемные металлические зубные протезы, выполнены на кафедре электронных приборов устройств Санкт-Петербургского электротехнического университета.

Технология осуществлена с помощью метода магнетронного реактивного распыления. Работа выполнена на установке «УВН-2М», специально модернизированной для решения поставленной задачи.

Напыление проводилось на зубные протезы из стоматологических сплавов металлов и акриловых пластмасс. Образцы помещались на показывающийся в горизонтальной плоскости подложкодержатель (угол поворота относительно центра мишени  $\pm 40^\circ$ ), расположенный внутри вакуумной камеры установки. Система перемещения образцов относительно источника позволяет получить более равномерную и сплошную пленку на поверхности сложной формы. Предварительная откачка осуществляется до давления не менее  $1 \times 10^{-4}$  Па. Ионная очистка проводится в течение 10–15 минут. Рабочая температура изделий из сплавов металлов достигает 400–450°C. Температура разогрева акриловой подложки не превышает 90°C. После чего в камеру подается плазмообразующий газ – аргон до достижения давления  $1 \times 10^{-2}$  Па и зажигается магнетронный разряд. По достижении режима стабильной работы магнетрона на аргоне в камеру подается кислород (соотношение  $Ar/O$  составляет 3:1). Напыление проводится в течение 20 минут при величине тока разряда 0,6–0,7 А и напряжении 500–600 В. В процессе напыления давление смеси рабочих газов поддерживается в пределах  $\pm 5\%$  от первоначального значения. По окончании процесса напыления протезы остывают в вакууме до комнатной температуры.

В ходе исследования осуществлено покрытие 94 съемных и несъемных ортопедических конструкций у 47 пациентов с непереносимостью стоматологических конструктивных материалов и 368 образцов для лабораторно-экспериментальных исследований (табл. 1).

После нанесения покрытия пациентам проводились контрольные осмотры. Оценивались жалобы пациентов, объективная картина состояния полости рта, а также наличие нанесенного на ортопедические конструкции покрытия.

Использован комплекс основных и дополнительных методов исследования, включающих клинические, эпикутанные аллергологические тесты и внутриротовые эпимукозные аллергологические тесты со стоматологическими конструктивными материалами.

Проведена оценка содержания остаточного мономера в образцах акриловых пластмасс с помощью бромидброматного метода. Оценка качества и сплошности покрытия проведена

с помощью тонких острых зондов, подключенных к омметру. Осуществлены стендовые испытания изолирующих свойств  $Ta_2O_5$  на модели ротовой жидкости

Полученные в процессе исследования медико-биологические данные обрабатывались на ЭВМ типа IBM-PC с помощью программной системы STATISTICA for Windows (версия 5.5).

Таблица 1

**Распределение больных с непереносимостью стоматологических конструкционных материалов, участвующих в клинической апробации метода**

Пациенты с непереносимостью стоматологических конструкционных материалов	Количество больных	Возраст	Количество протезов
Пациенты с непереносимостью сплавов металлов	22	46,2±2,9	61
Пациенты с непереносимостью акриловых пластмасс	25	52,8±3,1	33
<b>Всего</b>	<b>47</b>	<b>48,4±2,2</b>	<b>94</b>

### Результаты и их обсуждение

Оценка содержания остаточного мономера в образцах акриловых пластмасс проводилось с определением бромного числа образцов, изготовленных из основных акриловых пластмасс, используемых в стоматологической практике: пластмасса «Бесцветная», «Фторакс», «Этакрил», «Протакрил», «Редонт», «Синма» (табл. 2).

У быстротвердеющих пластмасс, изолированных  $Ta_2O_5$ , показатель бромного числа выше по сравнению с пластмассами горячего отверждения. Достоверных различий между изолированными  $Ta_2O_5$  образцами, изготовленными с соблюдением режима полимеризации и нарушениями, не выявлено. Сравнительная оценка изолированных и открытых образцов свидетельствует о значительном снижении уровня

остаточного мономера в изделиях с нанесенным покрытием  $Ta_2O_5$  ( $p<0,001$ ).

Таким образом, при изоляции поверхности акриловых пластмасс пленками  $Ta_2O_5$  происходит значительное снижение выделенного остаточного мономера из готового изделия по сравнению с неизолрованными акрилатами. Поскольку бромное число изолированных образцов, изготовленных различными способами, практически не изменяется, можно говорить о достаточно надежном покрытии, позволяющем в значительной степени снизить поступление остаточного мономера и других продуктов гидролиза акриловых пластмасс в полость рта.

