ISSN 3083-5607 (Online)
УДК 616.31



KARAZIN UNIVERSITY
CLASSICS AHEAD OF TIME

ХАРКІВСЬКИЙ СТОМАТОЛОГІЧНИЙ ЖУРНАЛ

No. 2(8)
Том 3 (2026)
Volume 3 (2026)

KHARKIV DENTAL JOURNAL

КАРАЗІНСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ
КЛАСИКА, ЩО ВИПЕРЕДЖАЄ ЧАС

ТОМ III
2(8) | 2026

ISSN 3083-5607 (Online)

УДК 616.31

Унікальний префікс DOI видавництва журналу: 10.26565

Затверджено розміщення в мережі Інтернет рішенням Вченої ради Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна Міністерства освіти і науки України (протокол №11 від 30.06.2026 р.)

Ідентифікатор медіа у Реєстрі суб'єктів у сфері медіа: R40-06753 (Рішення № 2805 від 18.12.2025 р. Національної ради України з питань телебачення і радіомовлення. Протокол № 28)

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до Державного реєстру видавців, виготовлювачів і розповсюджувачів видавничої продукції ДК № 3367 від 13.01.2009 р.

Адреса редакції:
майдан Свободи, буд. 4,
м. Харків, 61022, Україна
тел./факс: +38 (057) 702-04-55
e-mail:
dental.journal@karazin.ua

Науково-практичне видання

ХАРКІВСЬКИЙ СТОМАТОЛОГІЧНИЙ ЖУРНАЛ

https://ukrmedsci.com/index.php/stomat

Засновник і видавець: Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна Міністерства освіти і науки України
Засновано 2024 року
Періодичність виходу – 4 рази на рік

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Входить до Переліку наукових друкованих фахових видань України (категорія «А»), у яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт в галузі знань «I – Охорона здоров'я та соціальне забезпечення» (Додаток 7 до наказу Міністерства освіти і науки України від 10.10.2025 № 1346) за спеціальністю «I1 – Стоматологія»



Робота редакційної колегії орієнтована на норми та принципи International Committee of Medical Journal Editors

Контент доступний за ліцензією Creative Commons «Attribution» 4.0

Research and practice edition

KHARKIV DENTAL JOURNAL

https://ukrmedsci.com/index.php/stomat

Founder and publisher: V.N. Karazin Kharkiv National University
of the Ministry of Education and Science of Ukraine
Established in 2024
Published 4 times a year

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE

Listed in the scientific printed
professional editions of Ukraine (category A)
which can publish theses results in
«I – Healthcare and social security» field (Annex 7 to Order № 1346
of Ministry of Education and Science of Ukraine, 10.10.2025)
on the specialties: «I1 – Stomatology»



With a focus of the editorial board on the standards and guidelines of
International Committee of Medical Journal Editors

The content is available under license from Creative Commons «Attribution» 4.0

KARAZIN UNIVERSITY
CLASSICS AHEAD OF TIME

VOLUME III
2(8) | 2026

ISSN 3083-5607 (Online)

UDC 616.31

DOI unique prefix of the
Journal publishing house:
10.26565

Approved
for distribution in the Internet
by the decision
of the Academic Council
of V. N. Karazin
Kharkiv National University
of the Ministry
of Education and Science
of Ukraine
(record No 11 of 30/06/2026)

Media identifier
in the Register of the field
of Media Entities: R40-06753
(Decision № 2805 dated 18/12/2025
of the National Council
of Television and
Radio Broadcasting of Ukraine,
Protocol № 28)

Certificate of registration
of publishing industry entity
in the State Register
of Publishers, Manufacturers
and Distributors
of Printed Products
ДК № 3367, 13/01/2009

Editorial office address:
4 Svobody Sq.,
Kharkiv, 61022, Ukraine
ph/fax: +38 (057) 702-04-55
e-mail:
dental.journal@karazin.ua

ISSN 3083-5607 (Online)

ЗМІСТ

CONTENTS

ОРИГІНАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

ORIGINAL RESEARCH

Литовченко І.Ю., Розколупа Н.В., Марченко А.В., Ніколішина Е.В., Дев'яткіна Н.М.
Метеорологічний хейліт: сучасні методи підтримувальної фармакотерапії — 246

Король Д.М., Кіндій Д.Д., Тончева К.Д., Кіндій В.Д.
Результати попереднього скринінгу складності ортопедичного лікування часткової адентії у мешканців міста Полтава (Україна) — 259

Велаюдхан А., Манохаран П.С., Раджкумар Ю., Сасідгаран Л.А., Абрахам С., Рангараджу В.
Оцінка впливу ополіскувачів для порожнини рота на рослинній та нерослинній основі на шорсткість поверхні композиту для непрямих реставрацій: дослідження *in vitro* — 269

Бєліков О.Б., Рощук О.І., Бєлікова Н.І., Сорохан М.М., Якименко Р.О.
Ефективність відновлення значно зруйнованих коронок зубів ендокоронками та модифікованими вкладками-коронками — 282

Касіян Д.В., Мокрик О.Я., Лещишин Н.І.
Вивчення в експерименті адгезивної міцності аутологічного фібринового клею та збагаченого тромбоцитами фібрину — 295

Аваков В.В., Октисюк Ю.В., Костюк І.Р., Семенюк Г.Д., Кошкін О.Є.
Лабораторна оцінка впливу глибокого фторування твердих тканин постійних зубів на мікропідтікання композитних реставрацій при застосуванні адгезивних систем V та VII покоління — 307

Палій А.В., Ружицька О.В., Вовк В.Ю., Вовк Ю.В.
Анатомо-морфометричні особливості щічного жирового тіла залежно від віку та статі та їх потенційне значення для реконструктивних втручань при посттравматичних дефектах тканин ротової порожнини — 319

Барила Н.І., Ватаманюк Н.В., Солтис О.М., Кіюн І.Д., Барила Г.Г., Дрозда І.І.
Функціональний стан ендотелію та еритроцитарний профіль підлітків з періодонтитом — 335

Дорошенко О.М., Біда О.В., Біда В.І., Волосовець Т.М., Дорошенко М.В., Омельяненко О.А.
Оцінка ефективності адаптованого протоколу гігієнічного догляду за порожниною рота у пацієнтів після інсульту: пілотне змішане дослідження — 355

Попович З.Б., Орнат Г.С., Кіндрат Г.В., Литвинюк Н.І., Сав'як О.Л.
Вміст заліза, міді та кадмію у ротовій рідині дітей із множинним карієсом — 378

Lytovchenko I.Yu., Rozkolupa N.V., Marchenko A.V., Nikolishyna E.V., Devyatkina N.M.
Meteorological cheilitis: modern methods of supportive pharmacotherapy — 246

Korol D.M., Kindii D.D., Toncheva K.D., Kindii V.D.
Results of the preliminary screening of the complexity of orthopedic treatment of partial edentulism in residents of Poltava city (Ukraine) — 259

Velayudhan A., Manoharan P.S., Rajkumar E., Sasidharan L.A., Abraham S., Rangaraju V.
Evaluation of effect of herbal and non-herbal mouthrinses on the surface roughness of indirect composite resin: an *in vitro* study — 269

Belikov O.B., Roshchuk O.I., Belikova N.I., Sorokhan M.M., Iakymenko R.O.
Effectiveness of restoring significantly damaged tooth crowns with endocrowns and modified inlay crowns — 282

Kasiyan D.V., Mokryk O.Ya., Leshchyshyn N.I.
Experimental study of the adhesive strength of autologous fibrin glue and platelet-rich fibrin — 295

Avakov V.V., Oktysiuk Y.V., Kostiuk I.R., Semeniuk H.D., Koshkin O.Ye.
In vitro study of the effect of deep fluoridation of permanent tooth hard tissues on microleakage of composite restorations using fifth- and seventh-generation adhesive systems — 307

Paliy A.V., Ruzhytska O.V., Vovk V.Yu., Vovk Yu.V.
Anatomical and morphometric characteristics of the buccal fat pad according to age and sex and their potential significance for reconstructive procedures in post-traumatic defects of the oral cavity tissues — 319

Baryla N.I., Vatamaniuk N.V., Soltys O.M., Kiiun I.D., Baryla H.H., Drozda I.I.
Functional state of the endothelium and erythrocyte profile of adolescentes with periodontitis — 335

Doroshenko O.M., Bida O.V., Bida V.I., Volosovets T.M., Doroshenko M.V., Omelianenko O.A.
Effectiveness of an adapted oral care protocol in post-stroke patients: a pilot mixed-methods study — 355

