

DOI: 10.37988/1811-153X_2024_3_20

[С.К. Матело,](#)

к.м.н., доцент Института цифровой стоматологии

[С.В. Апресян,](#)

д.м.н., профессор кафедры ортопедической стоматологии

[А.Г. Степанов,](#)

д.м.н., профессор Института цифровой стоматологии

[А.В. Акулович,](#)

к.м.н., профессор Института цифровой стоматологии

РУДН, 117198, Москва, Россия

Экспериментальная оценка абразивного износа эталонного керамического образца при использовании разных зубных профилактических средств

Аннотация. В работе анализируется суть интерпретации результатов значений абразивного износа твердых тканей зубов, полученных при проведении исследований по разработанной методике, со значениями индекса относительного стирания дентина (RDA — Relative Dentin Abrasivity). С помощью запатентованной роторной машины были проведены сравнительные экспериментальные исследования по ускоренной чистке образцов керамики с помощью щеток разной жесткости и буферных составов с разным содержанием абразивных частиц и определенным временем истирания. Было доказано, что при повышении абразивности зубных паст увеличивается абразивный износ твердых тканей зубов.

Ключевые слова: абразивный износ, роторная машина для проведения испытаний на абразивный износ, абразивность стоматологических профилактических средств, индекса относительного стирания дентина.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Матело С.К., Апресян С.В., Степанов А.Г., Акулович А.В. Экспериментальная оценка абразивного износа эталонного керамического образца при использовании разных зубных профилактических средств. — *Клиническая стоматология*. — 2024; 27 (3): 20—26. DOI: 10.37988/1811-153X_2024_3_20

[S.K. Matelo,](#)

PhD in Medical Sciences, associate professor of the Institute of Digital Dentistry

[S.V. Apresyan,](#)

Doctor of Science in Medicine, full professor of the Prosthodontics Department

[A.G. Stepanov,](#)

Doctor of Science in Medicine, full professor of the Institute of Digital Dentistry

[A.V. Akulovich,](#)

PhD in Medical Sciences, professor of the Institute of Digital Dentistry

RUDN University, 117198, Moscow, Russia

Experimental assessment of abrasive wear of hard the reference ceramic sample when using various dental prophylactics

Annotation. The analyzes the essence of the interpretation of the results of the values of abrasive wear of hard dental tissues obtained during research using the developed technique with the values of the relative dentin abrasion index (RDA — Relative Dentin Abrasivity). Using a patented rotary machine, comparative studies were conducted on accelerated cleaning of ceramic samples using brushes of different hardness and buffer compositions with different content of abrasive particles and a certain abrasion time. It has been proven that with an increase in the abrasiveness of toothpastes, the abrasive wear of hard tooth tissues increases.

Key words: abrasive wear, rotary wear testing machine, abrasiveness of dental prophylactic agents, relative dentin abrasivity

FOR CITATION:

Matelo S.K., Apresyan S.V., Stepanov A.G., Akulovich A.V. Experimental assessment of abrasive wear of hard the reference ceramic sample when using various dental prophylactics. *Clinical Dentistry (Russia)*. 2024; 27 (3): 20—26 (In Russian). DOI: 10.37988/1811-153X_2024_3_20

ВВЕДЕНИЕ

Помимо кариеса, в мире неуклонно растет частота встречаемости некариозных повреждений зубов — с 8—20% во второй половине XX в. до 70% в наше время. Появление некариозных поражений зубов после

их прорезывания связано с воздействием на зубы физических, химических и биологических факторов [1].

Абразия (abrasion) возникает в результате трения, когда абразивный материал извне соприкасается с поверхностью зубов [2]. На сегодняшний день существует богатый арсенал зубных паст, которые используются

как лечебно-профилактические и гигиенические средства. Качество зубных профилактических средств определяется, помимо других показателей, их абразивной способностью — средней глубиной износа материала за определенное время [3]. В настоящее время технические условия регламентируют методику определения абразивной способности порошков методом профилометрии. Технические условия распространяются на абразивные порошки, предназначенные для применения в качестве абразивного материала в составе зубных паст для гигиенического ухода за полостью рта.

К факторам, приводящим к абразии зубов, относятся типы используемой зубной пасты и зубной щетки, а также методика чистки зубов [4]. Важное значение имеют зубная паста и ее состав, что было подтверждено исследованиями, в которых при чистке зубов без зубной пасты степень абразии зубов составляла менее 0,1 мкм [5, 6].

Но у большинства стоматологов распространено мнение о необходимости достаточной абразивности профилактических средств для индивидуальной и профессиональной гигиены [7, 8]. Зубные пасты с высокими значениями RDA (Relative Dentin Abrasivity) приводят к большим потерям дентина [9] после чистки зубов.