Результаты исследования элиминации компонентов акриловых пластмасс *in vitro* представлены в таблице 3.

Таблица 2

**Бромное число остаточного мономера акриловых пластмасс, покрытых и непокрытых  $Ta_2O_5$ , в зависимости от режима полимеризации ( $M \pm m$ )**

Вид пластмассы	Бромное число открытых образцов, %		Бромное число образцов, изолированных $Ta_2O_5$ , %	
	Нормальный режим полимеризации	Нарушен режим полимеризации	Нормальный режим полимеризации	Нарушен режим полимеризации
«Фторакс» (n = 28)	2,8±0,12	2,9±0,11	1,6±0,15*	1,63±0,05#
«Этакрил» (n = 28)	3,95±0,15	4,3±0,38	2,0±0,1*	1,95±0,15#
«Бесцветная» пластмасса (n = 28)	3,25±0,35	3,45±0,15	1,45±0,05*	1,5±0,1*
«Синма» (n = 28)	4,65±0,25	5,2±0,2	2,95±0,05*	3,0±0,1#
«Редонт» (n = 28)	6,8±0,1	7,35±0,35	4,6±0,1*	4,65±0,15#
«Протакрил» (n = 28)	5,25±0,45	5,4±0,2	3,5±0,1*	3,5±0,2#

\* – различия статистически достоверны между показателями бромного числа «открытых» и изолированных  $Ta_2O_5$  образцов, изготовленных с соблюдением режима полимеризации ( $p<0,001$ ); # – различия статистически достоверны между показателями бромного числа «открытых» и изолированных  $Ta_2O_5$  образцов, изготовленных с нарушением режима полимеризации ( $p<0,001$ ).

Таблица 3

**Оценка высоты стояния пиков спектрограмм при фотометрировании растворов экстрактов акриловых пластмасс ( $M \pm m$ )**

Акриловая пластмасса	Без покрытия $Ta_2O_5$	С покрытием $Ta_2O_5$
«Фторакс» (n = 20)	$0,86 \pm 0,02$	$0,65 \pm 0,01^{**}$
«Этакрил» (n = 20)	$0,88 \pm 0,05$	$0,56 \pm 0,01^{**}$
«Бесцветная» пластмасса (n = 20)	$0,94 \pm 0,05$	$0,81 \pm 0,02^*$

\* – различия статистически достоверны между показателями образцов акриловых пластмасс без покрытия  $Ta_2O_5$  и образцов акриловых пластмасс с покрытием  $Ta_2O_5$  ( $p < 0,05$ ); \*\* – различия статистически достоверны между показателями образцов акриловых пластмасс без покрытия  $Ta_2O_5$  и образцов акриловых пластмасс с покрытием  $Ta_2O_5$  ( $p < 0,001$ ).

Полученные результаты свидетельствуют об уменьшении экстракции различных веществ в слабокислой среде из образцов акриловых пластмасс, однако некоторое выделение с поверхности возможно как у акрилатов с покрытием  $Ta_2O_5$ , так и при его отсутствии. Поскольку лабораторными специальными методами исследования подтверждена равномерность и сплошность полученного покрытия  $Ta_2O_5$ , изменение оптической плотности в случае использования изолированных образцов происходит вследствие выделения веществ с поверхности подложек. Однако резкое уменьшение разброса высоты пиков между изолированными  $Ta_2O_5$  образцами одного вида акриловой пластмассы по сравнению с непокрытыми свидетельствует о том, что нанесенные танталовые пленки способны изолировать пластмассу и ограничить элиминацию токсических ингредиентов акриловых пластмасс во внешнюю среду.

Результаты стендовых испытаний покрытия  $Ta_2O_5$ , нанесенного на металлические зубные протезы, представлены в таблице 4.

Наблюдается статистически достоверное увеличение внутреннего сопротивления гальванических элементов с электродами, покрытыми изолирующим слоем  $Ta_2O_5$ , по сравнению с незащищенными ( $p < 0,001$ ), что соответствует

снижению значений гальванических токов, протекающих в системе.

Таким образом, применение защитных пленок позволяет свести к минимуму опасность возникновения гальванизма. Остаточная проводимость связана с несовершенством структуры (пористостью) получаемых пленок  $Ta_2O_5$  и уменьшается с ростом их толщины.