Popovych Z.B., Ornat H.S., Kindrat H.V., Lytvyniuk N.I., Savyak O.L.
Iron, copper and cadmium content in oral fluid of children with multiple caries — 378

Бандрівський Ю.Л., Осарчук Є.В.
Нейроімунні аспекти карієсу зубів у внутрішньо переміщених дітей в умовах хронічного стресу
390

Дорошенко О.М., Малашенко Н.Ю.
Краніофаціальна морфологія та об'єм верхніх дихальних шляхів у дітей із затримкою прорізування фронтальних зубів: тривимірне КПКТ-дослідження
408

Янішен І.В., Сідорова О.В., Кузнєцов Р.В., Бугаєв В.Ю.
Порівняльна оцінка вивільнення іонів фтору зі склоіономерних цементів для постійної фіксації
423

Ткаченко М.В., Волкова Н.Є., Шевчук В.А., Одушкіна Н.В., Назарян Р.С., Гаргін В.В., Ткаченко І.Г.
Результати генотипування дітей із діагностованим муковісцидозом обтяженим розвитком хронічного генералізованого гінгівіту за поліморфізмами у генах *CDKN1A* (rs1801270 C>A), *Il-10* (rs1800896 A>G) та *APP* (rs63750399 c.2146A>G)
434

Янішен І.В., Андрієнко К.Ю., Федотова О.Л., Погоріла А.В., Капелько Д.П., Горбатовська Н.В.
Порівняльна оцінка акрилового базису повних знімних пластинкових протезів із застосуванням вакуумної постполімеризаційної обробки
453

Полюхович Ю.І., Демкович А.Є., Лаврін О.Я.
Структурні зміни пародонта при експериментальному бактеріально-імунному пародонтиті та за умови використання різних типів знімних протезних конструкцій
467

Bandrivsky Yu.L., Osarchuk Ye.V.
Neuroimmune aspects of dental caries in internally displaced children under conditions of chronic stress
390

Doroshenko O.M., Malashenko N.Yu.
Craniofacial morphology and upper airway volume in children with delayed eruption of permanent anterior teeth: a 3D CBCT study
408

Yanishen I.V., Sidorova O.V., Kuznietsov R.V., Bugaiev V.Yu.
Comparative evaluation of fluoride ion release from glass ionomer cements for permanent fixation
423

Tkachenko M.V., Volkova N.Ye., Shevchuk V.A., Odushkina N.V., Nazaryan R.S., Gargin V.V., Tkachenko I.H.
Results of genotyping of children with cystic fibrosis, accompanied by the development of chronic generalized gingivitis for polymorphisms in the genes *CDKN1A* (rs1801270 C>A), *Il-10* (rs1800896 A>G) and *APP* (rs63750399 c.2146A>G)
434

Yanishen I.V., Andrienko K.Yu., Fedotova O.L., Pogorila A.V., Kapelko D.P., Gorbatovska N.V.
Comparative evaluation of acrylic base of complete removable dentures using vacuum post-polymerization method
453

Poliukhovych Yu.I., Demkovych A.Ye., Lavrin O.Ya.
Structural changes in the periodontium in experimental bacterial-immune periodontitis and under the conditions of using different types of removable prosthetic constructions
467

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

LITERATURE REVIEW

Дмитренко М.І., Смаглюк Л.В., Северин М.Д.
Ефективність використання ортодонтичних імплантатів: огляд літератури
483

Dmytrenko M.I., Smaglyuk L.V., Severyn M.D.
Efficacy of the use of orthodontic implants: a literature review
483

ВИПАДОК ІЗ ПРАКТИКИ

A CASE FROM PRACTICE

Новіков В.М., Коросташова М.А., Пономаренко Ю.В., Гарляускайте І.Ю., Безкоровайна Л.П.
Нейростоматологічні аспекти діагностики орофаціального болю. Клінічний випадок
497

Novikov V.M., Korostashova M.A., Ponomarenko Yu.V., Garliauskaite I.Yu., Bezkorovaina L.P.
Neurostomatological aspects of orofacial pain diagnostics. A clinical case study
497

Харківський стоматологічний журнал. 2026. Т. 3. № 2(8). С. 423–433
Kharkiv Dental Journal. 2026;3(2(8)):423–433 ISSN 3083-5607 (Online)

DOI: https://doi.org/10.26565/3083-5607-2026-8-13
УДК: 616.314-76/-77:615.463:666.946.6

Порівняльна оцінка вивільнення іонів фтору зі склоіономерних цементів для постійної фіксації

Янішен І.В., https://orcid.org/0000-0003-4278-5355, e-mail: iv.yanishen@knmu.edu.ua
Сідорова О.В., https://orcid.org/0000-0002-4979-1291, e-mail: ov.sidorova@knmu.edu.ua
Кузнєцов Р.В., https://orcid.org/0000-0002-0314-5825, e-mail: rv.kuznetsov@knmu.edu.ua
Бугаєв В.Ю., https://orcid.org/0000-0003-1432-8229, e-mail: vybuhaiev.po23@knmu.edu.ua

Харківський національний медичний університет Міністерства охорони здоров'я України, Харків, Україна

Comparative evaluation of fluoride ion release from glass ionomer cements for permanent fixation

Yanishen I.V., https://orcid.org/0000-0003-4278-5355, e-mail: iv.yanishen@knmu.edu.ua
Sidorova O.V., https://orcid.org/0000-0002-4979-1291, e-mail: ov.sidorova@knmu.edu.ua
Kuznietsov R.V., https://orcid.org/0000-0002-0314-5825, e-mail: rv.kuznetsov@knmu.edu.ua
Bugaiev V.Yu., https://orcid.org/0000-0003-1432-8229, e-mail: vybuhaiev.po23@knmu.edu.ua

Kharkiv National Medical University of the Ministry of Health of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

Ключові слова:

цементи для фіксації, іони фтору, незнімні конструкції зубних протезів, склоіономерні цементи.

Для кореспонденції:

Сідорова Ольга Вадимівна
Харківський національний медичний університет Міністерства охорони здоров'я України, кафедра ортопедичної стоматології;
просп. Науки, буд. 4, м. Харків, Україна, 61022;
e-mail: ov.sidorova@knmu.edu.ua

© Янішен І.В., Сідорова О.В., Кузнєцов Р.В., Бугаєв В.Ю., 2026

РЕЗЮМЕ

Актуальність. У сучасній ортопедичній стоматології довготривала стабільність незнімних конструкцій значною мірою залежить від властивостей фіксуючих матеріалів. Важливе значення мають склоіономерні цементи, які поєднують надійну адгезію до твердих тканин зуба, біосумісність і здатність до пролонгованого вивільнення іонів фтору.
Мета роботи – оцінка здатності склоіономерних цементів вивільняти іони фтору після остаточного твердіння за результатами лабораторних досліджень.
Матеріали та методи. На базі лабораторії Акціонерного товариства «Стома» досліджено вивільнення іонів фтору склоіономерними цементами для постійної фіксації. Виготовлено 45 дископодібних зразків (d=8,60 мм; h=1,65 мм), розподілених на три групи (n=15): «Ketac Cem» (Німеччина), «Riva» (Австралія) та склоіономерний цемент на основі полікарбонової та винної кислот (Україна). Зразки інкубували у буферному, демінералізаційному (pH 4,3) і ремінералізаційному (pH 7,0) розчинах. Концентрацію іонів фтору визначали на 9, 15, 21 і 30 добу.
Результати. Порівняльну оцінку проводили за змінами вивільнення іонів фтору трьома склоіономерними цементами протягом 30 діб у різних розчинах. У «Ketac Cem» у розчині «А» відзначено зниження на 32,6% ($p<0,001$), у «В» – підвищення на 9,2% ($p<0,05$), у «С» – зменшення на 29,8% ($p<0,001$). У «Riva» показник знизився у розчині «А» на 30,8% ($p<0,001$) і у «С» – на 36,6% ($p<0,001$), тоді як у «В» підвищився на 14,7% ($p>0,05$). Для склоіономерного цементу на основі полікарбонової та винної кислот зміни були менш вираженими: у розчині «А» – зниження було на 6,7% ($p>0,05$), у «В» – на 9,4% ($p<0,05$), у «С» – на 17,1% ($p<0,01$).
Висновки. Усі досліджувані склоіономерні цементи після твердіння здатні до вивільнення іонів фтору, інтенсивність якого залежить від складу матеріалу та умов середовища. Найбільш виражені зміни показників спостерігалися у цементів «Ketac Cem» і «Riva», тоді як склоіономерний цемент на основі полікарбонової та винної кислот характеризувався більш стабільним вивільненням фтору.