В последние десятилетия наиболее распространенным исследованием является измерение относительной абразивности дентина (RDA) по радиометрическому методу (Rt) и эквивалентному методу профилометрии (RDA-PE).

Цель исследования — экспериментальная оценка абразивного износа эталонного керамического образца при проведении исследований по разработанной методике со значениями индекса относительного стирания дентина RDA.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Для изучения абразивного износа эталонных материалов при применении профилактических зубных паст по разработанной нами методике мы использовали зубную пасту «R.O.C.S. Двойная мята» (Россия) с известным RDA=100. Из аналогичного сырья была изготовлена зубная паста с уменьшенной концентрацией абразивных частиц в 2 раза. Данной пасте был присвоен код № 84/2023. RDA указанных профилактических средств изучали в Школе стоматологии Университета Индианы Научно-исследовательского института гигиены полости рта (США).

Мы применили тест на абразивность по Хефферре-ну, рекомендованный ADA и ISO 11609 для определения абразивности зубных профилактических средств к дентину [10]. Предел RDA составлял 250.

При проведении эксперимента использовали 8 образцов дентина ранее удаленных зубов. Образцы были подвергнуты нейтронной бомбардировке, в результате которой в них образовался радиоактивный фосфор (^{32}P) в контролируемых условиях, описанных в ADA (Американская стоматологическая ассоциация).

Образцы были нанесены на метилметакрилат так, чтобы они помещались в машину для поперечной чистки зубов «V-8». Образцы обрабатывали щеткой в течение 1500 циклов, предварительно используя суспензию, состоящую из 10 г эталонного материала ADA в 50 мл 0,5%-ного раствора КМЦ в глицерине. Использовали щетки, указанные в стандарте ADA, с нагрузкой на образец в 150 г.

После выполнения предварительных условий был проведен тест с использованием вышеуказанных параметров (150 г и 1500 циклов). До и после чистки зубов тестируемым средством (25 г продукта на 40 мл воды) каждый зубной ряд чистили эталонным материалом ADA (10 г $\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7$ в 50 мл 0,5%-ной КМЦ). Процедуру повторяли еще несколько раз, чтобы каждый продукт был протестирован на каждом наборе зубов.

Расчеты проводили на пробах. Отбирали пробы объемом 1 мл, взвешивали каждую (~1 г) и добавляли к 5 мл сцинтилляционного коктейля «Ultima Gold». Пробы тщательно перемешивали и сразу помещали на жидкостный сцинтилляционный счетчик для определения радиации. После подсчета значения чистого количества вещества в минуту (CPM) делили на массу образца, чтобы рассчитать чистое количество в минуту на грамм суспензии, использованное до и после ADA. Материал для каждой тестируемой суспензии был рассчитан и усреднен для использования при расчете RDA (относительная стираемость дентина) для тестируемого материала. Стандартному материалу ADA было присвоено значение 100 и рассчитано его соотношение к тестируемому материалу.

Результаты испытаний представлены в табл. 1.

Таблица 1. Относительная стираемость дентина (RDA) профилактических зубных паст
Table. 1. Relative dentin abrasivity (RDA) of preventive toothpastes

Зубная паста	Медиана	Среднее
«R.O.C.S. Двойная мята»	101,55	97,87±4,55
Образец № 84/2023	52,42	51,96±1,73

Исследуемые образцы представляют собой блоки из полевошпатной керамики, залитые в шайбы из эпоксидной смолы диаметром 30 мм. В каждой второй шайбе с образцом было сделано отверстие для подачи абразивного материала. Поверхность образцов керамики перед каждым экспериментом полировали до шероховатости 0,2 мкм. Для соотнесения профилей поверхностей до и после испытаний на краях блоков в качестве меток были нанесены две царапины с каждой стороны и одна вдоль блока. Метки клеивали плотным слоем защитной пленки для сохранения профиля царапин и отсутствия их износа. Подготовка абразивной суспензии осуществлялась согласно ГОСТ 7983-99.

Проводили сравнительные испытания с применением абразивов различного происхождения (английского и индийского) и суспензий лабораторного образца

зубной пасты № 84/2023, а также зубной пасты «R.O.C.S. Двойная мята». Для приготовления суспензии к 25 г каждого образца зубной пасты добавляли 40 мл воды. Суммарно было проведено 5 серий испытаний, их условия приведены в табл. 2.

