

Физико-механические характеристики эластичных материалов для съёмных зубных протезов

Б.Н. КОРЕХОВ, д.м.н., проф. А.Н. РЯХОВСКИЙ¹, И.Я. ПОЮРОВСКАЯ, Т.Ф. СУТУГИНА

Physical-mechanical characteristics of elastic materials for removable prosthetics

B.N. KOREKHOV, A.N. RYAKHOVSKY, I.YA. POYUROVSKAYA, T.F. SUTUGINA

Центральный научно-исследовательский институт стоматологии и челюстно-лицевой хирургии, Москва

Ключевые слова: съёмные протезы, эластичные материалы, физико-механические характеристики.

Key words: removable prosthetics, elastic materials, physical-mechanical characteristics.

Применение двухслойного базиса в съёмных зубных протезах способствует ускорению адаптации к протезу, сохранению слизистой оболочки рта, профилактике заболеваний желудочно-кишечного тракта и др. [2—4]. Показаниями к применению эластичных подкладочных материалов являются резкая атрофия альвеолярного гребня, наличие турса и экзостозов, аллергическая реакция на твердые акриловые базисные материалы, атрофированная слизистая оболочка рта, ксеростомия, бруксизм [1, 5].

Эластичные материалы не сохраняют свои свойства столь же долго, как твердые базисные пластмассы. В процессе использования съёмного протеза подкладки меняют несколько раз. Это обусловлено их повышенными водорастворимостью и водопоглощением, которые снижают прочностные свойства эластичных материалов. Вода, проникая в материал, вымывает низкомолекулярные вещества, изменяя структуру и свойства материала. При абсорбции ротовой жидкости некоторые вещества и микроорганизмы попадают в подкладочный материал. В результате нередко изменяется цвет материала, нарушается гигиена рта, что способствует уменьшению срока эксплуатации подкладки [6, 7]. Таким образом, деформационные и прочностные характеристики эластичного материала и их изменение под действием воды во многом определяют долговечность протеза с эластичной подкладкой.

Целью настоящей работы явилась сравнительная оценка с помощью лабораторных методов исследования материалов для эластичных подкладок по показателям водопоглощения, деформации при сжатии, прочности при растяжении, относительном удлинении, а также прочности соединения с пластмассовым базисом.

Материал и методы

Исследованные в работе материалы представлены в таблице.

Все образцы из перечисленных эластичных материалов готовили в соответствии с инструкциями изготовителя.

Метод определения водопоглощения заключается в определении массы воды, поглощенной образцом в результате экспозиции в воде при температуре 37° С в течение установленного времени. Для испытания изготавливали образцы (5 штук) в виде дисков диаметром 20 мм и толщиной 2 мм. Образцы взвешивали с точностью до 0,0002 г, помещали в дистиллированную воду и термостат при 37±1° С на установленные сроки: 1, 7 сут, 1, 3 и 6 мес. После каждого срока образцы вынимали из воды, обсушивали фильтровальной бумагой и не более чем через 1 мин взвешивали на электронных весах KERN/770 (Германия).

Массовую долю воды X (в %), поглощенную образцом, вычисляли по формуле:

$$X = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \cdot 100,$$

где m_1 — масса образца перед погружением в воду (в г); m_2 — масса образца после извлечения из воды (в г).

За результат испытаний принимали среднее арифметическое испытаний 5 образцов.

Для определения упругопрочностных свойств образцы для испытаний (в виде двусторонней лопатки (рис. 1), вырубали из пластин толщиной 2 мм специальным ножом. Затем их помещали в дистиллированную воду и выдерживали в термостате при 37±1° С в течение 24 ч, 7 сут, 1, 3, 6 мес.

Испытания проводили на универсальной испытательной машине Zwick/Roell (Германия) с программным обеспечением. Скорость движения траверсы — 500 мм/мин. Образцы лопаток закрепляли в захватах машины так, чтобы продольная ось образца совпадала с направлением действия силы. На рабочей части образца устанавливали щупы экстензометра на расстоянии 10 мм для замера относительного удлинения.