Экспресс-анализ покрытия  $Ta_2O_5$  на металлические зубные протезы является эффективным методом оценки его качества и сплошности в отдаленные сроки и осуществляется непосредственно в полости рта больного после высушивания протезов. После нанесения покрытия на 61 протез дефекты обнаружены в восьми случаях, то есть в 13,12% случаев. Дефекты обнаружены в области шеек и в области окклюзионной поверхности коронок. После повторного нанесения  $Ta_2O_5$  дефектов покрытия не обнаружено. Причиной дефектов покрытия является сложная пространственная конфигурация объектов нанесения покрытия, особенно в области шеек коронок, острая торцевая часть которых может подвергаться напылению недостаточно эффективно.

В нашем исследовании, спустя 2 года после наложения протезов, покрытых  $Ta_2O_5$ , ни у одного из 47 пациентов дефектов покрытия не обнаружено.

Таблица 4

**Изменение сопротивления ( $R_{ом}$ ) в парах сплавов металлов ( $M \pm m$ )**

Образцы сплавов металлов	Сплав «Вирон» (n = 8)	Кобальтохромовый сплав (n = 8)
Кобальтохромовый сплав (n = 8)	$90,9 \pm 9,6$	–
Кобальтохромовый сплав с покрытием $Ta_2O_5$ (n = 8)	$976,6 \pm 20,3^*$	–
Сталь с покрытием нитрида титана (n = 8)	$19,4 \pm 2,5$	$77,1 \pm 8,2$
Сталь с покрытием нитрида титана и $Ta_2O_5$ (n = 8)	$133,3 \pm 10,8^\#$	$835,3 \pm 24,8^\#$

\* – различия статистически достоверны между результатами измерения сопротивления в парах: кобальтохромовый сплав – сплав «Вирон» и кобальтохромовый сплав с покрытием  $Ta_2O_5$  – сплав «Вирон»; сталь с покрытием нитрида титана – сплав «Вирон» и сталь с покрытием нитрида титана и  $Ta_2O_5$  – сплав «Вирон»; сталь с покрытием нитрида титана – кобальтохромовый сплав и сталь с покрытием нитрида титана и  $Ta_2O_5$  – кобальтохромовый сплав ( $p < 0,001$ ).

Всем пациентам с непереносимостью стоматологических конструкционных материалов, в первую очередь, было рекомендовано удалить протезные конструкции из полости рта, что в 98% случаев у пациентов с коронками и мостовидными протезами сопровождалось их разрушением. На втором этапе осуществлялся подбор стоматологического материала для протезирования с помощью известных и предложенных нами устройств и методов диагностики. Эпикутанные аллергологические и внутриротовые эпимукозные аллергологические тесты с образцами пластмасс и сплавов металлов, покрытых  $Ta_2O_5$ , были отрицательные. Больным с непереносимостью стоматологических конструкционных материалов в обязательном порядке было рекомендовано лечение сопутствующей патологии тканей и органов полости рта, организма в целом. Далее проводилось ортопедическое

лечение больных с учетом индивидуальной переносимости стоматологических материалов и строгим соблюдением методов лечения, технологий изготовления протезов.

После нанесения покрытия  $Ta_2O_5$  все пациенты отмечали исчезновение симптомов непереносимости стоматологических конструкционных материалов, что подтверждалось результатами клинического обследования в момент наложения протезов, в сроки 1, 6 и 12 месяцев, 3 года, 6 лет после начала ношения съемных/несъемных протезов. На контрольном осмотре в указанные сроки визуально отмечалась утрата покрытия на окклюзионных поверхностях, на остальных участках протезов нарушений изолирующего слоя не отмечено.

Результаты объективной оценки гальванической ситуации в полости рта 22 пациентов представлены в таблице 5.

Таблица 5

#### Изменение импеданса после нанесения на протезы $Ta_2O_5$ (М±m)

Сочетание сплавов металлов	Импеданс системы до снятия протезов (у.е.)	Импеданс системы после нанесения покрытия $Ta_2O_5$ (у.е.)
Сталь + сталь (n = 11)	22,6±2,4	203,4±11,4*
Сталь + сталь с нитридом титана (n = 12)	23,6±2,0	224,7±20,4*
Сталь с нитридом титана + сталь с нитридом титана (n = 8)	25,4±2,1	234,5±17,7*
Кобальтохромовый сплав + кобальтохромовый сплав (n = 8)	38,3±2,5	323,5±23,5*
Кобальтохромовый сплав + сталь с нитридом титана (n = 7)	29,5±6,5	344,4±12,9*
Золотой сплав 900 пробы + сталь с нитридом титана (n = 2)	32,5	270,5
Золотой сплав 900 пробы + золотой сплав 900 пробы (n = 1)	41	356
Сплав «Вирон» + сталь с нитридом титана (n = 8)	24,8±1,9	168,8±18,2*
Серебряно-палладиевый сплав + сталь (n = 2)	41,5	296
Кобальтохромовый сплав + золотой сплав 900 пробы (n = 2)	33,5	337,5

\* – различия статистически достоверны между показателями импеданса системы, зарегистрированными до и после снятия протезов ( $p < 0,001$ ).