Таблица 2. Условия экспериментов

Table 2. Experimental conditions

Серия испытаний	Концентрация абразивной суспензии	Происхождение абразива, название
1	20 г на 50 мл растворителя	Англия, «АС 36»
2	20 г на 50 мл растворителя	Индия, «Absil 100»
3	10 г на 50 мл растворителя	Индия, «Absil 100»
4	25 г пасты на 40 мл воды	Образец пасты № 84/2023
5	25 г пасты на 40 мл воды	Россия, «R.O.C.S. Двойная мята» (партия 080617)

В каждой серии было исследовано по 6 образцов. Сканирование поверхности проводилось на оптическом 3D-профилометре «S Neox» (Sensofar, Испания) вдоль образца до и после испытаний. Поле сканирования — 1,4×1,7 мм. На каждом образце снимали 12 последовательных изображений для дальнейшего восстановления рельефа поверхности на характерной длине образца 15 мм.

Испытания проводили на разработанной роторной машине [11, 12]. На узел оправки с щетками устанавливали груз массой 800 г (130 г на каждый образец). Скорость вращения щеток — 3 об/с, скорость подачи суспензии — 224 мл/ч. Проведение испытаний на протяжении 2 часов имитировало год чистки зубов. После испытаний образцы промывали, снимали защитную пленку. Проводили сканирование поверхности образцов после износа.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В сериях, где образцы полевошпатной керамики подвергались абразивному износу суспензиями с порошками диоксида кремния различного производства и концентраций, проведены испытания длительностью 1, 2 и 4 часа. В сериях с суспензиями зубных паст с RDA 100 и 50 длительность испытаний составляла 2 часа, что соответствует году их применения как средства индивидуальной гигиены полости рта.

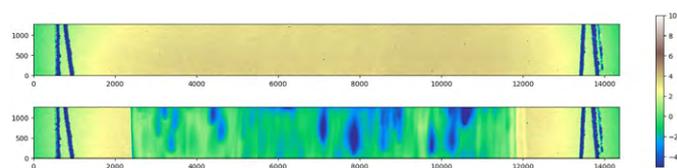


Рис. 1. Типичный рельеф поверхности образца до и после испытаний
Fig. 1. Typical surface relief of the sample before and after testing

Для каждого образца строили усредненный по ширине изображения профиль поверхности. Абразивная способность испытуемых суспензий определялась средней глубиной износа материала на базовой длине профиля, составляющей 5 мм. Выбор базовой длины был обусловлен величиной области износа вне защитной пленки и ее границ.

На рис. 1 представлен типичный рельеф поверхности образца до и после испытаний. Канавки по краям изображений — метки в виде царапин.