Результат испытания получали в виде протокола, в котором представлены выдаваемые прикладной программой расчетные данные, включающие в себя условную

Эластичные материалы для двуслойных базисов съемных протезов

Материал, химическая основа	Фирма-изготовитель, страна	Форма выпуска	Способ отверждения
Soft Liner (акриловый)	«GC Corporation», Япония	Порошок, жидкость	Холодная полимеризация
Dura Base-soft (акриловый)	«Reliance Dental Manufacturing CO», США	Порошок, жидкость	Холодная полимеризация
ГосСил (силиконовый)	«МедСил», Россия	Эластичные пластины	Горячая полимеризация
Silagum-Automix Comfort (силиконовый)	«DMG», Германия	Картриджи, для автосмешивания	Холодная полимеризация

прочность при растяжении δ_p (в МПа) и относительное удлинение при разрыве E (в %).

Основные свойства подкладочного материала — его эластичность и мягкость, т.е. способность деформироваться при сравнительно невысоких нагрузках, возникающих при жевании, и сохранять эластичные свойства на протяжении всего времени использования протеза. Влияние действия воды на динамику эластичности подкладочных материалов изучали методом деформации образцов при сжатии. Метод заключался в измерении величины деформации при сжатии образца подкладочного материала нагрузкой в 1250 г в течение 60 с.

Образцы для испытаний изготавливали в виде цилиндров высотой 20 мм и диаметром 12,5 мм в количестве 5 штук. Начальные измерения производили через 24 ч после изготовления образцов и их выдержки при комнатной температуре на воздухе. Затем образцы помещали в дистиллированную воду в термостат при $37 \pm 1^\circ \text{C}$, и дальнейшие испытания проводили через 24 ч, 7 сут, 1, 3, 6 мес пребывания в воде. Исследование проводили на приборе Hoppler consistometer. Образец устанавливали на столик прибора и с помощью нагружающего стержня и индикатора фиксировали начальное положение h_0 . Затем нагружали образец в течение 60 с массой 1250 г и снимали показания h_1 с точностью до 0,01 мм.

Деформацию при сжатии D (в %) вычисляли по формуле для каждого образца:

$$D = \frac{h_1 - h_0}{H} \cdot 100,$$

где h_0 — показания индикатора до нагрузки (в мм); h_1 — показания индикатора после нагрузки (в мм), H — начальная высота образца, $\text{const} = 20$ мм.

За результат принимали среднее арифметическое 5 испытаний.

Необходимое условие для функционирования подкладки — ее прочное соединение с материалом базиса протеза. Прочность адгезионного соединения подкладки с базисным материалом определяли методом отслаивания при растяжении под углом 180° [2]. Для этого готовили подложки из базисного материала Фторакс (АО «Стома», Украина) в виде пластин размерами $100 \times 20 \times 2$ мм, поверхность обрабатывали фрезой для придания шероховатости, затем обезжировали спиртом. На подготовленную поверхность наносили адгезив, если он входил в состав комплекта эластичного материала и рекомендован изготовителем. Затем подложки покрывали тонким слоем подкладочного материала, поверх которого укладывали армирующую сетку таким образом, чтобы свободный конец ее был немного длиннее подложки, сверху также наносили слой подкладочного материала (рис. 2). Из материала ГосСил готовили образцы такого же вида, но накладывали неотвержденную массу ГосСил на «сырой» слой

акрилового материала в гипсовой форме с последующей совместной полимеризацией акрилата и эластичного материала на водяной бане. После изготовления образцы погружали в воду на 24 ч, 7 сут, 1, 3, 6 мес и выдерживали при температуре $37 \pm 1^\circ \text{C}$. Изготавливали по 5 образцов на каждый срок.

Испытания проводили на разрывной машине Instron при скорости движения траверсы 125 мм/мин. В верхний зажим фиксировали пластмассовую подложку, для этого предварительно отслаивали участок эластичной пластмассы длиной 20–25 мм. Нижним зажимом закрепляли капроновую сетку (рис. 3).

Показатель прочности соединения подкладки с базисным материалом P (в Н/м) вычисляли по формуле:

$$P = \frac{R}{b},$$

где R — нагрузка (в Н); b — ширина образца (в м).

За результат принимали среднее арифметическое испытаний 5 образцов.