Для цитування:

Янішен І.В., Сідорова О.В., Кузнєцов Р.В., Бугаєв В.Ю. Порівняльна оцінка вивільнення іонів фтору зі склоіономерних цементів для постійної фіксації. *Харківський стоматологічний журнал*. 2026. Т. 3, № 2(8). С. 423–433. DOI: https://doi.org/10.26565/3083-5607-2026-8-13

Key words:

fixed cement, fluoride ions, non-removable dental prostheses, glass ionomer cements.

For correspondence:

Sidorova Olga Vadymivna
Kharkiv National Medical University of the Ministry of Health of Ukraine, Department of Orthopedic Dentistry;
4 Nauky Ave., Kharkiv, Ukraine, 61022;
e-mail: ov.sidorova@knmu.edu.ua

© *Yanishen I.V., Sidorova O.V., Kuznietsov R.V., Bugaiev V.Yu., 2026*

ABSTRACT

Background. In modern prosthodontics, the long-term stability of fixed restorations depends largely on the properties of the bonding materials. Glass ionomer cements are of great importance, as they combine reliable adhesion to hard dental tissues, biocompatibility, and the ability to release fluoride ions over an extended period.
Purpose – of this study is to evaluate the ability of glass ionomer cements to release fluoride ions after final setting, based on the results of laboratory studies.
Materials and Methods. The release of fluoride ions from glass ionomer cements for permanent restoration was investigated at the laboratory of Stoma JSC. Forty-five disc-shaped specimens (d = 8.60 mm; h = 1.65 mm) were prepared and divided into three groups (n = 15): «Ketac Cem» (Germany), «Riva» (Australia), and glass ionomer cement based on polycarboxylic and tartaric acids (Ukraine). The specimens were incubated in buffer, demineralization (pH 4.3), and remineralization (pH 7.0) solutions. Fluoride ion concentration was determined on days 9, 15, 21, and 30.
Results. A comparative evaluation was conducted based on changes in fluoride ion release by three glass ionomer cements over a 30-day period in various solutions. For «Ketac Cem», a 32.6% decrease was observed in solution «A» ($p<0.001$), a 9.2% increase in solution «B» ($p<0.05$), and a 29.8% decrease in solution «C» ($p<0.001$). For «Riva», the value decreased in solution «A» by 30.8% ($p<0.001$) and in «C» by 36.6% ($p<0.001$), while in «B» it increased by 14.7% ($p>0.05$). For the glass ionomer cement based on polycarboxylic and tartaric acids, the changes were less pronounced: in solution «A», the decrease was 6.7% ($p>0.05$); in «B», 9.4% ($p<0.05$); and in «C», 17.1% ($p<0.01$).
Conclusions. All of the glass ionomer cements studied are capable of releasing fluoride ions after setting, with the rate of release depending on the material composition and environmental conditions. The most pronounced changes in indicators were observed in «Ketac Cem» and «Riva» cements, whereas the glass ionomer cement based on polycarboxylic and tartaric acids was characterized by more stable fluoride release.

For citation:

Yanishen IV, Sidorova OV, Kuznietsov RV, Bugaiev VYu. Comparative evaluation of fluoride ion release from glass ionomer cements for permanent fixation. *Kharkiv Dental Journal.* 2026;3(2(8)):423–433. DOI: https://doi.org/10.26565/3083-5607-2026-8-13

ВСТУП

У сучасній ортопедичній стоматології ефективність і довговічність незнімних ортопедичних конструкцій значною мірою визначаються властивостями матеріалів, що використовуються для їх постійної фіксації [1]. Порушення герметичності цементного шару може призводити до мікропроникності, накопичення мікробного нальоту та впливу органічних кислот, що створює умови для демінералізації твердих тканин зуба та розвитку вторинного карієсу в пришийковій ділянці опорних зубів [2].

У зв'язку з цим особливого значення набувають фіксуючі матеріали, здатні не лише забезпечувати стабільну ретенцію ортопедичних конструкцій, але й позитивно впливати на стан навколишніх тканин зуба [3]. Одними з найбільш перспективних у цьому відношенні є склоіономерні цементи, які характеризуються хімічною адгезією до твердих тканин зуба, достатньою біосумісністю та здатністю до поступового вивільнення іонів фтору [4]. Така властивість сприяє підтриманню ремінералізаційних процесів у емалі та дентині, а також підвищує карієсрезистентність у ділянці краю незнімної ортопедичної конструкції [5, 9].

Це дозволяє розглядати склоіономерні цементи не лише як матеріали для фіксації, а й як активний елемент профілактичної системи в ділянці пришийкового краю незнімної конструкції [6]. Формування

INTRODUCTION

In modern prosthetic dentistry, the effectiveness and durability of fixed prosthetic restorations are largely determined by the properties of the materials used for their permanent fixation [1]. Violations of the cement layer's integrity can lead to micropermeability, the accumulation of microbial plaque, and exposure to organic acids, creating conditions for the demineralization of hard dental tissues and the development of secondary caries in the cervical region of abutment teeth [2].

Therefore, bonding materials that are capable not only of ensuring stable retention of prosthetic restorations but also of positively affecting the condition of the surrounding dental tissues are of particular importance [3]. Some of the most promising materials in this regard are glass ionomer cements, which are characterized by chemical adhesion to hard dental tissues, sufficient biocompatibility, and the ability to gradually release fluoride ions [4]. These properties help maintain remineralization processes in enamel and dentin and also increase caries resistance at the margin of fixed prosthetic restorations [5, 9].

These findings suggest that glass ionomer cements should be viewed not only as bonding materials but also as an active component of a preventive system at the marginal edge of a fixed restoration [6]. Formation of a local fluoride reservoir at the interface with the hard tissues of the tooth creates conditions for stabilizing

локального фтордепо в зоні контакту з твердими тканинами зуба створює умови для стабілізації мінерального обміну та зменшення чутливості емалі до кислотних впливів [5, 7]. У сукупності ці ефекти сприяють більш тривалому збереженню межової герметичності та зменшенню ризику патологічних змін у пришийковій ділянці опорних зубів [4, 5].

Таким чином, дослідження здатності склоіономерних цементів, що використовуються для постійної фіксації незнімних ортопедичних конструкцій, до вивільнення іонів фтору в умовах різних дослідних середовищ, які імітують процеси демінералізації та ремінералізації у порожнині рота, є актуальним.

Мета роботи – оцінити здатність склоіономерних цементів вивільняти іони фтору після остаточного твердіння за результатами лабораторних досліджень.

locally fluoride depot in the area of contact with hard tissues of the tooth creates conditions for stabilizing mineral metabolism and reducing the enamel's sensitivity to acidic influences [5, 7]. These effects collectively contribute to the longer-term maintenance of marginal seal integrity and a reduced risk of pathological changes in the cervical region of the abutment teeth [4, 5].

It is therefore important to investigate the ability of glass ionomer cements used for the permanent cementation of fixed prosthetic restorations to release fluoride ions under various experimental conditions that mimic the processes of demineralization and remineralization in the oral cavity.

Objective – evaluate the ability of glass ionomer cements to release fluoride ions after final setting, based on the results of laboratory studies.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Дослідження здатності склоіономерних цементів (СІЦ) для постійної фіксації до вивільнення іонів фтору було проведено представниками кафедри ортопедичної стоматології на базі лабораторії Акціонерного товариства «Стома» за участю її співробітників. Було виготовлено 45 зразків зі склоіономерних цементів, які розподілили на три дослідні групи. Усі зразки мали форму дисків діаметром 8,60 мм і товщиною 1,65 мм. До першої групи належали зразки СІЦ «Ketac Cem» (виробник 3M ESPE, Німеччина), до II групи – СІЦ «Riva» (виробник SDI Limited, Австралія), III група – СІЦ на основі полікарбонової та винної кислот (ПКВК), (виробник АТ «Стома», Україна) [8].

Формування зразків здійснювали із застосуванням стандартної металевої форми з нержавіючої сталі, розміщеної між двома скляними пластинами з використанням прозорої матриці. Замішування досліджуваних цементів проводили відповідно до інструкцій виробника при температурі приміщення (25 ± 1°C). У процесі початкового твердіння в матеріал вводили фрагмент нейлонової нитки, що дозволяло фіксувати зразки під час їх перебування у дослідних розчинах. Остаточне твердіння склоіономерних цементів проводили при температурі 37 ± 1°C у термостаті, протягом часу, зазначеного в інструкції виробника.