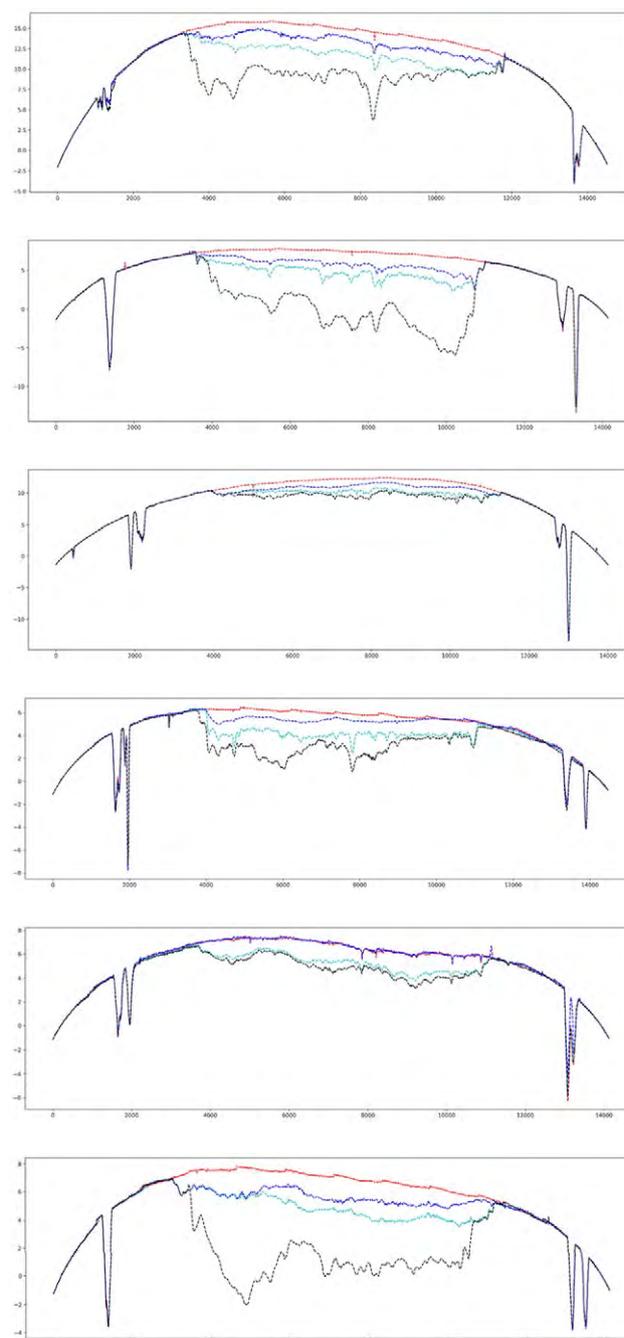


Рис. 2. Усредненные профили поверхности образцов до и после испытаний длительностью 1, 2 и 4 часа в серии № 1
Fig. 2. Averaged surface profiles of samples before and after tests lasting 1, 2 and 4 hours in Series No. 1

Сопоставленные профили поверхностей 6 керамических образцов до и после 1, 2 и 4 часов воздействия абразивной суспензии 20 г диоксида кремния «АС 36» (Англия) на 50 мл эталонного растворителя (серия № 1) представлены на рис. 2.

Сопоставленные профили поверхностей 6 керамических образцов до и после 1, 2 и 4 часов воздействия абразивной суспензии с 20 г диоксида кремния «Absil 100» (Индия) на 50 мл эталонного растворителя (серия № 2) представлены на рис. 3.

В серии испытаний индийского порошка с концентрацией абразива 20 г на 50 мл растворителя с длительностью 2 часа на 3 образцах отсутствовал износ, поэтому результат следующего испытания (дополнительные 2 часа испытаний) отмечается как 3 часа испытаний суммарно. Сопоставленные профили поверхностей 6 керамических образцов до и после 1, 2 и 4 часов воздействия абразивной суспензии с 10 г диоксида кремния «Absil 100» на 50 мл эталонного растворителя (серия № 3) представлены на рис. 4.

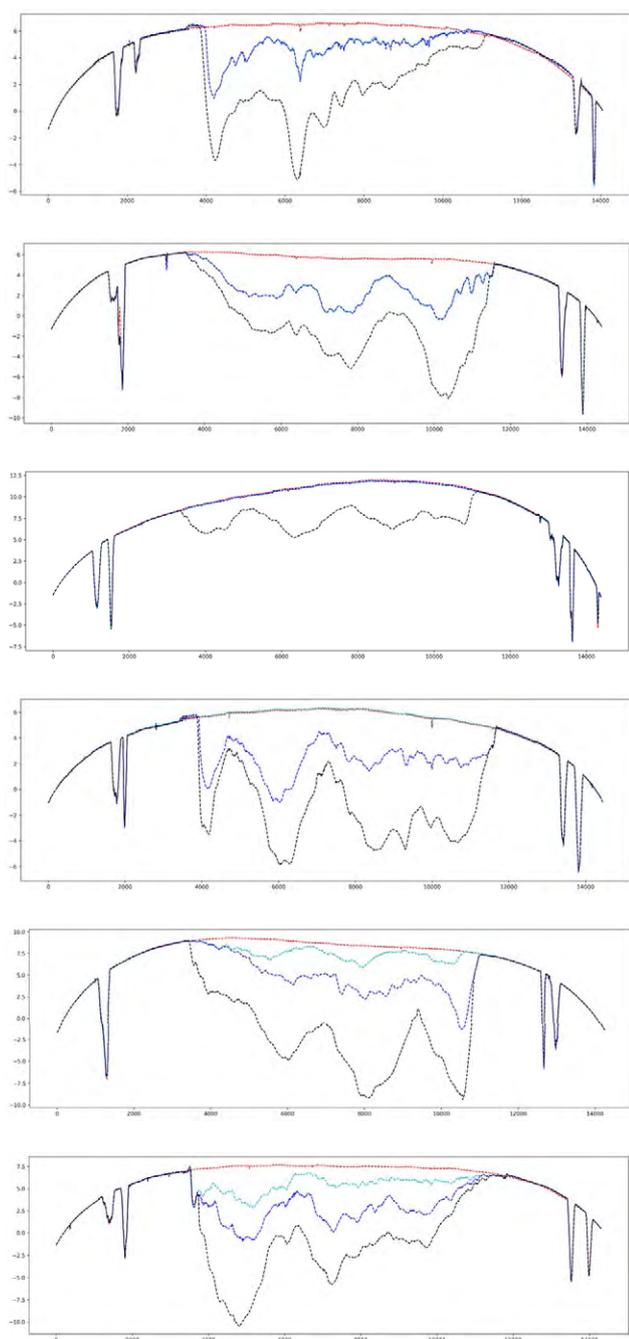


Рис. 3. Усредненные профили поверхности образцов до и после испытаний длительностью 1, 2 и 4 часа в серии № 2
Fig. 3. Averaged surface profiles of samples before and after tests lasting 1, 2 and 4 hours in Series No. 2

