

УДК 616.314.13/.14-002.4+616-008.9+546.41
<https://doi.org/10.56871/FRP.2026.28.61.002>

ВЛИЯНИЕ КИСЛОТНОЙ ЭРОЗИИ НА МИКРОСТРУКТУРУ И ПРОНИЦАЕМОСТЬ ЗУБНОЙ ЭМАЛИ

Дарья Дмитриевна Пак¹, Тахмина Анваровна Хамроева¹,
Анастасия Викторовна Баннова², Татьяна Викторовна Брус¹,
Родион Владимирович Кораблев¹

¹ Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет, 194100, г. Санкт-Петербург, ул. Литовская, д. 2, Российская Федерация

² Крымский федеральный университет им В.И. Вернадского, 295007, Республика Крым, г. Симферополь, пр. Академика Вернадского, д. 4, Российская Федерация

Для цитирования: Пак Д.Д., Хамроева Т.А., Баннова А.В., Брус Т.В., Кораблев Р.В. Влияние кислотной эрозии на микроструктуру и проницаемость зубной эмали. *Forcipe*. 2026;9(1):15–22. <https://doi.org/10.56871/FRP.2026.28.61.002>.

Поступила: 24.12.2025

Одобрена: 08.02.2026

Принята к печати: 27.03.2026

РЕЗЮМЕ. Кислотная эрозия твердых тканей зуба — это химически обусловленная потеря минерала при воздействии небактериальных кислот. Наиболее значимыми пищевыми агентами остаются органические кислоты с низким рН и высокой титруемой кислотностью, прежде всего лимонная и яблочная кислоты. В литературе последних лет острый этап эрозии описывается как серия кратковременных, но повторяющихся эпизодов деминерализации, которые запускают ранние микроструктурные изменения эмали и дентина и повышают проницаемость дентина, что клинически связано с гиперчувствительностью. В статье проанализированы экспериментальные модели кислотной эрозии зубной эмали. Выполнен критический анализ современных публикаций, посвященных моделям эрозии и эрозивно-абразивного износа, а также защитным вмешательствам (фториды, оловосодержащие системы, биоматериалы, полифенолы, ингибиторы протеаз). Доказано, что выраженность острого повреждения определяется не только рН кислоты, но и комплексообразованием кальция, состоянием приобретенной пелликулы, сохранностью органической матрицы дентина и временем до последующей абразии. На этой основе обсуждаются современные подходы к профилактике: поведенческая модификация кислотных атак, фториды и оловосодержащие системы, TiF₄, CPP-АСР/СРР-АСРФ, биоматериалы, полифенолы и ингибирование активности протеаз.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: кислотная эрозия эмали, проницаемость дентина, пелликула, деминерализация

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

✉ Татьяна Викторовна Брус. E-mail: bant.90@mail.ru

© Коллектив авторов, 2026

<https://doi.org/10.56871/FRP.2026.28.61.002>

THE EFFECT OF ACID EROSION ON THE MICROSTRUCTURE AND PERMEABILITY OF DENTAL ENAMEL

*Daria D. Pak¹, Tahmina A. Hamroeva¹, Anastasia V. Bannova²,
Tatiana V. Brus¹, Rodion V. Korablev¹*

¹ Saint Petersburg State Pediatric Medical University, 2 Litovskaya str., Saint Petersburg, 194100, Russian Federation

² V.I. Vernadsky Crimean Federal University, 4 Akademika Vernadskogo ave., Simferopol, Republic of Crimea, 295007, Russian Federation

For citation: Pak D.D., Hamroeva T.A., Bannova A.V., Brus T.V., Korablev R.V. The effect of acid erosion on the microstructure and permeability of dental enamel. *Forcipe*. 2026;9(1):15–22. (In Russ.). <https://doi.org/10.56871/FRP.2026.28.61.002>.