Після виготовлення всі зразки випадковим чином розподіляли на три підгрупи по п'ять. Кожну підгрупу занурювали у відповідні дослідні середовища. Перше середовище – розчин «А» (буферний), який складався з деіонізованої води, оцтової кислоти, хлориду натрію та циклогексан-діамінотетраоцтової кислоти (ЦДТА). Цей розчин використовували для підтримання стабільної іонної сили середовища, забезпечення дисоціації фтору та регуляції рівня pH (кислотно-лужний баланс) (підгрупи Ia, IIa, IIIa). Друге середовище – розчин «В» (демінералізаційний), що містив деіонізовану воду, дегідрат хлориду кальцію, одноосновний фосфат натрію, ацетатний буфер, гідроксид натрію та тимол. Значення pH цього розчину становило 4,3, і зразки перебували в ньому протягом 6 годин на добу (Ib, IIb, IIIb). Третє середовище – розчин «С» (ремінералізаційний), до складу якого входили деіонізована вода, дегідрат хлориду каль-

MATERIALS AND METHODS

A study of the ability of glass ionomer cements (GICs) used for permanent restoration to release fluoride ions was conducted by representatives of the Department of Prosthodontics at the laboratory of Stoma JSC, with the participation of its staff. Forty-five samples of glass ionomer cements were prepared and divided into three experimental groups. All samples were in the form of discs with a diameter of 8.60 mm and a thickness of 1.65 mm. The first group consisted of «Ketac Cem» glass ionomer cement (manufacturer: 3M ESPE, Germany); the second group consisted of «Riva» glass ionomer cement (manufacturer: SDI Limited, Australia); and the third group consisted of PCTA-based glass ionomer cement (manufacturer: Stoma JSC, Ukraine) [8].

The samples were formed using a standard stainless-steel mold placed between two glass plates with a transparent matrix. The test cements were mixed in accordance with the manufacturer's instructions at room temperature (25 ± 1°C). During the curing process, a piece of nylon thread was inserted into the material, which allowed the samples to be secured while they were in the test solutions. The final setting of the glass ionomer cements was carried out at a temperature of 37 ± 1 C in a thermostat for the duration specified in the manufacturer's instructions.

After preparation, all samples were randomly divided into three subgroups of five. Each subgroup was immersed in the corresponding test media. The first medium was solution «A» (buffer), which consisted of deionized water, acetic acid, sodium chloride, and cyclohexanediaminetetraacetic acid (CDTA). This solution was used to maintain a stable ionic strength of the medium, ensure fluoride dissociation, and regulate the pH level (acid-base balance) (subgroups Ia, IIa, IIIa). In the second medium – solution «B» (demineralization) – the components were deionized water, calcium chloride dihydrate, monobasic sodium phosphate, acetate buffer, sodium hydroxide, and thymol. The pH of this solution was 4.3, and the samples were kept in it for 6 hours per day (Ib, IIb, IIIb). The third medium was solution «C» (remineralization), which consisted of deionized water, calcium chloride dihydrate, monobasic sodium phosphate, potassium chloride, tris(hydroxymethyl)aminomethane buffer (TRIS buffer), sodium hydroxide, and thymol. The pH of this solution

цію, одноосновний фосфат натрію, хлорид калію, трис(гідроксиметил)амінометановий буфер (TPIC-буфер), гідроксид натрію та тимол. Рівень pH цього розчину становив 7,0, а тривалість перебування зразків у ньому складала 18 годин на добу (Ic, IIc, IIIc).

Розчини «B» і «C» формували систему циклічної зміни pH, яка застосовувалась для моделювання процесів демінералізації та ремінералізації. Розчини для інкубації готували щоденно. Після 6-годинного перебування у демінералізуючому розчині зразки переносили у ремінералізуючий на 18 годин.

Кожен зразок розміщували в окремому поліпропіленовому флаконі розміром 18 × 100 мм, що містив 4 мл відповідного дослідного розчину. Флакони герметизували лабораторною целюлозною плівкою та поміщали у термостат, де підтримувалась постійна температура 37 ± 0,5°C протягом 24 годин. Після завершення цього періоду зразки виймали, промивали 1 мл проточної дистильованої води, яку додавали до наявного розчину, доводячи загальний об'єм до 5 мл. Далі зразки переносилися у нову порцію свіжого дослідного розчину об'ємом 4 мл та знову розміщували у сушильній шафі до наступного етапу вимірювань. Подальші вимірювання проводили через визначені часові інтервали – наприкінці 9-ї, 15-ї, 21-ї та 30-ї доби експерименту. Оцінку іонів фтору, вилуженого в різних розчинах, проводили за допомоги цифрового іонного аналізатора ORION, модель (1260), оснащеного комбінованим фторид-іон-специфічним електродом ORION (96–09). Після калібрування електрода стандартним розчином фтору з концентрацією 1 і 10 ppm, оцінка вивільнення фтору в кожному досліджуваному розчині проводилась шляхом відбирання 5 мл аліквоти проби, до якої додавали 0,5 мл розчину для визначення фторидів. Це було зроблено для усунення будь-яких втручання інших іонів, таких як Al^{3+}, Na^{+}, Sr^{+} тощо. Цей розчин перемішували протягом 60 секунд, а потім кінчик каліброваного електрода повністю занурювали в розчин. Результати вимірювань подано у форматі M ± m, де M – середнє значення, m – стандартна похибка середнього. Статистичну обробку здійснено із застосуванням параметричних тестів (t-критерій Стьюдента та однофакторний дисперсійний аналіз ANOVA) із подальшим порівнянням пар груп за допомогою пост-хок тесту Тьюкі. Рівень статистичної значущості встановлено на рівні $p \leq 0,05$. Усі розрахунки виконані з використанням Excel 2021 (Microsoft, USA).

was 7.0, and the samples were kept in it for 18 hours per day (Ic, IIc, IIIc).

The solutions «B» and «C» formed a system of cyclic pH changes, which was used to simulate the processes of demineralization and remineralization. The incubation solutions were prepared daily. After 6 hours in the demineralizing solution, the samples were transferred to the remineralizing solution for 18 hours.

The samples were placed in separate 18 × 100 mm polypropylene vials containing 4 mL of the corresponding test solution. The vials were sealed with laboratory-grade cellulose film and placed in a thermostat, where a constant temperature of 37 ± 0.5°C was maintained for 24 hours. After this period, the samples were removed, rinsed with 1 mL of distilled water, which was added to the existing solution, bringing the total volume to 5 mL. The samples were then transferred to a new 4 mL portion of fresh test solution and placed back in the drying oven until the next measurement stage. Subsequent measurements were taken at specific time intervals – at the end of the 9th, 15th, 21st, and 30th days of the experiment. The fluoride ions leached into various solutions were measured using an ORION digital ion analyzer, model (1260), equipped with a combined fluoride-ion-specific ORION electrode (96–09). After calibrating the electrode with a standard fluoride solution at concentrations of 1 and 10 ppm, the fluoride release in each test solution was measured by taking a 5 mL aliquot of the sample and adding 0.5 mL of a fluoride determination solution. This was done to eliminate any interference from other ions, such as Al^{3+}, Na^{+}, Sr^{+}, etc. This solution was stirred for 60 seconds, and then the tip of the calibrated electrode was fully immersed in the solution. The measurement results are presented in the format M ± m, where M is the mean value and m is the standard error of the mean. Statistical analysis was performed using parametric tests (Student's t-test and one-way ANOVA) followed by pairwise comparisons of groups using Tukey's post-hoc test. The level of statistical significance was set at $p \leq 0.05$. All calculations were performed using Excel 2021 (Microsoft, USA).

РЕЗУЛЬТАТИ

Порівняльний аналіз результатів вивільнення іонів фтору зі склоіономерних цементів подано у табл. 1.

Порівняльна оцінка отриманих результатів проводилася шляхом аналізу змін вивільнення іонів фтору у різних розчинах протягом 30 діб дослідження для трьох видів склоіономерних цементів.

У групі СІЦ «Ketac Cem» у розчині «A» на 30-ту добу показник зменшився на 10,72 мкг $F^{-}/см^2$ (32,6)%, при цьому різниця є статистично достовірною ($p<0,001$). У розчині «B», навпаки, спостерігалося підвищення вивільнення іонів фтору на 30-ту добу на 3,33 мкг $F^{-}/см^2$ (9,2)%, а різниця також була

RESULTS

The comparative analysis of fluoride ion release from glass ionomer cements is presented in Table 1.

We compared the results by analyzing changes in fluoride ion release in various solutions over the 30-day study period for three types of glass ionomer cements.