Результаты и обсуждение

Результаты определения водопоглощения материалов представлены на рис. 4. Как видно из рис. 4, водопоглощение силиконового материала ГосСил к 1-й неделе увеличилось до $0,97 \pm 0,35\%$ ($p < 0,05$), далее на протяжении последующих 3 мес материал вел себя стабильно ($p > 0,05$),

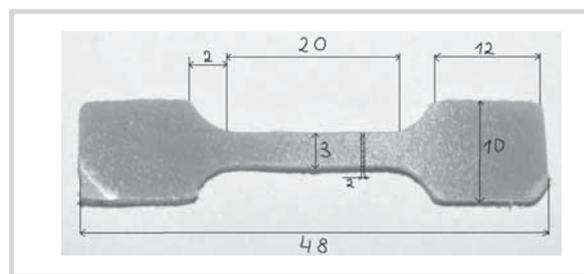


Рис. 1. Образец для испытания (размеры — в мм).



Рис. 2. Вид образца для испытаний.

и к 6-му месяцу исследования водопоглощение материала снизилось до $0,37 \pm 0,05\%$ ($p < 0,05$).

Силиконовый материал Silagum Soft Comfort показал наименьшие значения водопоглощения по сравнению с остальными материалами.

При исследовании водопоглощения материала Dura Base на протяжении всего периода испытаний преобладали процессы сорбции воды ($p < 0,05$). При этом в течение 1 мес этот показатель вырос на $0,41 \pm 0,05\%$ от начального, к 3-му месяцу — почти в 3 раза — $1,12 \pm 0,04\%$, а к 6-му — в 5 раз ($1,9 \pm 0,06\%$).

На всем протяжении испытания материала Soft Liner преобладали процессы водорастворимости. Так, через 24 ч пребывания образцов в воде водорастворимость составила $2,21 \pm 0,23\%$, к 1-му месяцу масса образцов уменьшилась по сравнению с начальной почти на 3%. К 3-му месяцу этот показатель составил $2,26 \pm 0,67\%$, что примерно сопоставимо с суточными показателями. Это, вероятно,

связано с тем, что процесс водопоглощения начал преобладать над процессом растворимости. К 6-му месяцу потеря массы образцами изменялась в диапазоне от $-3,44$ до $-0,05\%$ (рис. 5). Следует отметить большой разброс показателей, характеризующих изменения массы 5 образцов Soft Liner. Такой результат испытания на водостойкость свидетельствует о неоднородности структуры этого материала, что связано с его химической природой и способом отверждения. При осмотре образцов было обнаружено, что по сравнению с первоначальным видом (рис. 6) они через 6 мес имели разрушения по краю в виде зазубрин, рыхлую консистенцию (рис. 7), т.е. наблюдалась дезинтеграция образца на макроуровне.

Данные о прочности и относительном удлинении при растяжении представлены на рис. 8 и рис. 9.

Как видно из рис. 8 и 9, наибольшей прочностью и относительным удлинением при растяжении обладает силиконовый материал ГосСил. Однако после выдержки образцов в воде при 37°C прочность материала снижается, через 6 мес его прочность при растяжении уменьшилась на 50% от таковой через 1 сут ($p < 0,05$).

Эластичность ГосСил изменяется меньше, чем прочность, о чем свидетельствует зависимость изменения относительного удлинения от времени выдержки образцов в

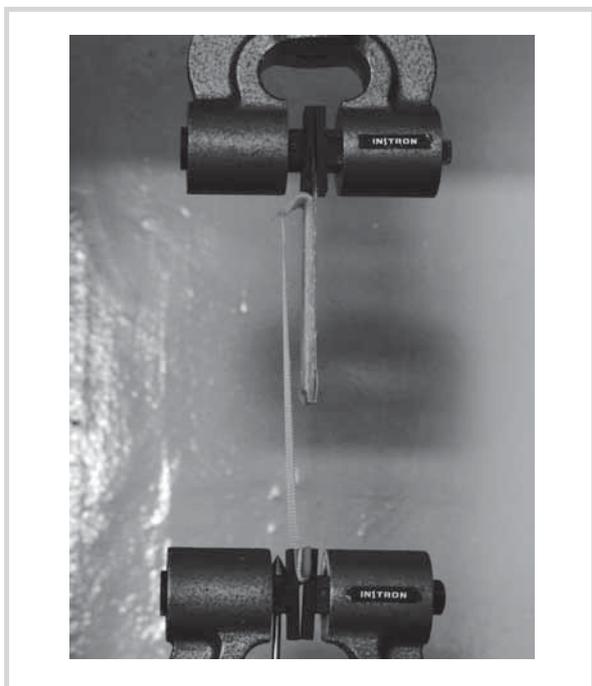


Рис. 3. Материал перед испытанием в разрывной машине Instron.