Received: 24.12.2025

Revised: 08.02.2026

Accepted: 27.03.2026

ABSTRACT. Acid erosion of dental hard tissues is a chemically induced loss of minerals due to the action of nonbacterial acids. No chemicals are removed by organic acids with a low pH and high titratable acidity, primarily citric acid and citric acids. The literature states that this is the most eroded and eroded part of the world. A series of severe, but potentially absent, episodes of demineralization cause early microstructural changes in enamel and dentin and increase dentin permeability, which is associated with hypersensitivity. The article examines experimental models of acid rose of dental enamel. A highly critical analysis of publicity devoted to models of erosion and erosive-abrasive wear also has the advocacy of politicians (fluorides, tin-containing systems, biomaterials, polyphenols, protease inhibitors). It has been proven that the severity of acute damage is determined not only by the pH of the acids but also by complexation, film formation, organic content, and the matrix of the teeth and teeth to be extracted. Here's how the profile is explained: Soviet modification of acid, fluoride, and olive oil system, TiF₄, CPP-ACP/ CPP-ACPF, biomaterial, polyphenol, and protease inhibition.

KEYWORDS: acid erosion of enamel, dentin permeability, pellicle, demineralization

Funding. This study was not supported by any external sources of funding.

✉ Tatiana V. Brus. E-mail: bant.90@mail.ru

© 2026 by the authors

Кислотная эрозия твердых тканей зуба — это химически обусловленная потеря минерала при воздействии небактериальных кислот. Особое значение имеют органические кислоты с низким рН и высокой титруемой кислотностью: лимонная (цитрат) и яблочная (малат/малеаты в продуктах) [1, 2]. Их острое действие чаще всего реализуется через кратковременные, но повторяющиеся эпизоды деминерализации, которые при неблагоприятных условиях приводят к микроструктурным изменениям эмали и дентина и к росту проницаемости дентина и развитию гиперчувствительности, что вызывает жалобы пациента.

Актуальность темы связана с распространенностью эрозивного износа и ростом потребления кислых напитков, цитрусовых, энергетиков, а также с популярностью кислых снеков и конфет. В экспериментальных моделях лимонная кислота часто используется как стандартный эрозивный агент, поскольку она широко встречается в продуктах питания и эффективно образует комплексные соединения с кальцием. Яблочная кислота и соединения на основе малеиновой кислоты чаще входят в состав кондитерских изделий и обладают высоким повреждающим потенциалом. Для всех органических кислот принципиально важны титруемая кислотность, буферная емкость и способность связывать кальций. Лимонная кислота выступает типичным хелатором: формируя комплексы с Ca^{2+} , она поддерживает градиент растворения минерала и затрудняет естественную реминерализацию [5]. Именно поэтому при сопоставимом рН лимонная кислота нередко вызывает более значительные изменения, чем кислоты без выраженного комплексобразования. Для оценки риска у пациента это означает, что клинически значим не только ярлык «кислый продукт», но и его химический профиль. Цель исследования — изучить экспериментальные модели кислотной эрозии зубной эмали.

В ряде работ последних лет [5–7] слюнная пелликула рассматривается не как пассивная пленка, а как динамический барьер, который уменьшает скорость диффузии кислот к поверхности, частично связывает ионы и служит матрицей для осаждения защитных соединений. На этом основании становятся понятными данные о большей устойчивости поверхности после модификации пелликулы полифенолами или олово-фторидными системами: эффект обусловлен не только химией раствора, но и изменением структуры самого барьера перед кислотной атакой [8].

Для эмали в ранней фазе эрозии наиболее последовательно описано формирование

поверхностной зоны размягчения, увеличение шероховатости и снижение микротвердости [9–11]. Даже короткие, но повторяющиеся экспозиции кислоты (например, рН-циклы по 60–90 секунд несколько раз в день) уже на ранних этапах меняют оптические и спектроскопические параметры поверхности и повышают восприимчивость к последующему механическому износу [12]. Следовательно, острый эффект необходимо рассматривать как подготовку поверхности к ускоренному повреждению, а не как изолированный одноразовый эпизод.

Для яблочной кислоты и малеиновых соединений в составе пищевых продуктов важен практический аспект: пациенты часто недооценивают их эрозивный потенциал, особенно в кислых конфетах и напитках, когда контакт может быть длительным. Экспериментальные модели растворенных кислых сладостей показывают, что продукты с малеиновой кислотой способны давать выраженный износ, сопоставимый с модельными растворами лимонной кислоты [13, 14]. С клинической точки зрения это поддерживает идею, что профилактическое консультирование должно быть ориентировано не только на газированные напитки, но и на пищевые (кондитерские) привычки.