In the «Ketac Cem» group, the concentration in solution «A» decreased by 10.72 μg F^{-}/cm^2 (32.6%) by day 30, and this difference was statistically significant ($p<0.001$). In solution «B», conversely, an increase in fluoride ion release was observed on day 30 by 3.33 μg F^{-}/cm^2 (9.2%), and the difference was also statistically significant ($p<0.05$). In solution «C», the

статистично достовірна (p<0,05). У розчині «С» показник зменшився на 8,94 мкг F^-/см^2 (29,8)%, (p<0,001). Отже, для матеріалу СІЦ «Ketac Cem» характерним є достовірне зниження показників у розчинах «А» та «С» при незначному, але статистично значущому підвищенні у розчині В (рис. 1).

value decreased by 8.94 μg F^-/cm^2 (29.8)%, (p<0.001). Thus, for the «Ketac Cem» cementitious material, a significant decrease in indicators is characteristic in solutions «A» and «C», with a slight but statistically significant increase in solution «B» (Fig. 1).

Таблиця 1. Виділення іонів фтору зі склоіономерних цементів (мкг F^-/см^2) у різних дослідних середовищах
Table 1. Fluoride ion release from glass ionomer cements (μg F^-/cm^2) in various experimental media

День Day	СІЦ «Ketac Cem» / GIC «Ketac Cem»			СІЦ «Riva» / GIC «Riva»			СІЦ на основі ПКВК / GIC based on PCTA		
	Розчин «А» Solution «А»	Розчин «В» Solution «В»	Розчин «С» Solution «С»	Розчин «А» Solution «А»	Розчин «В» Solution «В»	Розчин «С» Solution «С»	Розчин «А» Solution «А»	Розчин «В» Solution «В»	Розчин «С» Solution «С»
1	32,93±1,06a	36,22±1,08a	29,99±1,12a	37,85±2,09a	48,34±4,82a	30,84±1,05a	49,97±3,22b	82,18±1,76b	38,51±1,34a
9	26,89±1,05b	31,09±3,88b	21,25±0,22b	28,01±1,20b	44,32±4,27b	20,61±0,78b	43,12±2,63c	70,38±1,62c	26,96±3,73b
15	22,45±0,38c	33,18±0,66b	25,37±0,98c	24,05±1,07c	46,18±1,48b	22,06±0,71c	38,16±2,91c	63,45±2,43c	22,64±1,87c
21	30,65±2,17b	30,43±0,32c	22,46±0,53c	23,39±1,27c	54,96±0,53a	17,46±0,65c	40,04±2,82c	69,81±1,95c	26,78±1,83b
30	22,21±0,43c	39,55±1,09a	21,05±0,16c	26,19±1,33c	55,43±0,36a	19,56±1,21c	46,62±4,73b	74,42±2,84b	31,92±1,64b

Примітки:
a – значення, що належать до групи з найвищим рівнем показника в межах часової динаміки, статистично відрізняються від інших часових точок (p ≤ 0,05);
b – проміжні або вихідні значення, які формують окрему однорідну групу без суттєвих відмінностей всередині неї;
c – знижені значення, що достовірно відрізняються від групи a і частково від b (p ≤ 0,05);
d – найнижчі або мінімальні значення, що мають найбільш виражені статистичні відмінності (p ≤ 0,01).

Notes:
a – values belonging to the group with the highest level of the measured parameter within the time course, which are statistically significantly different from other time points (p ≤ 0.05);
b – intermediate or baseline values forming a separate homogeneous group without statistically significant differences within this subset;
c – reduced values that are significantly different from group a and partially from group b (p ≤ 0.05);
d – the lowest or minimal values showing the most pronounced statistically significant differences (p ≤ 0.01).

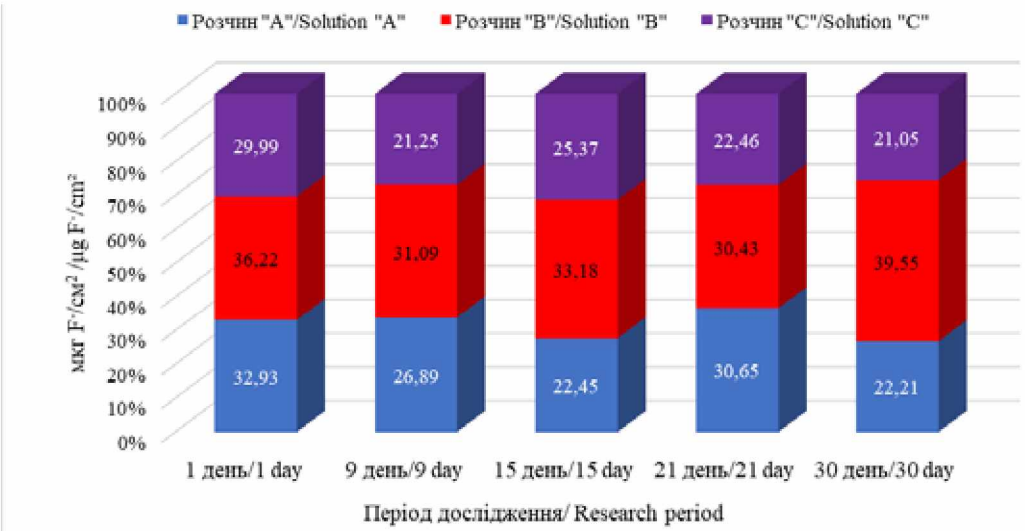


Рис. 1. Дослідження вивільнення іонів фтору у СІЦ «Ketac Cem» після його перебування у розчинах «А», «В» та «С»
Fig. 1. Research of fluoride ion release from the GIC «Ketac Cem» after exposure to solutions «A», «B», and «C»

У групі з матеріалом СІЦ «Riva» зміни показників були більш вираженими. У розчині «А» на 30-ту добу вивільнення іонів фтору знизилось на 11,66 мкг F^-/см^2 (30,8)% демонструючи статистичну різницю (p<0,001). У розчині «В» відмічалося підвищення вивільнення іонів фтору на 7,09 мкг F^-/см^2 (14,7)%, однак ця різниця не є статистично достовірною (p>0,05). У розчині «С» вивільнення іонів фтору знизилося на 11,28 мкг F^-/см^2 (36,6)% (p<0,001) (рис. 2).

У групі з матеріалом СІЦ на основі ПКВК зміни вивільнення іонів фтору були менш вираженими. У розчині «А» на 30-ту добу результат зменшився на 3,35 мкг F^-/см^2 (6,7)%, однак різниця статистично недостовірна (p>0,05). У розчині «В» вивільнення

In the group using the «Riva», the changes in the parameters were more pronounced. In solution «A», by day 30, the release of fluoride ions had decreased by 11.66 μg F^-/cm^2 (30.8%), demonstrating a statistically significant difference (p<0.001). In solution «B», an increase in fluoride ion release of 7.09 μg F^-/cm^2 (14.7%) was observed; however, this difference is not statistically significant (p>0.05). In solution «C», the release of fluoride ions decreased by 11.28 μg F^-/cm^2 (36.6%) (p<0.001) (Fig. 2).

In the group treated with the GIC PCTA material, changes in fluoride ion release were less pronounced. In solution «A», the result decreased by 3.35 μg F^-/cm^2 (6.7%) by day 30; however, the difference was not sta-

іонів фтору знизилося на 7,76 мкг F^-/см^2 (9,4)%, різниця статистично достовірна (p<0,05). У розчині «С» також відмічалося зниження на 6,59 мкг F^-/см^2 (17,1)%, при цьому різниця статистично достовірна (p<0,01) (рис. 3).

tistically significant (p>0.05). In solution «B», fluoride ion release decreased by 7.76 μg F^-/cm^2 (9.4%), and the difference was statistically significant (p<0.05). In solution «C», a decrease of 6.59 μg F^-/cm^2 (17.1%) was also observed, and the difference was statistically significant (p<0.01) (Fig. 3).