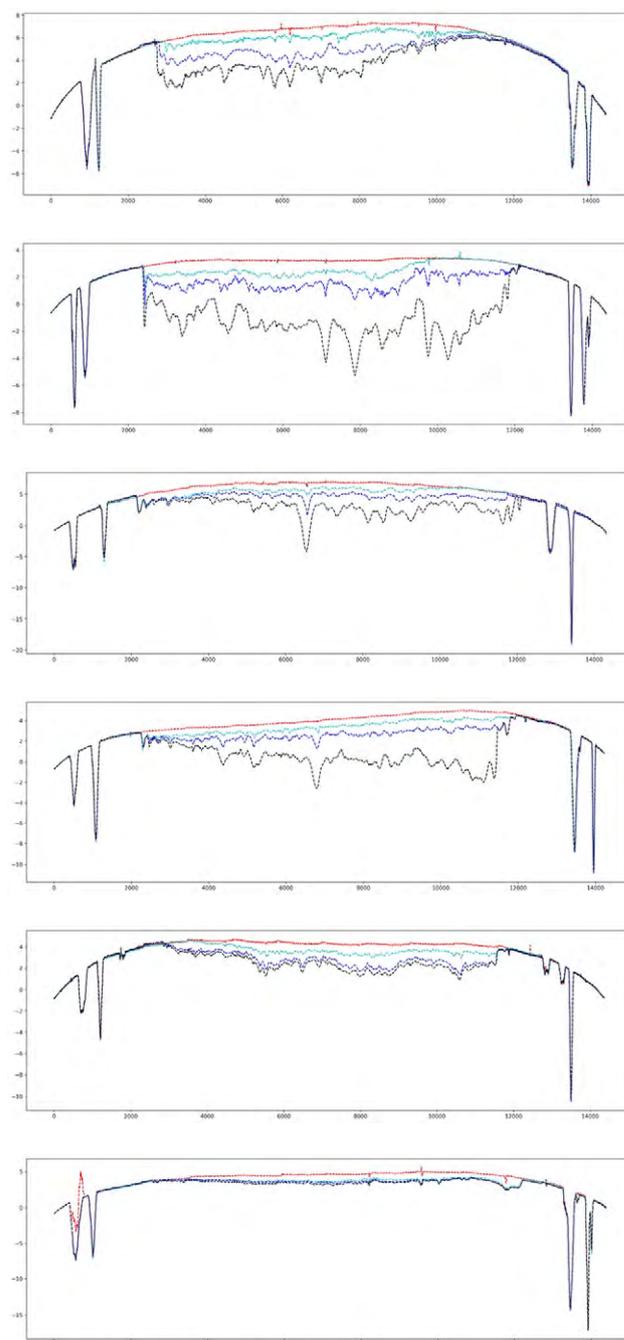


Рис. 4. Усредненные профили поверхности образцов до и после испытаний длительностью 1, 2 и 4 часа в серии № 3
Fig. 4. Averaged surface profiles of samples before and after tests lasting 1, 2 and 4 hours in Series No. 3

Сопоставленные профили поверхностей 6 керамических образцов до и после 2 часов воздействия абразивной суспензии зубной пасты № 84/2023 (серия №4) представлены на рис. 5.

Сопоставленные профили поверхностей 6 керамических образцов до и после 2 часов воздействия абразивной суспензии зубной пасты «R.O.C.S. Двойная мята» (серия № 5) представлены на рис. 6.

Значения средней глубины износа представлены в виде зависимости от длительности испытаний на рис. 7 и в табл. 3.

На рис. 8 представлена диаграмма глубины износа блоков из полевошпатной керамики различными суспензиями при испытаниях длительностью 2 часа.

При испытаниях суспензий индийского порошка «Absil 100» и английского порошка «АС 36» с одинаковой концентрацией получены значения средней глубины износа при длительности испытаний 2 часа $2,37\pm 0,45$ и $1,90\pm 0,25$ мкм соответственно. Увеличение

Таблица 3. Средняя глубина износа керамических образцов от длительности воздействия абразивными суспензиями (мкм)
Table 3. The average wear depth of ceramic samples from the duration of exposure to abrasive suspensions (microns)

№ серии	Через 1 час	Через 2 часа	Через 3 часа	Через 4 часа
1	$1,29\pm 0,35$	$2,37\pm 0,45$	—	$5,11\pm 2,11$
2	$2,66\pm 1,16$	$4,82\pm 0,74$	$7,61\pm 1,40$	$12,13\pm 1,90$
3	$0,86\pm 0,14$	$1,90\pm 0,25$	—	$4,17\pm 0,69$
4	—	$2,06\pm 0,49$	—	—
5	—	$4,20\pm 0,67$	—	—

концентрации «Absil 100» привело к увеличению абразивной способности в 2,5 раза.