Изменения дентина при остром кислотном воздействии подчиняются иной логике, по сравнению с изменениями эмали, поскольку дентин содержит выраженную органическую матрицу (коллаген) и систему канальцев [5, 15, 16]. В первую очередь растворяется перитубулярный дентин, затем расширяются устья канальцев и снижается минерализация интертубулярного дентина [16, 17]. Это увеличивает гидродинамический поток и проницаемость, что клинически соотносится с формированием или усилением гиперчувствительности [18]. Именно поэтому в контексте жалоб пациента вопрос микроструктуры дентина нельзя отделять от вопроса проницаемости — это разные уровни описания одного процесса. Отдельного внимания заслуживает деминерализованная органическая матрица (ДОМ). В ряде работ по эрозивному износу дентина показано, что ДОМ может временно выполнять защитную функцию и частично тормозить дальнейшую потерю тканей [19–21]. Если же эта матрица разрушается протеазами (включая матриксные металлопротеиназы) или механически удаляется при ранней и агрессивной чистке, прогрессирование износа ускоряется, а просвет канальцев остается более открытым. Из этого следует важный практический вывод: в остром периоде после кислотной

экспозиции гигиена полости рта может быть не менее значима, чем сам кислотный агент.

Интерпретация данных о проницаемости дентина требует внимания к методологии исследований. В практике для этого оценивают гидравлическую проводимость и окклюзию дентинных канальцев, выполняют профилометрию, применяют методы поверхностной топографии. Кроме того, в ряде работ использовано симулированное пульпарное давление, что существенно влияет на проникновение и осаждение веществ в канальцах [22–24]. В связи с этим выраженность эрозии эмали нередко обусловлена не только химическим агентом или продуктом, но и дизайном модели: типом дентина (коронковый/корневой), сохранностью смазанного слоя, параметрами кислоты, числом циклов и наличием абразии.

Следует выделить устойчивую закономерность: наиболее неблагоприятный сценарий — это сочетание «эрозия + абразия», особенно при ранней чистке после кислого воздействия. Уже в первые минуты и часы после контакта с кислотой фиксируют снижение микротвердости и рост шероховатости эмали, а последующая механическая нагрузка ускоряет тканевую потерю и поддерживает высокую проницаемость дентина [25]. В этом смысле острый эффект кислотной эрозии следует трактовать как окно повышенной уязвимости ткани.

Что касается профилактики, наиболее убедительными представляются комбинированные стратегии. Профилактика кислотных эрозий включает снижение частоты кислотных атак, отказ от длительного контакта с кислым напитком, использование трубочки, полоскание водой после кислого и выдерживание паузы перед чисткой. Превентивное лечение предполагает использование фторидов, олово-фторидных формул, а также гидроксиапатитсодержащих и других биомиметических систем, а также десенситайзеров и биоматериалов, окклюдирующих канальцы [26–28]. При аналитическом сравнении работ видно, что преимущество нередко отдается системам, которые действуют сразу по нескольким механизмам: усиливают реминерализацию, формируют более кислотоустойчивые поверхностные отложения и/или стабилизируют пелликулу.

Перспективными остаются подходы, ориентированные на сохранение органической матрицы дентина, включая ингибирование активности протеаз (катехины зеленого чая, хлоргексидин, FeSO_4 и др.). Данные *in situ* подтверждают снижение потери дентина при

использовании средств с ингибиторами протеаз [29–31]. Немногочисленные литературные данные ограничивают возможность прямой клинической экстраполяции, но не умаляют ценности концепции: при защите дентина в случае эрозии следует учитывать не только степень минерализации, но и состояние органической матрицы.

Таким образом, новый взгляд на острый эффект лимонной и яблочной кислот на зубную эмаль состоит в смещении фокуса с простой констатации деминерализации к многофакторному патогенезу: взаимодействию биохимических изменений, барьерным свойствам пелликулы, состоянию ДОМ и последующему механическому воздействию при гигиене полости рта.