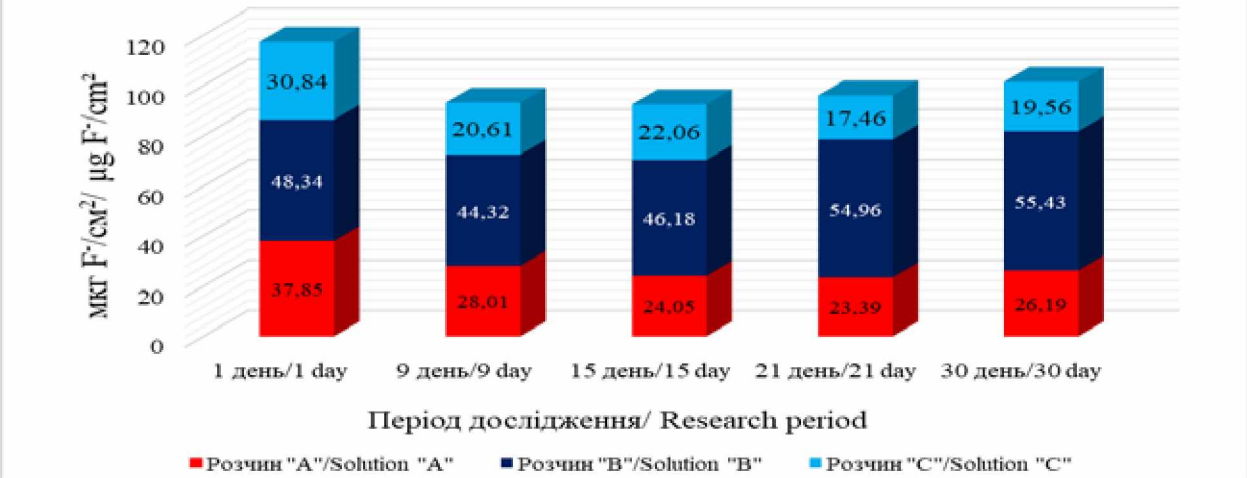


Рис. 2. Дослідження вивільнення іонів фтору у СІЦ «Riva» після його перебування у розчинах «А», «В» та «С»
Fig. 2. Research of fluoride ion release from the GIC «Riva» after exposure to solutions «A», «B», and «C»

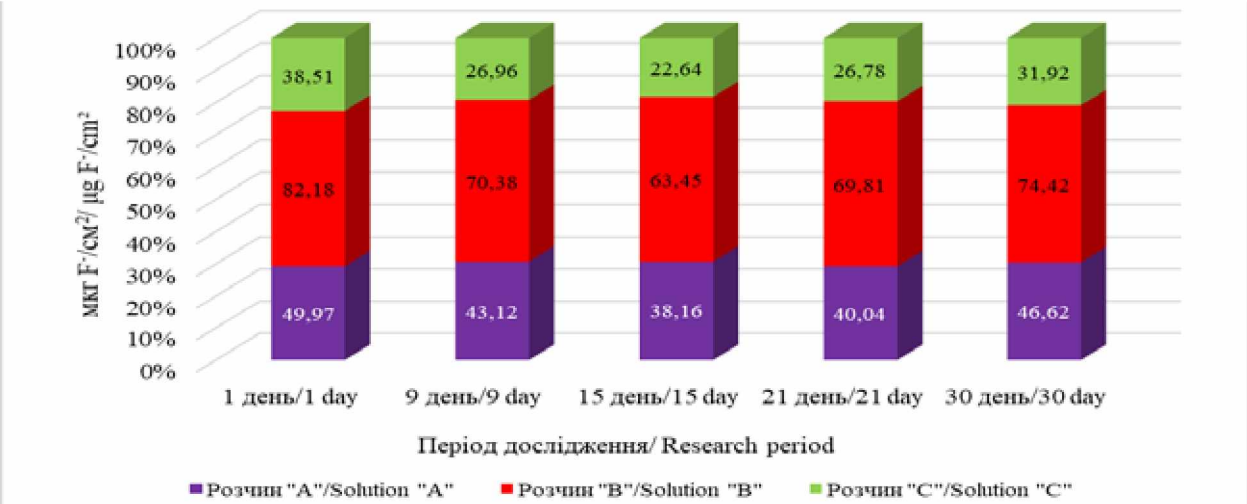


Рис. 3. Дослідження вивільнення іонів фтору у СІЦ на основі ПКВК після його перебування у розчинах «А», «В» та «С»
Fig. 3. Research of fluoride ion release from the GIC based on PCTA after exposure to solutions «A», «B», and «C»

ОБГОВОРЕННЯ

Отримані результати загалом узгоджуються з даними наукових публікацій щодо особливостей вивільнення іонів фтору зі склоіономерних цементів, проте дозволяють уточнити окремі аспекти цієї закономірності для матеріалів різного походження [6, 7]. Між досліджуваними зразками виявлено суттєві відмінності як у кількох показниках виділення іонів фтору, так і в динаміці його розподілу в часі, що змінилося при неоднорідності фізико-хімічних властивостей порівнюваних матеріалів та, ймовірно, при відмінності в їх виробничих технологіях. Найбільш рівномірний характер вивільнення фтору спостерігався у вітчизняного цементу на основі ПКВК [8]. На відміну від зарубіжних аналогів, для яких було характерне виражене початкове пікове вивільнення F^-

DISCUSSION

Overall, the results obtained are consistent with data from scientific publications regarding the characteristics of fluoride ion release from glass ionomer cements; however, they allow for a more precise understanding of certain aspects of this pattern for materials of different origins [6, 7]. Significant differences were found among the studied samples in both several indicators of fluoride ion release and in the dynamics of its distribution over time, which varied due to the heterogeneity of the physicochemical properties of the compared materials and, likely, due to differences in their manufacturing technologies. The most uniform nature of fluoride release was observed in the domestic PCTA-based cement [8]. Unlike foreign analogues, which were characterized by a pronounced initial

з подальшим різким зниженням концентрації, цей матеріал продемонстрував достатньо стабільні показники, протягом усього періоду спостереження, без різкого коливання концентрації іонів фтору. Така особливість може бути пов'язана з більш однорідною структурою цементної матриці та поступовим дифузійним механізмом виходу фтору з матеріалу [8, 17]. З клінічної точки зору саме ця характеристика є принципово важливою: тривале утримання стабільних терапевтичних концентрацій іонів фтору на межі «цементна плівка – тканини опорного зуба» є необхідною умовою для реалізації карієспрофілактичного потенціалу матеріалу, тоді як короткочасний викид з наступним виснаженням резерву, характерний для деяких імпортних цементів, може бути менш ефективним у довгостроковому використанні.

Аналіз літературних джерел підтверджує, що процеси виділення іонів фтору у СІЦ для постійної фіксації мають складний та багатокомпонентний характер і залежать від низки взаємопов'язаних факторів: хімічного складу цементу, типу і речовин, які входять до складу модифікувальних добавок, технологічних особливостей виготовлення матеріалу, а також умов функціонування у порожнині рота, зокрема при коливанні показника pH [9, 11]. Виявлені в нашому дослідженні міжматеріальні відмінності вкладаються в цю багатофакторну модель: відмінності у складі скляного порошку, відповідні компоненти та характер полімерної матриці, очевидно, зумовлюють різні кінетичні профілі вивільнення іонів фтору в кожному з матеріалів.

Окремої уваги заслуговує роль кислотності дослідного середовища. Власні результати підтвердили, що зниження pH суттєво впливає на інтенсивність іонного обміну [10, 12]: модель кислотного середовища, яка імітувала карієсогенну ситуацію, сприяє інтенсивнішому виходу фторид-іонів [13]. Це узгоджується з даними інших авторів [10, 14], однак наше дослідження дозволяє додатково відзначити, що ступінь цієї дії відрізнявся між матеріалами: аналогові цементи продемонстрували більш виражену чутливість до змін pH, тоді як СІЦ на основі ПКВК – зберігав відносну стабільність показників навіть в умовах кислотного навантаження. Це може свідчити про відмінності в механізмах іонного вивільнення та стійкість матриці до кислотної деградації.

Виявлений феномен посилення виділення іонів фтору в кислому середовищі має особливе клінічне значення з огляду на те, що саме в умовах підвищеної кислотності, тобто в момент реальної загрози розвитку вторинного карієсу, СІЦ здатний активізувати свій захисний потенціал. Таким чином, йдеться не про пасивне виділення фтору, а про власну адаптивну відповідь цементу для постійної фіксації на несприятливі умови середовища, що є одним із ключових механізмів карієспрофілактичної дії склоіономерних цементів [15, 16].

Таким чином, отримані результати підтверджують багатофакторний характер процесу фторидовиділення та свідчать, що клінічна ефективність склоіономерних цементів визначається не лише їхнім хімічним складом, а й особливостями взаємодії матеріалу з умовами середовища порожнини рота [17].

peak release of F^- followed by a sharp decrease in concentration, this material demonstrated sufficiently stable indicators throughout the entire observation period, without sharp fluctuations in fluoride ion concentration. This characteristic may be attributed to the more homogeneous structure of the cement matrix and the gradual diffusion mechanism by which fluoride is released from the material [8, 17]. From a clinical standpoint, this characteristic is of fundamental importance: the sustained maintenance of stable therapeutic concentrations of fluoride ions at the «cement film – supporting tooth tissue» interface is a necessary condition for realizing the material's caries-preventive potential, whereas a short-term release followed by depletion of the reserve, characteristic of some imported cements, may be less effective in long-term use.