Таким образом, наше исследование доказало, что различные абразивы, их концентрация и длительность испытаний влияют на абразивную способность испытуемой суспензии, а методика имеет высокий уровень репрезентативности, учитывая идентичность полученных

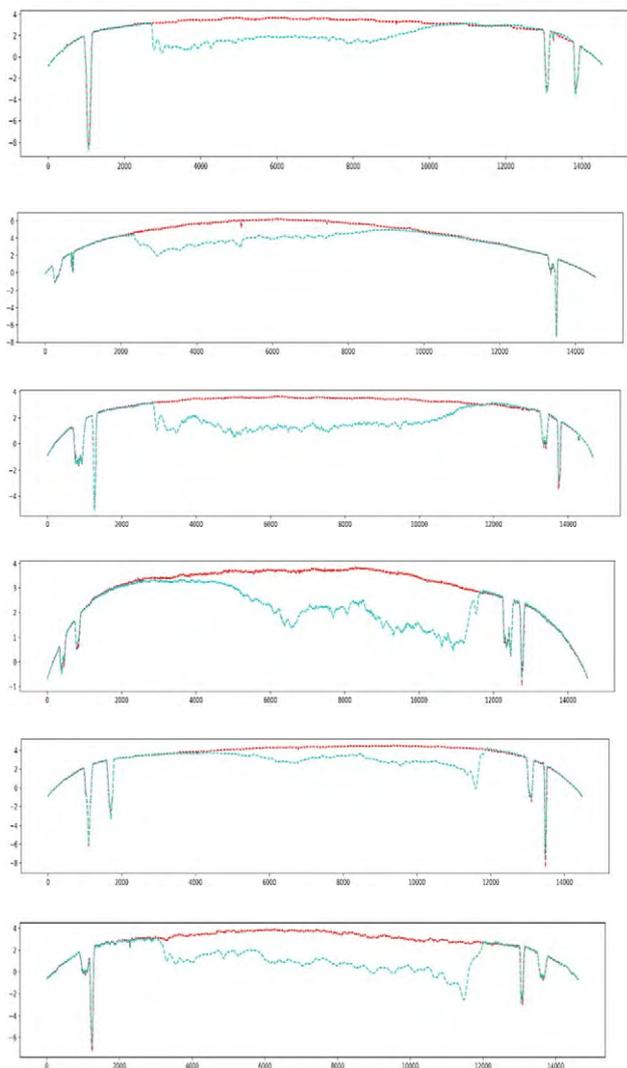


Рис. 5. Усредненные профили поверхности образцов до и после испытаний длительностью 2 часа в серии № 4
Fig. 5. Averaged surface profiles of samples before and after tests lasting 2 hour in Series No. 4