Острое воздействие лимонной и яблочной кислот вызывает раннюю деминерализацию эмали и дентина, увеличивает шероховатость и снижает микротвердость, а в отношении дентина способствует раскрытию дентинных канальцев и росту проницаемости. Наиболее неблагоприятным остается сочетание эрозии с абразией, прежде всего при ранней чистке после кислого воздействия.

С практической позиции наиболее обоснованы стратегии, которые сочетают снижение частоты кислотных атак с местными средствами, усиливающими реминерализацию, формирующими устойчивые защитные отложения и/или окклюдирующими канальцы. По совокупности экспериментальных данных особый интерес представляют олово-фторидные системы, биоматериалы для снижения проницаемости дентина и подходы, направленные на сохранение органической матрицы и ингибирование протеаз.

Для дальнейшего изучения патогенеза острых эрозий зубной эмали важны стандартизация экспериментальных моделей и клиническая верификация комбинированных профилактических протоколов. Именно это позволит перейти от разрозненных результатов к более точным персонализированным клиническим рекомендациям.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. Все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных кон-

фликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

ADDITIONAL INFORMATION

Authors' contribution. All authors made a substantial contribution to the conception of the study, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the article, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the study.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

ЛИТЕРАТУРА

1. Schlueter N., Amaechi B.T., Bartlett D. et al. Terminology of erosive tooth wear: Consensus report of a workshop organized by the ORCA and the Cariology Research Group of the IADR. *Caries Research*. 2020;54:2–6. <https://doi.org/10.1159/000503308>.
2. de Souza B.M., Vertuan M., Gonçalves I.V.B., Magalhães A.C. Effect of different citrus sweets on the development of enamel erosion in vitro. *Journal of Applied Oral Science*. 2020;28:e20200182. <https://doi.org/10.1590/1678-7757-2020-0182>.
3. Patten J., Parker S., Al-Mansoori R. et al. Quantitative and spectroscopic assessment of early-stage human enamel and dentine erosion. *Frontiers in Dental Medicine*. 2022;3:1040565. <https://doi.org/10.3389/fdmed.2022.1040565>.
4. Abbassy M.A., Bakry A.S., Taylor N. et al. Effect of citric acid erosion on enamel and dentin and possible protection by a novel bioactive borate adhesive system. *J Dent*. 2022;124:104208. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2022.104208>.
5. de Sousa Né Y.G., Souza-Monteiro D., Frazão D.R. et al. Treatment for dental erosion: a systematic review of in vitro studies. *Peer J*. 2022;10:e13864. <https://doi.org/10.7717/peerj.13864>.
6. Lins R.B.E., Santi M.R., Noronha M.S. et al. Does titanium tetrafluoride promote a protective effect on eroded tooth? A systematic review and meta-analysis. *Journal of Evidence-Based Dental Practice*. 2022;22(1):101682. <https://doi.org/10.1016/j.jebdp.2021.101682>.