A review of the literature confirms that the processes of fluoride ion release in cement for permanent restoration are complex and multifaceted, depending on a number of interrelated factors: the chemical composition of the cement, the type and substances comprising the modifying additives, the technological features of the material's manufacture, as well as the conditions of use in the oral cavity, particularly during pH fluctuations [9, 11]. The material differences identified in our study fit into this multifactorial model: differences in the composition of the glass powder, the corresponding components, and the nature of the polymer matrix evidently determine the different kinetic profiles of fluoride ion release in each of the materials.

The role of the acidity of the test medium deserves special attention. Our own results confirmed that a decrease in pH significantly affects the intensity of ion exchange [10, 12]: an acidic medium model simulating a cariogenic situation promotes a more intense release of fluoride ions [13]. This is consistent with the findings of other authors [10, 14]; however, our study additionally reveals that the extent of this effect varied among materials: analog cements demonstrated a more pronounced sensitivity to pH changes, whereas PCTA-based GIC maintained relative stability of its parameters even under acidic conditions. This may indicate differences in the mechanisms of ion release and the matrix's resistance to acid degradation.

The observed phenomenon of increased fluoride ion release in an acidic environment has particular clinical significance, given that it is precisely under conditions of elevated acidity – that is, at the moment of a real threat of secondary caries development – that GIC is capable of activating its protective potential. Thus, this is not a matter of passive fluoride release, but rather the cement's own adaptive response to continuously counteract adverse environmental conditions, which is one of the key mechanisms of the caries-preventive action of glass ionomer cements [15, 16].

Thus, the results obtained confirm the multifactorial and dynamic nature of the process of fluoride ion release and indicate that the clinical efficacy of GICs depends not only on their chemical composition but also on the material's ability to adaptively respond to changes in oral cavity pH [17].

ВИСНОВКИ

Аналіз отриманих результатів показав, що протягом 30 діб у більшості досліджуваних груп відбувається зниження досліджуваного показника. Найбільш виражені та статистично достовірні зміни спостерігалися для СІЦ «Riva» у розчині «С» (p<0,001) та СІЦ «Ketac Cem» у розчині «А» (p<0,001). Водночас у розчині «В» для СІЦ «Riva» відмічена тенденція до підвищення показників, проте вона не досягла статистичної значущості (p>0,05). Найменші та статистично недостовірні зміни виявлено для СІЦ на основі ПКВК у розчині «А», що свідчить про відносну стабільність цього матеріалу у відповідних умовах дослідження.

CONCLUSIONS

Analysis of the results showed that over a 30-day period, the measured parameter decreased in most of the study groups. The most pronounced and statistically significant changes were observed for the Riva GIC in solution «C» (p<0.001) and the Ketac Cem GIC in solution «A» (p<0.001). At the same time, in solution «B» for the «Riva» composite, a tendency toward an increase in indicators was noted, but it did not reach statistical significance (p>0.05). The smallest and statistically insignificant changes were found for the PCTA-based GIC in solution «A», indicating the relative stability of this material under the corresponding study conditions.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Nedeljkovic I., De Munck J., Vanloy A., Declerck D., Lambrechts P., Peumans M., et al. Secondary caries: prevalence, characteristics, and approach. *Clinical Oral Investigations*. 2020. Vol. 24, № 2. P. 683–691. DOI: https://doi.org/10.1007/s00784-019-02894-0
2. Brkanović S., Ivanišević A., Miletić I., Mezdić D., Jukić Krmek S. Effect of nano-filled protective coating and different pH environment on wear resistance of new glass hybrid restorative material. *Materials*. 2021. Vol. 14, № 4. P. 755. DOI: https://doi.org/10.3390/ma14040755
3. Nicholson J.W., Coleman N.J., Sidhu S.K. Kinetics of ion release from a conventional glass-ionomer cement. *Journal of Materials Science: Materials in Medicine.* 2021. Vol. 32, № 4. P. 30. DOI: https://doi.org/10.1007/s10856-021-06501-1
4. Šošić A., Šalinović I., Sauro S., Nemet I., Ilić N., Rončević S., et al. Evaluation of fluoride and calcium ion release and fluoride recharge capacity of glass-ionomer materials modified with experimental bioactive glass. *Scientific Reports.* 2025. Vol. 15, № 1. P. 40212. DOI: https://doi.org/10.1038/s41598-025-24034-3
5. Hasan A.M.H.R., Sidhu S.K., Nicholson J.W. Fluoride release and uptake in enhanced bioactivity glass ionomer cement (glass carbomer™) compared with conventional and resin-modified glass ionomer cements. *Journal of Applied Oral Science.* 2019. Vol. 27. P. e20180230. DOI: https://doi.org/10.1590/1678-7757-2018-0230
6. Dziuk Y., Chhatwani S., Möhlhenrich S.C., Tulka S., Naumova E.A., Danesh G. Fluoride release from two types of fluoride-containing orthodontic adhesives: conventional versus resin-modified glass ionomer cements–an in vitro study. *PLOS ONE.* 2021. Vol. 16, № 2. P. e0247716. DOI: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0247716
7. Brenes-Alvarado A., Cury J.A. Fluoride release from glass ionomer cement and resin-modified glass ionomer cement materials under conditions mimicking the caries process. *Operative Dentistry.* 2021. Vol. 46, № 4. P. 457–466. DOI: https://doi.org/10.2341/19-296-L
8. Сідорова О.В., Янішен І.В., Томілін В.Г., Дюдіна І.Л., Білобров Р.В. Стоматологічний склоіономірний цемент для постійної фіксації незнімних конструкцій : пат. 136119 Україна, МПК A61K 6/00 (2019.01). № u201900216; заявл. 08.01.2019; опубл. 12.08.2019, Бюл. № 15 / заявник та патентовласник Харківський національний медичний університет. URL: https://sis.nipo.gov.ua/media/UTILITY_MOD/2019/u201900216/published_description.pdf
9. Heboyan A., Vardanyan A., Karobari M.I., Marya A., Avagyan T., Tebyaniyan H., et al. Dental luting cements: an updated comprehensive review. *Molecules*. 2023. Vol. 28, № 4. P. 1619. DOI: https://doi.org/10.3390/molecules28041619
10. Tokarczuk D., Tokarczuk O., Kiryk J., Kensy J., Szablińska M., Dyl T., et al. Fluoride release by restorative materials after the application of surface coating agents: a systematic review. *Applied Sciences.* 2024. Vol. 14, № 11. P. 4956. DOI: https://doi.org/10.3390/app14114956
11. Ge K.X., Quock R., Yan F., Lam W.Y.H., Chu C.H., Yu O.Y. Ion release of the glass ionomer restoration with silver diamine fluoride dentin pretreatment. *Journal of Dentistry.* 2024. Vol. 148. P. 105247. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jdent.2024.105247
12. Klimas S., Kiryk S., Kiryk J., Kotela A., Kensy J., Michalak M., et al. The impact of environmental and material factors on fluoride release from metal-modified glass ionomer cements: a systematic review of in vitro studies. *Materials*. 2025. Vol. 18, № 13. P. 3187. DOI: https://doi.org/10.3390/ma18133187
13. Dobrzyński M., Klimas S., Kotela A., Majchrzak Z., Kensy J., Laszczyńska M., et al. Evaluation of factors affecting fluoride release from dental sealants: a systematic review. *Materials.* 2025. Vol. 18, № 23. P. 5350. DOI: https://doi.org/10.3390/ma18235350
14. Bueno L.S., Silva R.M., Magalhães A.P.R., Navarro M.F.L., Pascotto R.C.,