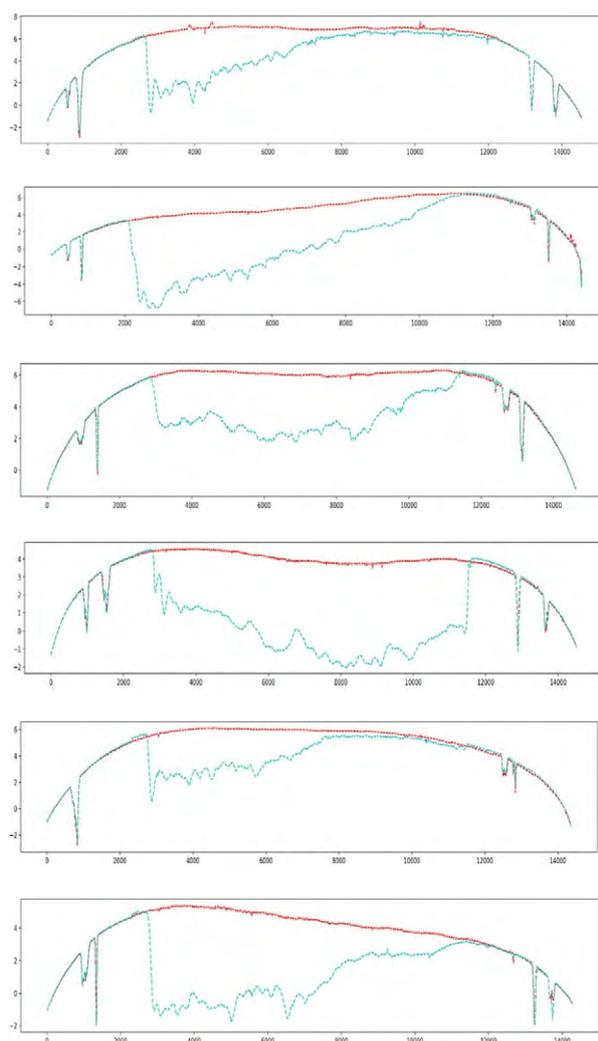


Рис. 6. Усредненные профили поверхности образцов до и после испытаний длительностью 2 часа в серии № 5
Fig. 6. Averaged surface profiles of samples before and after tests lasting 2 hour in Series No. 5

результатов в ранее проведенных экспериментах [15, 16].

Паста «R.O.C.S. Двойная мята» имеет абразивную способность в 2 раза выше абразивной способности лабораторного образца пасты № 84/2023, что соответствует ранее проведенным экспериментам по определению RDA.

Учитывая значения RDA зубной пасты «R.O.C.S. Двойная мята» (100) и пасты №84/2023 (50), можно выстроить теоретическую модель, в соответствии с которой условные значения индекса RDA суспензии индийского порошка «Absil 100» с концентрацией диоксида кремния 20 г на 50 мл эталонного растворителя соответствуют значению 115, с концентрацией диоксида кремния 10 г на 50 мл эталонного растворителя — 47 RDA.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

К сожалению, на сегодняшний день в Российской Федерации не регламентирована абразивность профилактических стоматологических средств, поэтому необходима разработка стандартов использования абразивов в зубных пастах и порошках, так как абразивность стоматологических средств существенно влияет на износ твердых тканей зуба, — это подтверждено результатами нашего исследования.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES:

1. Макеева И.М., Шевелиук Ю.В. Роль абфракции в возникновении клиновидных дефектов зубов. — *Стоматология*. — 2012; 1: 65—70.
[Makeeva I.M., Sheveliuk Iu.V. The role of abfraction in the aetiology of wedge-shaped defects. — *Stomatology*. — 2012; 1: 65—70 (In Russian)]. [eLibrary ID: 18022625](#)
2. Pickles M.J., Joiner A., Weader E., Cooper Y.L., Cox T.F. Abrasion of human enamel and dentine caused by toothpastes of differing abrasivity determined using an in situ wear model. — *Int Dent J*. — 2005; 55 (3 Suppl 1): 188—93. [PMID: 16004252](#)
3. Koc Vural U., Bagdatli Z., Yilmaz A.E., Yalçın Çakır F., Altundaşar E., Gurgan S. Effects of charcoal-based whitening toothpastes on human enamel in terms of color, surface roughness, and microhardness: an in vitro study. — *Clin Oral Investig*. — 2021; 25 (10): 5977—5985. [PMID: 33774715](#)
4. Мирная Е.А., Захарова И.А., Купец Т.В., Матело С.К., Пипирайте Р. Повышение эффективности индивидуальной гигиены полости рта путем применения зубной пасты R.O.C.S. Sensitive Instant Relief у пациентов с чувствительностью дентина. — *Клиническая стоматология*. — 2018; 2 (86): 21—25.
[Mirnaja E.A., Zaharova I.A., Kupets T.V., Matelo S.K., Pipirajte R. Increase in efficiency of individual oral hygiene by use of the R.O.C.S. Sensitive Instant Relief toothpaste for patients with sensitivity of dentine. — *Clinical Dentistry (Russia)*. — 2018; 2 (86): 21—25 (In Russian)]. [eLibrary ID: 35154623](#)
5. Arnold W.H., Gröger Ch, Bizhang M., Naumova E.A. Dentin abrasivity of various desensitizing toothpastes. — *Head Face Med*. — 2016; 12: 16. [PMID: 27038781](#)
6. Kielbassa A.M., Gillmann L., Zantner C., Meyer-Lueckel H., Hellwig E., Schulte-Mönting J. Profilometric and microradiographic studies on the effects of toothpaste and acidic gel abrasivity on sound and demineralized bovine dental enamel. — *Caries Res*. — 2005; 39 (5): 380—6. [PMID: 16110209](#)
7. Bizhang M., Riemer K., Arnold W.H., Domin J., Zimmer S. Influence of Bristle Stiffness of Manual Toothbrushes on Eroded and Sound Human Dentin—An In Vitro Study. — *PLoS One*. — 2016; 11 (4): e0153250. [PMID: 27070901](#)
8. Акулович А.В., Степанов А.Г., Апресян С.В., Матело С.К., Ялышев Р.К. Способ выбора тактики лечения дисколорита зубов, вызванного некариозными поражениями эмали. — Патент № 2810450, действ. с 27.12.2023
[Akulovich A.V., Stepanov A.G., Apresyan S.V., Matelo S.K., Yalyshev R.K. Increase in efficiency of individual oral hygiene by use of the R.O.C.S. Sensitive Instant Relief toothpaste for patients with sensitivity of dentine. — *Clinical Dentistry (Russia)*. — 2018; 2 (86): 21—25 (In Russian)]. [eLibrary ID: 35154623](#)