7. Carvalho F.G., Guilhermino M., Leal S.C. et al. Synergistic effect between plant extracts and fluoride to protect against enamel erosion. *PLOS One*. 2022;17(11):e0277552. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0277552>.
8. Al Saady T., Comar L.P., Hara A.T. et al. Erosion-inhibiting potential of stannous fluoride, CPP-ACP, and their combination: an in vitro study. *Sci Rep*. 2023;13:8597. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-34884-4>.
9. Niemeyer A., Mitschke M., Dittmar A. et al. Plant extracts provide dual mechanism protection against erosive tooth wear. *Sci Rep*. 2023;13:7818. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-34256-y>.
10. Chalkidis O., Konstanti M., Tsoukalas D. et al. Preventive effect of children's toothpastes on erosive tooth wear of primary enamel and dentine in vitro. *Sci Rep*. 2023;13:11215. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-38043-7>.
11. Фищев С.Б., Севастьянов А.В., Климов А.Г. и др. Профилактика стоматологических заболеваний у детей. Т. 1. Ч. 1. СПб.: СПбГПМУ; 2023. 48 с.
12. Kim J.H., Kim S., Jin B.H., Garcia-Godoy F., Park Y.S. Longterm abrasive and erosive effect of whitening toothpaste on dentin surface. *Am J Dent*. 2023;36(6):267–273.
13. Inchingolo F., Dipalma G., Azzollini D. et al. Advances in Preventive and Therapeutic Approaches for Dental Erosion: A Systematic Review. *Dentistry Journal (Basel)*. 2023;11(12):274. <https://doi.org/10.3390/dj11120274>.
14. Inchingolo A.M., Malcangi G., Ferrante L. et al. Damage from Carbonated Soft Drinks on Enamel: A Systematic Review. *Nutrients*. 2023;15(7):1785. <https://doi.org/10.3390/nu15071785>.
15. Vertuan M., da Silva J.F., de Souza B.M., Braga A.S., Magalhães A.C. Effect of an experimental TiF4/NaF solution in preventing enamel erosion. *Arch Oral Biol*. 2024;157:105823. <https://doi.org/10.1016/j.archoralbio.2023.105823>.
16. Vertuan M., Souza B.M., Mosquim V. et al. Effect of TiF4 varnish after pre-treatment with proanthocyanidin or chlorhexidine on erosive dentin loss. *J Mech Behav Biomed Mater*. 2021;115:104287. <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2020.104287>.
17. Moraes M.D.R.D.E., Passos V.F., Padovani G.C., Bezerra L.C.B.D.R., Vasconcelos I.M., Santiago S.L. Protective effect of green tea catechins on eroded human dentin: an in vitro/in situ study. *Braz Oral Res*. 2021;35:e108. <https://doi.org/10.1590/1807-3107bor-2021.vol35.0108>.
18. Kato M.T., Hannas A.R., Cardoso C.A.B., Cassiano L.P.S., Naves P.A., Magalhães A.C. et al. Dentifrices or gels containing MMP inhibitors prevent dentine loss: in situ studies. *Clin Oral Investig*. 2021;25(4):2183–2190. <https://doi.org/10.1007/s00784-020-03530-y>.
19. Zhao X., Wang L., Pan J. et al. Effects of desensitizing dentifrices on dentin tubule occlusion and resistance to erosive challenges. *BMC Oral Health*. 2021;21(1):610. <https://doi.org/10.1186/s12903-021-01977-3>.
20. Al-Amri I., Albounni R., Binalrimal S. Evaluation of the effect of soft drinks on the surface roughness of teeth (enamel/dentin): in vitro study. 2021;10:1138. <https://doi.org/10.12688/fl1000research.55556.1>.
21. Schestakow A., Rasputnis W., Hannig M. Effect of Polyphenols on the Ultrastructure of the Dentin Pellicle and Subsequent Erosion.