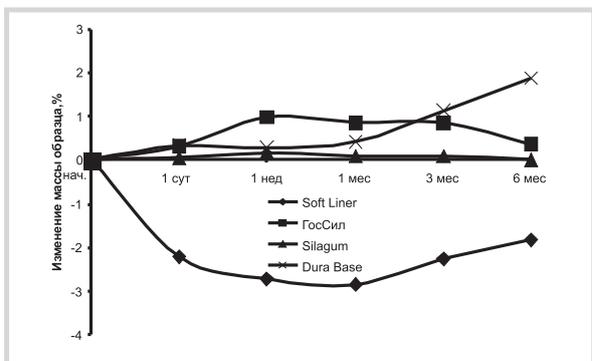


Рис. 4. Зависимость показателей водопоглощения эластичных подкладочных материалов от времени пребывания в воде

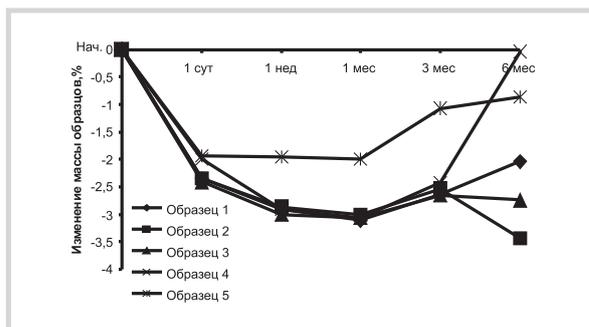


Рис. 5. Зависимость показателей водопоглощения 5 образцов материала Soft Liner от времени пребывания в воде



Рис. 6. Вид образца после изготовления

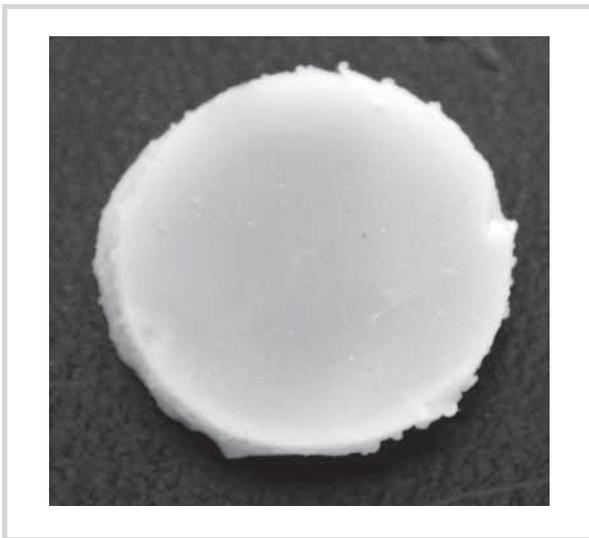


Рис. 7. Вид образца через 6 мес экспозиции в воде.

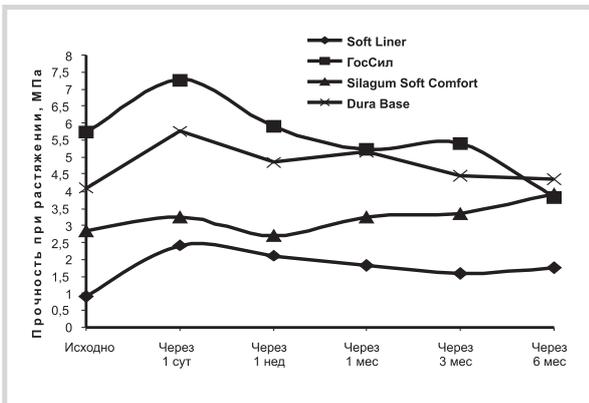


Рис. 8. Зависимость показателей прочности при растяжении подкладочных материалов от времени пребывания в воде.

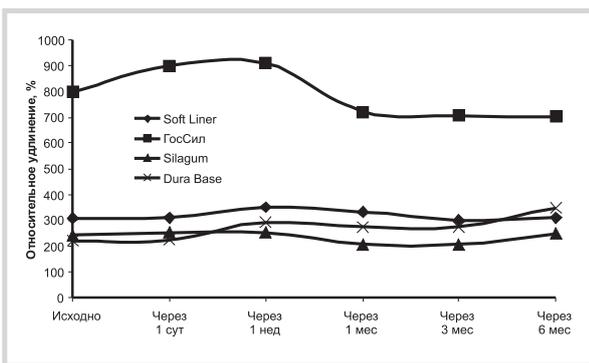


Рис. 9. Зависимость показателей относительного удлинения при растяжении подкладочных материалов от времени пребывания в воде.