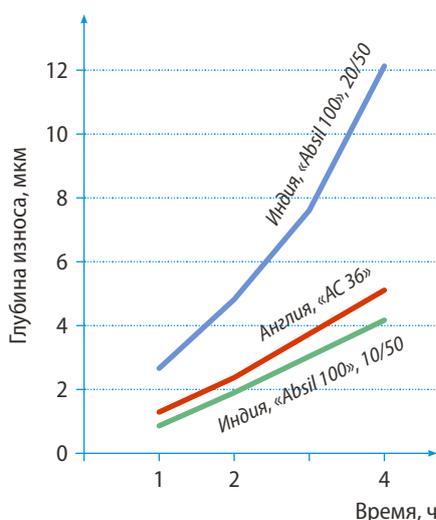


Рис. 7. Зависимость глубины износа керамических образцов от длительности воздействия абразивными суспензиями
Fig. 7. The dependence of the wear depth of ceramic samples on the duration of exposure to abrasive suspensions

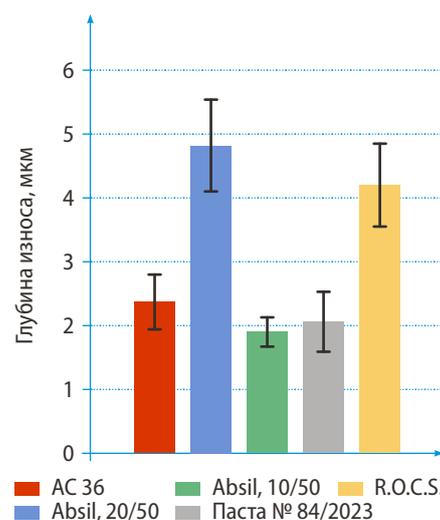


Рис. 8. Глубина износа образцов при испытаниях длительностью 2 часа
Fig. 8. The wear depth of the samples during tests lasting 2 hours

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие конфликта интересов.

Поступила: 27.06.2024 **Принята в печать:** 06.08.2024

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interests.
Received: 27.06.2024 **Accepted:** 06.08.2024

- Yalyshev R.K. A method of choosing tactics for the treatment of dental discoloritis caused by non-carious enamel lesions. — Patent RU # 2810450, effective from 27.12.2023 (In Russian).
9. Ялышев Р.К., Акулович А.В., Матело С.К., Степанов А.Г., Апресян С.В. Клиническая эффективность малоинвазивных методов лечения дисколорита зубов, вызванного меловидно-крапчатой формой флюороза. — *Институт стоматологии*. — 2024; 1 (102): 80—83.
[Yalyshev R.K., Akulovich A.V., Matelo S.K., Stepanov A.G., Apresyan S.V. Clinical efficacy of minimally invasive methods of treatment of dental discoloritis caused by a chalky-speckled form of fluorosis. — *The Dental Institute*. — 2024; 1 (102): 80—83 (In Russian)].
[eLibrary ID: 65646882](#)
10. Hefferren J.J. A laboratory method for assessment of dentifrice abrasivity. — *J Dent Res*. — 1976; 55 (4): 563—73. [PMID: 1064599](#)
11. Апресян С.В., Степанов А.Г., Усеинов А.С., Матело С.К. Роторная машина для испытаний материалов, используемых в стоматологии. — Патент № 2799136, действ. с 04.07.2023
[Apresyan S.V., Stepanov A.G., Useinov A.S., Matelo S.K. Rotary machine for testing materials used in dentistry. — Patent RU #2799136, effective from 04.07.2023 (In Russian)].
12. Матело С.К., Апресян С.В., Степанов А.Г., Усеинов А.С., Акулович А.В. Разработка роторной машины для проведения испытаний на абразивный износ твердых тканей зуба. — *Институт стоматологии*. — 2023; 4 (101): 116—118.
[Matelo S.K., Apresyan S.V., Stepanov A.G., Useinov A.S., Akulovich A.V. Development of a rotary machine for testing for abrasive wear of hard tooth tissues. — *The Dental Institute*. — 2023; 4 (101): 116—118 (In Russian)]. [eLibrary ID: 60022862](#)