- Caries Research*. 2024;58(2):77–85. <https://doi.org/10.1159/000536199>.
22. Memarpour M., Jafari S., Rafiee A., Alizadeh M., Vossoughi M. Protective effect of various toothpastes and mouthwashes on dentin after erosive/abrasive challenges. *Sci Rep*. 2024;14:9387. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-59631-1>.
 23. Vertuan M., da Silva J.F., Dionizio A., de Souza B.M., Mosquim V., Martini T. et al. Efficacy and safety of TiF4 varnish in preventing erosive tooth wear in a rat animal model. *Sci Rep*. 2024;14(1):28741. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-80449-4>.
 24. Mosquim V., Gillam D.G., Magalhães A.C., Wang L. Dentin permeability and tubule occlusion by biomaterials under simulated pulp pressure after erosive challenges. *J Dent*. 2025;159:105812. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2025.105812>.
 25. Murchie B., German M.J., Waterhouse P.J., Mullan F. Early wear susceptibility of dentine following exposure to citric acid and toothbrushing abrasion. *Arch Oral Biol*. 2025;178:106363. <https://doi.org/10.1016/j.archoralbio.2025.106363>.
 26. Муслов С.А., Царев В.Н., Арутюнов С.Д. Сравнение твердости эмали зубов человека и различных видов животных (растительноядных, плотоядных и морских). *Современная стоматология*. 2020;4(81):10–21. EDN: UCLRYR.
 27. Манак Т.Н., Редер А.С., Кривонощенко В.В. Воздействие кислотности напитков на твердые ткани зубов. *Современная стоматология*. 2022;4(89):54–57. EDN: GJJAGS.
 28. Феттер А.Д., Малекпур Х.А., Кавехе В.М.Г.А., Будаев Г.Г., Новожилова Н.Е. Эрозивный потенциал популярных энергетических напитков: исследование pH и титруемой кислотности. *Стоматология: теория и практика*. 2025;3(1):25–29.
 29. Абдирасулова Т.А., Ешиев А.М., Зулпаева А.А. Влияние энергетических напитков на твердые ткани зубов. *Международный журнал гуманитарных и естественных наук*. 2023;10-1(85):50–53. EDN: OXCFCJ.
 30. Hamza B., Rojas S.A.P., Körner P., Attin T., Wegehaupt F.J. Green Tea Extract Reduces the Erosive Dentine Wear Caused by Energy Drinks In Vitro. *Oral Health Prev Dent*. 2021;19:573–578. <https://doi.org/10.3290/j.ohpd.b2183087>.
 31. Ingle N., Devadiga D., Jain N., Bhardwaj S. Biomimetic remineralization of eroded dentin by synergistic effect of calcium phosphate and plant-based biomodifying agents: An in vitro study. *J Conserv Dent Endod*. 2024; 27(12):1221–1227. https://doi.org/10.4103/JCDE.JCDE_611_24.
 - workshop organized by the ORCA and the Cariology Research Group of the IADR. *Caries Research*. 2020;54:2–6. <https://doi.org/10.1159/000503308>.
 2. de Souza B.M., Vertuan M., Gonçalves I.V.B., Magalhães A.C. Effect of different citrus sweets on the development of enamel erosion in vitro. *Journal of Applied Oral Science*. 2020;28:e20200182. <https://doi.org/10.1590/1678-7757-2020-0182>.
 3. Patten J., Parker S., Al-Mansoori R. et al. Quantitative and spectroscopic assessment of early-stage human enamel and dentine erosion. *Frontiers in Dental Medicine*. 2022;3:1040565. <https://doi.org/10.3389/fdmed.2022.1040565>.
 4. Abbassy M.A., Bakry A.S., Taylor N. et al. Effect of citric acid erosion on enamel and dentin and possible protection by a novel bioactive borate adhesive system. *J Dent*. 2022;124:104208. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2022.104208>.
 5. de Sousa Né Y.G., Souza-Monteiro D., Frazão D.R. et al. Treatment for dental erosion: a systematic review of in vitro studies. *Peer J*. 2022;10:e13864. <https://doi.org/10.7717/peerj.13864>.
 6. Lins R.B.E., Santi M.R., Noronha M.S. et al. Does titanium tetrafluoride promote a protective effect on eroded tooth? A systematic review and meta-analysis. *Journal of Evidence-Based Dental Practice*. 2022;22(1):101682. <https://doi.org/10.1016/j.jebdp.2021.101682>.
 7. Carvalho F.G., Guilhermino M., Leal S.C. et al. Synergistic effect between plant extracts and fluoride to protect against enamel erosion. *PLOS One*. 2022;17(11):e0277552. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0277552>.
 8. Al Saady T., Comar L.P., Hara A.T. et al. Erosion-inhibiting potential of stannous fluoride, CPP-ACP, and their combination: an in vitro study. *Sci Rep*. 2023;13:8597. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-34884-4>.
 9. Niemeyer A., Mitschke M., Dittmar A. et al. Plant extracts provide dual mechanism protection against erosive tooth wear. *Sci Rep*. 2023;13:7818. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-34256-y>.
 10. Chalkidis O., Konstanti M., Tsoukalas D. et al. Preventive effect of children's toothpastes on erosive tooth wear of primary enamel and dentine in vitro. *Sci Rep*. 2023;13:11215. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-38043-7>.
 11. Fishchev S.B., Sevastyanov A.V., Klimov A.G. et al. Prevention of dental diseases in children. Vol. 1. Part 1. Saint Petersburg: Saint Petersburg State Pediatric Medical University; 2023. 48 p. (In Russ.).
 12. Kim J.H., Kim S., Jin B.H., Garcia-Godoy F., Park Y.S. Longterm abrasive and erosive effect of whitening toothpaste on dentin surface. *Am J Dent*. 2023;36(6):267–273.
 13. Inchingolo F., Dipalma G., Azzollini D. et al. Advances in Preventive and Therapeutic Approaches for Dental Erosion: A Systematic Review. *Dentistry Jour-*