воде (см. рис. 9), хотя и этот показатель снижается после 1 мес экспозиции в воде.

Самые низкие начальные прочностные характеристики наблюдались у материала Soft Liner. Через 3 мес пока-

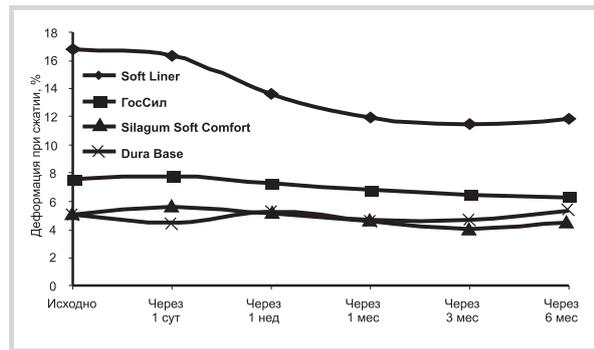


Рис. 10. Зависимость показателей деформации подкладочных материалов при сжатии от времени пребывания в воде.

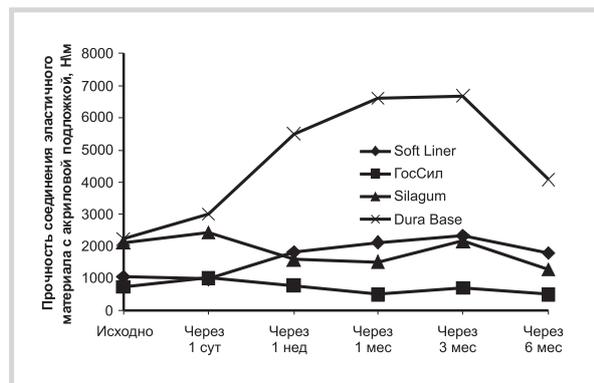


Рис. 11. Зависимость показателей прочности соединения подкладочных материалов с акриловой подложкой от времени пребывания в воде.

затель прочности этого материала снизился примерно на 35% и практически не изменялся до конца исследования. Эластичность при деформации растяжения существенно не изменялась (см. рис. 9). Прочностные характеристики силиконового материала Silagum Soft comfort и акрилового материала Dura Base на всем протяжении исследования существенно не изменялись ($p > 0,05$).

Данные о деформации эластичных материалов при сжатии представлены на рис. 10.

Как видно из рис. 10, наибольшую начальную эластичность имеет материал Soft Liner, через 1 нед эластичность материала падает и к полугоду составляет почти 30% ($p < 0,05$) от начальной. Силиконовые материалы ГосСил и Silagum Soft Comfort через 6 мес демонстрируют снижение эластичности при сжатии на 19% ($p < 0,05$). У материала Dura Base отмечается наименьшее падение эластичности (8%), которое стабилизируется уже к 1-му месяцу и практически не изменяется до конца испытания. Результаты испытания прочности соединения эластичных подкладочных материалов с акриловой подложкой представлены на рис. 11.

Наибольшей адгезионной прочностью соединения с акриловым базисным материалом обладает материал Dura Base, что, очевидно, связано с химическим родством этого материала с материалом подложки, причем по мере нахождения в воде данный показатель возрастал. У акрило-

вого материала Soft Liner, как и у предыдущего, по мере нахождения в воде увеличивалась прочность соединения с акриловой подложкой.

Силиконовые материалы ГосСил и Silagum Soft Comfort в соединении с твердой акриловой подложкой дают более низкие показатели адгезионной прочности при отслаивании, однако они несущественно изменяются под действием воды. Известно, что силиконовые материалы химически не соединяются с акриловым базисом, прочность прикреплению в основном зависит от адгезива, а также от механической обработки и обезжиривания базиса протеза.

Таким образом, оценка физико-механических свойств эластичных материалов показала, что установленные лабораторными испытаниями показатели свойств хорошо согласуются с рекомендациями производителей этих материалов, предназначенных для подкладок к съемным зубным протезам. Так, прогнозируемый срок сохранности подкладки из Soft Liner составляет 1–2 мес, и в лабораторных испытаниях было установлено заметное снижение его эластичности через 1 мес пребывания в воде. По-видимому, эластичная подкладка из Soft Liner через 1–2 мес станет более жесткой и твердой.