У всех пациентов после фиксации протезов с пленкой  $Ta_2O_5$  регистрируется статистически достоверное увеличение импеданса системы в полости рта по сравнению с результатами до снятия протезов ( $p < 0,001$ ).

Таким образом, при использовании покрытия  $Ta_2O_5$  отмечается положительный клинический результат, что может свидетельствовать о снижении негативного влияния пластмассовых и металлических конструкций на ткани, органы полости рта и организм в целом.

#### Заключение

При использовании разработанной технологии наносимое на пластмассу покрытие обладает толщиной 0,4 мкм, сплошностью по всей поверхности, не изменяет конфигурацию сложных подложек. Наличие в изделии металлических включений (кламмеров) не изменяет технологию нанесения пленок  $Ta_2O_5$ .

Покрытие  $Ta_2O_5$  способно изолировать пластмассу и ограничить элиминацию остаточного мономера и других токсических ингредиентов



акрилатов во внешнюю среду. При использовании изолирующего покрытия  $Ta_2O_5$ , нанесенного на образцы пластмасс, показатель бромного числа достоверно снижается.

Разработанная технология нанесения изолирующего покрытия  $Ta_2O_5$  на металлические зубные протезы обеспечивает возрастание внутреннего сопротивления системы в 6–10 раз, что значительно снижает вероятность развития гальванического синдрома в полости рта.

Диэлектрическое покрытие  $Ta_2O_5$ , нанесенное на сплавы металлов, имеет толщину 0,62 мкм, прочно соединяется с металлической подложкой, обладает высокой механической устойчивостью, сплошностью и является эффективным методом профилактики гальванизма.

### Литература

1. Бобров, А.П. Разработка технологии для оптимизации свойств стоматологических материалов : автореф. дис. ... д-ра мед. наук: 14.00.21 / А.П. Бобров. – СПб гос. мед. ун-т им. акад. И.П. Павлова. – СПб, 2001. – 37 с.
2. Жолудев, С.Е. Клиника, диагностика, лечение и профилактика явлений непереносимости акриловых зубных протезов : автореф. дис. ... д-ра мед. наук: 14.00.21 / С. Е. Жолудев. – Урал. гос. мед. акад. – Екатеринбург, 1998. – 41 с.
3. Beck, M.H. Allergic contact dermatitis to epoxy resin in ostomy bags / M.H. Beck [et al.] // Br. J. Surg. – 1985. – Vol. 72. – № 3. – P. 202–203.
4. Mayer, L. Oral tolerance new approaches, new problems / L. Mayer // Clin. Immunol. – 2000. – Vol. 94. – P. 1–8.
5. Гожая, Л.Д. Аллергические и токсико-химические стоматиты, обусловленные материалами зубных протезов : метод. пособие для врачей-стоматологов / Л.Д. Гожая. – М., 2000. – 31 с.
6. Сысоев, Н.П. Результаты санитарно-химических исследований базисных материалов зубных протезов, покрытых компонентами эфиромасличных растений / Н.П. Сысоев, С.Я. Ланина // Стоматология. – 1990. – № 4. – С. 59–61.
7. Жолудев, С.Е. Применение металлизированных базисов съемных пластиночных протезов при явлениях непереносимости акрилатов : автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.00.21 / С.Е. Жолудев. – Урал. гос. мед. акад. – М., 1990. – 18 с.
8. Заблоцкий, Я.В. Повышение биологической индифферентности съемных зубных протезов из акриловых пластмасс : автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.00.21 / Я.В. Заблоцкий. – Львов. гос. мед. ин-т. – Львов, 1990. – 15 с.
9. Кудлачев, А. Ионно-плазменные технологии в медицинской практике / А. Кудлачев // Электротехнологии XXI века. Современные проблемы и достижения в области электротехнологий в XXI веке: Мат. междунар. науч.-техн. конф. – СПб, 2001. – С. 24–25.

---

Е.С. Михайлова

Тел.: 8-921-940-60-88

e-mail: catpara72@mail.ru