REFERENCES

1. Schlueter N., Amaechi B.T., Bartlett D. et al. Terminology of erosive tooth wear: Consensus report of a

- nal (Basel)*. 2023;11(12):274. <https://doi.org/10.3390/dj11120274>.
14. Inchingolo A.M., Malcangi G., Ferrante L. et al. Damage from Carbonated Soft Drinks on Enamel: A Systematic Review. *Nutrients*. 2023;15(7):1785. <https://doi.org/10.3390/nu15071785>.
 15. Vertuan M., da Silva J.F., de Souza B.M., Braga A.S., Magalhães A.C. Effect of an experimental TiF4/NaF solution in preventing enamel erosion. *Arch Oral Biol*. 2024;157:105823. <https://doi.org/10.1016/j.archoralbio.2023.105823>.
 16. Vertuan M., Souza B.M., Mosquim V. et al. Effect of TiF4 varnish after pre-treatment with proanthocyanidin or chlorhexidine on erosive dentin loss. *J Mech Behav Biomed Mater*. 2021;115:104287. <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2020.104287>.
 17. Moraes M.D.R.D.E., Passos V.F., Padovani G.C., Bezerra L.C.B.D.R., Vasconcelos I.M., Santiago S.L. Protective effect of green tea catechins on eroded human dentin: an in vitro/in situ study. *Braz Oral Res*. 2021;35:e108. <https://doi.org/10.1590/1807-3107bor-2021.vol35.0108>.
 18. Kato M.T., Hannas A.R., Cardoso C.A.B., Cassiano L.P.S., Naves P.A., Magalhães A.C. et al. Dentifrices or gels containing MMP inhibitors prevent dentine loss: in situ studies. *Clin Oral Investig*. 2021;25(4):2183–2190. <https://doi.org/10.1007/s00784-020-03530-y>.
 19. Zhao X., Wang L., Pan J. et al. Effects of desensitizing dentifrices on dentin tubule occlusion and resistance to erosive challenges. *BMC Oral Health*. 2021;21(1):610. <https://doi.org/10.1186/s12903-021-01977-3>.
 20. Al-Amri I., Albounni R., Binalrimal S. Evaluation of the effect of soft drinks on the surface roughness of teeth (enamel/dentin): in vitro study. 2021;10:1138. <https://doi.org/10.12688/f1000research.55556.1>.
 21. Schestakow A., Rasputnis W., Hannig M. Effect of Polyphenols on the Ultrastructure of the Dentin Pellicle and Subsequent Erosion. *Caries Research*. 2024;58(2):77–85. <https://doi.org/10.1159/000536199>.
 22. Memarpour M., Jafari S., Rafiee A., Alizadeh M., Vossoughi M. Protective effect of various toothpastes and mouthwashes on dentin after erosive/abrasive challenges. *Sci Rep*. 2024;14:9387. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-59631-1>.
 23. Vertuan M., da Silva J.F., Dionizio A., de Souza B.M., Mosquim V., Martini T. et al. Efficacy and safety of TiF4 varnish in preventing erosive tooth wear in a rat animal model. *Sci Rep*. 2024;14(1):28741. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-80449-4>.
 24. Mosquim V., Gillam D.G., Magalhães A.C., Wang L. Dentin permeability and tubule occlusion by biomaterials under simulated pulp pressure after erosive challenges. *J Dent*. 2025;159:105812. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2025.105812>.
 25. Murchie B., German M.J., Waterhouse P.J., Mullan F.. Early wear susceptibility of dentine following exposure to citric acid and toothbrushing abrasion. *Arch Oral Biol*. 2025;178:106363. <https://doi.org/10.1016/j.archoralbio.2025.106363>.
 26. Muslov S.A., Tsarev V.N., Arutyunov S.D. Comparison of the hardness of the enamel of human teeth and various animal species (herbivores, carnivores and marine). *Sovremennaya stomatologiya*. 2020;4(81):10–21. EDN: UCLRYR.
 27. Manak T., Redera A., Krivonoshchenko V. The effect of the acidity of drinks on the hard tissues of the teeth. *Sovremennaya stomatologiya*. 2022;4(89):54–57. EDN: GJJAGS.
 28. Fetter A.D., Malekpur Kh.A., Kavekhe V.M.G.A., Budaev G.G., Novozhilova N.E. Ehrozivnyi potentsial populyarnykh ehnergeticheskikh napitkov: issledovanie pH i titruemoi kislotnosti. *Dentistry: theory and practice*. 2025;3(1):25–29.
 29. Abdirasulova T.A., Eshiev A.M., Zulpuyeva A.A. The effect of energy drinks on the hard tissues of teeth. *International Journal of Humanities and Natural Sciences*. 2023;10-1(85):50–53. EDN: OXCFCJ.
 30. Hamza B., Rojas S.A.P., Körner P., Attin T., Wegehaupt F.J. Green Tea Extract Reduces the Erosive Dentine Wear Caused by Energy Drinks In Vitro. *Oral Health Prev Dent*. 2021;19:573–578. <https://doi.org/10.3290/j.ohpd.b2183087>.
 31. Ingle N., Devadiga D., Jain N., Bhardwaj S. Biomimetic remineralization of eroded dentin by synergistic effect of calcium phosphate and plant-based biomodifying agents: An in vitro study. *J Conserv Dent Endod*. 2024; 27(12):1221–1227. https://doi.org/10.4103/JCDE.JCDE_611_24.