Материал отечественного производства ГосСил в испытаниях продемонстрировал высокие показатели прочности и эластичности. Сохранение высоких значений прочности и эластичности материала ГосСил после 5–6 мес пребывания образцов в воде при 37° С подтверждает показания к использованию этого материала для «постоянных» (долговременных) подкладок к базису съемного протеза. Это связано с составом и технологией горячей вулканизации ГосСил, что, с другой стороны, делает лабораторный этап изготовления двуслойного базиса с этим материалом весьма трудоемким.

Следует отметить, что модельные условия лабораторных испытаний отличаются от реальных в полости рта. Колебания температуры и уровня pH, циклические жевательные нагрузки, присутствие микроорганизмов и пищевых красителей — это то, что в реальных условиях пользования протезом с двуслойным базисом воздействует на эластичные подкладочные материалы. Однако результаты сравнительных лабораторных испытаний эластичных материалов позволяют заключить, что выбранные для них показатели физико-механических свойств могут служить основой прогнозирования клинического качества съемных протезов с двуслойным базисом.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Высоцкий В.Л.* Клинико-экспериментальное изучение силиконовой пластмассы для эластичных подкладок к базисам съемных протезов (клинико-экспериментальное исследование): Автореф. дис. ... канд. мед. наук. М 1975.
2. *Зимон А.Д.* Адгезия пленок и покрытий. М: Химия 1977; 70.
3. *Копейкин В.Н., Бушан М.Г., Лебеденко И.Ю., Хватова В.А.* Руководство по ортопедической стоматологии. М: Медицина 1993; 401–404.
4. *Лебеденко И.Ю., Клюев О.В., Хетагуров В.В., Есенова З.С.* Применение нового силиконового материала горячей полимеризации для эластичной подкладки при ортопедическом лечении больных с ксеростомией. Актуальные проблемы стоматологии. Сборник трудов под ред. проф. Лебеденко И.Ю. М 2002; 119.
5. *Пан Е.Г.* Клинико-экспериментальное обоснование применения эластичных пластмасс в пластиночных протезах при концевых дефектах зубных рядов на нижней челюсти: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. М 1993; 20.
6. *Jon E. Dahl, Mary J. Frango-Polyzois, Gregory L. Polyzois.* In vitro biocompatibility of denture relining materials. Gerodontology 2006; 23: 17–22.
7. *Mack P.J.* Denture soft lining materials: Clinical indication. Austr Dent J 1989; 34: 5: 454–457.

Список авторефератов докторских и кандидатских диссертаций, поступивших в ФГУ «ЦНИИС и ЧЛХ» в III квартале 2009 г. Начало на с. 18

Терапевтическая стоматология

Готлиб А.О. Лечение острого и обострившегося хронического верхушечного периодонтита с использованием «Ваготила» и лазерного излучения: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. Ставрополь 2009; 21 с.

Елизарова Е.М. Анализ состояния и интеллектуализация процесса лечения неосложненного кариеса на основе нейросетевого и статистического моделирования: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. Воронеж 2009; 16 с. (Шифр ЦМБ 03/3453).

Зуйков Ю.А. Сравнительная характеристика заживления тканей пародонта при использовании Er, Cr: YSGG лазера в комплексном лечении хронического генерализованного пародонтита (экспериментальное исследование): Автореф. дис. ... канд. мед. наук. М 2009; 24 с.

Ипполитов Е.В. Обоснование применения фторхинолонов IV поколения при лечении больных пародонтитом: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. М 2009; 26 с.

Крылова В.Ю. Оценка состояния полости рта у больных бронхиальной астмой: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. Ст-Петербург 2009; 18 с. (Шифр ЦМБ 03/2752).

Кутушева Р.Р. Оптимизация комплексного лечения гингивита у женщин с гестозом: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. М 2009; 22 с.

Мурашов М.А. Применение системы «CEREC-3D» для протезирования коронок передних зубов верхней челюсти после травмы: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. М 2009; 22 с.

Орехов Д.Ю. Клинико-биохимическое обоснование оказания стоматологической помощи пациентам, получающим гемодиализ: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. М 2009; 24 с.

Продолжение на с. 63