ОБ АВТОРАХ

Дарья Дмитриевна Пак — студентка 2-го курса стоматологического факультета.

<https://orcid.org/0009-0007-3005-8106>

Тахмина Анваровна Хамроева — студентка 2-го курса. E-mail: takhmina.khamroeva.06@mail.ru;

<https://orcid.org/0009-0006-4659-2090>

Анастасия Викторовна Баннова — студентка 3-го курса 1-го медицинского факультета.

E-mail: bannova06@list.ru;

<https://orcid.org/0009-0007-6867-9477>; SPIN: 2034-8324

AUTHORS' INFO

Daria D. Pak — 2nd year student of the Faculty of Dentistry.

<https://orcid.org/0009-0007-3005-8106>

Tahmina A. Hamroeva — 2nd year student.

E-mail: takhmina.khamroeva.06@mail.ru;

<https://orcid.org/0009-0006-4659-2090>

Anastasia V. Bannova — 3rd year student of the 1st Faculty of Medicine.

E-mail: bannova06@list.ru;

<https://orcid.org/0009-0007-6867-9477>; SPIN: 2034-8324

✉ **Татьяна Викторовна Брус** — к.м.н., доцент,
кафедра патологической физиологии
с курсом иммунопатологии.
E-mail: bant.90@mail.ru;
<https://orcid.org/0000-0001-7468-8563>; SPIN: 9597-4953
Родион Владимирович Кораблев — к.м.н.,
доцент, кафедра патологической физиологии
с курсом иммунопатологии.
E-mail: rodion.korablev@gmail.com;
<https://orcid.org/0009-0004-5754-8437>; SPIN: 4969-6038

✉ **Tatiana V. Brus** — Cand. Sci. (Med.),
Associate Professor, Department of Pathological
Physiology with a Course of Immunopathology.
E-mail: bant.90@mail.ru;
<https://orcid.org/0000-0001-7468-8563>; SPIN: 9597-4953
Rodion V. Korablev — Cand. Sci. (Med.), Associate
Professor, Department of Pathological Physiology
with a Course of Immunopathology.
E-mail: rodion.korablev@gmail.com;
<https://orcid.org/0009-0004-5754-8437>; SPIN: 4969-6038