REFERENCES

1. Nedeljkovic I, De Munck J, Vanloy A, Declerck D, Lambrechts P, Peumans M, et al. Secondary caries: prevalence, characteristics, and approach. *Clinical Oral Investigations*. 2020;24(2):683–91. DOI: https://doi.org/10.1007/s00784-019-02894-0
2. Brkanović S, Ivanišević A, Miletić I, Mezdić D, Jukić Krmek S. Effect of nano-filled protective coating and different pH environment on wear resistance of new glass hybrid restorative material. *Materials*. 2021;14(4):755. DOI: https://doi.org/10.3390/ma14040755
3. Nicholson JW, Coleman NJ, Sidhu SK. Kinetics of ion release from a conventional glass-ionomer cement. *Journal of Materials Science: Materials in Medicine.* 2021;32(4):30. DOI: https://doi.org/10.1007/s10856-021-06501-1
4. Šošić A, Šalinović I, Sauro S, Nemet I, Ilić N, Rončević S, et al. Evaluation of fluoride and calcium ion release and fluoride recharge capacity of glass-ionomer materials modified with experimental bioactive glass. *Scientific Reports.* 2025;15(1):40212. DOI: https://doi.org/10.1038/s41598-025-24034-3
5. Hasan AMHR, Sidhu SK, Nicholson JW. Fluoride release and uptake in enhanced bioactivity glass ionomer cement (Glass Carbomer™) compared with conventional and resin-modified glass ionomer cements. *Journal of Applied Oral Science.* 2019;27. DOI: https://doi.org/10.1590/1678-7757-2018-0230
6. Dziuk Y, Chhatwani S, Möhlhenrich SC, Tulka S, Naumova EA, Danesh G. Fluoride release from two types of fluoride-containing orthodontic adhesives: conventional versus resin-modified glass ionomer cements-an in vitro study. *PLOS ONE.* 2021;16(2). DOI: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0247716
7. Brenes-Alvarado A, Cury JA. Fluoride release from glass ionomer cement and resin-modified glass ionomer cement materials under conditions mimicking the caries process. *Operative Dentistry.* 2021;46(4):457–66. DOI: https://doi.org/10.2341/19-296-L
8. Sidorova OV, Yanishen IV, Tomilin VH, Diudina IL, Bilobrov RV. Dental glass ionomer cement for permanent fixation of fixed prosthetic constructions: utility model patent No. 136119, Ukraine, IPC A61K 6/00 (2019.01). No. u201900216; filed 08.01.2019; published 12.08.2019, Bull. No. 15; applicant and patent holder: Kharkiv National Medical University. (in Ukrainian). URL: https://sis.nipo.gov.ua/media/UTILITY_MOD/2019/u201900216/published_description.pdf
9. Heboyan A, Vardanyan A, Karobari MI, Marya A, Avagyan T, Tebyaniyan H, et al. Dental luting cements: an updated comprehensive review. *Molecules*. 2023;28(4):1619. DOI: https://doi.org/10.3390/molecules28041619
10. Tokarczuk D, Tokarczuk O, Kiryk J, Kensy J, Szablińska M, Dyl T, et al. Fluoride release by restorative materials after the application of surface coating agents: a systematic review. *Applied Sciences*. 2024;14(11):4956. DOI: https://doi.org/10.3390/app14114956
11. Ge KX, Quock R, Yan F, Lam WYH, Chu CH, Yu OY. Ion release of the glass ionomer restoration with silver diamine fluoride dentin pretreatment. *Journal of Dentistry.* 2024;148:105247. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jdent.2024.105247
12. Klimas S, Kiryk S, Kiryk J, Kotela A, Kensy J, Michalak M, et al. The impact of environmental and material factors on fluoride release from metal-modified glass ionomer cements: a systematic review of in vitro studies. *Materials.* 2025;18(13):3187. DOI: https://doi.org/10.3390/ma18133187
13. Dobrzyński M, Klimas S, Kotela A, Majchrzak Z, Kensy J, Laszczyńska M, et al. Evaluation of factors affecting fluoride release from dental sealants: a systematic review. *Materials.* 2025;18(23):5350. DOI: https://doi.org/10.3390/ma18235350
14. Bueno LS, Silva RM, Magalhães APR, Navarro MFL, Pascotto RC,

Buzalaf M.A., et al. Positive correlation between fluoride release and acid erosion of restorative glass-ionomer cements. *Dental Materials*. 2019. Vol. 35, № 1. P. 135–143. DOI: https://doi.org/10.1016/j.dental.2018.11.007
15. Nicholson J.W., Sidhu S.K., Czarnecka B. Fluoride exchange by glass-ionomer dental cements and its clinical effects: a review. *Biomaterial Investigations in Dentistry*. 2023. Vol. 10, № 1. P. 2244982. DOI: https://doi.org/10.1080/26415275.2023.2244982
16. Malik Z., Butt D.Q., Butt Z.Q., Muhammad N., Kaleem M., Liaqat S., et al. Evolution of anticariogenic resin-modified glass ionomer cements. *ChemBioEng Reviews*. 2021. Vol. 8, № 4. P. 326–336. DOI: https://doi.org/10.1002/cben.202100005
17. Янішен І.В., Сідорова О.В., Кричка Н.В. Порівняльна оцінка властивостей зуботехнічних матеріалів для фіксації незнімних конструкцій зубних протезів: монографія. Харків: Харківський національний медичний університет, 2024. 105 с. URL: https://repo.knmu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/b4e6ce92-dfec-4fe2-8323-be0d974cdb7c/content

Buzalaf MA, et al. Positive correlation between fluoride release and acid erosion of restorative glass-ionomer cements. *Dental Materials*. 2019;35(1):135–43. DOI: https://doi.org/10.1016/j.dental.2018.11.007
15. Nicholson JW, Sidhu SK, Czarnecka B. Fluoride exchange by glass-ionomer dental cements and its clinical effects: a review. *Biomaterial Investigations in Dentistry*. 2023;10(1):2244982. DOI: https://doi.org/10.1080/26415275.2023.2244982
16. Malik Z, Butt DQ, Butt ZQ, Muhammad N, Kaleem M, Liaqat S, et al. Evolution of anticariogenic resin-modified glass ionomer cements. *ChemBioEng Reviews*. 2021;8(4):326–36. DOI: https://doi.org/10.1002/cben.202100005
17. Yanishen IV, Sidorova OV, Krychka NV. Comparative evaluation of the properties of dental materials for fixation of fixed prosthetic constructions: monograph. Kharkiv: Kharkiv National Medical University; 2024:105 p. (in Ukrainian). URL: https://repo.knmu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/b4e6ce92-dfec-4fe2-8323-be0d974cdb7c/content

Обмеження дослідження

Проведене дослідження має низку обмежень, які необхідно враховувати при інтерпретації отриманих результатів. Робота виконувалась в лабораторії АТ «Стома» (Харків, Україна) на 45 зразках-дисках (d = 8,60 мм; h = 1,65 мм), розподілених на три групи. Було досліджено здатність склоіономерних цементів для постійної фіксації до вивільнення іонів фтору.
Отримані результати слід розглядати як етап матеріалознавчого обґрунтування, що потребує подальших доклінічних та клінічних досліджень.

Limitations of the study

This study has a number of limitations that must be taken into account when interpreting the results. The study was conducted in the laboratory of Stoma JSC (Kharkiv, Ukraine) on 45 disc-shaped specimens (d = 8.60 mm; h = 1.65 mm), divided into three groups. The ability of glass ionomer cements for permanent restoration to release fluoride ions was investigated.
The results obtained should be considered as a stage of materials science justification, requiring further preclinical and clinical studies.

Перспективи подальших досліджень

У зв'язку з активним розвитком адативних технологій (CAD/CAM) перспективним є дослідження ефективності використання склоіономерних цементів для фіксації ортопедичних конструкцій, які були виготовлені методом фрезерування, або 3D друку. Вивчення сумісності цементів із різними сучасними матеріалами (цирконієм, літійдисилікатною керамікою, титановими конструкціями) дозволить розширити можливості їх клінічного застосування в практиці лікарів стоматологів-ортопедів.

Prospects for further research

The active development of adaptive technologies (CAD/CAM) makes it promising to investigate the effectiveness of glass ionomer cements for fixing prosthetic structures manufactured using milling or 3D printing. Studying the compatibility of these cements with various modern materials (zirconia, lithium disilicate ceramics, titanium structures) will expand the possibilities for their clinical application in the practice of prosthetic dentists.

Конфлікт інтересів

Всі автори подали до редакції заповнену Єдину форму розкриття конфлікту інтересів Міжнародного комітету редакторів медичних журналів «ICMJE» (International Committee of Medical Journal Editors), яка доступна за посиланням:
http://www.icmje.org/conflicts-of-interest/
Автори рукопису свідомо засвідчують відсутність фактичного або потенційного конфлікту інтересів щодо результатів цієї роботи з фармацевтичними компаніями, виробниками біомедичних пристроїв, іншими організаціями, чиї продукти, послуги, фінансова підтримка можуть бути пов'язані з предметом наданих матеріалів або які спонсорували проведені дослідження.

Conflict of interest

All authors have submitted to the editorial office a completed ICMJE (International Committee of Medical Journal Editors) Conflict of Interest Disclosure Form, available at:
http://www.icmje.org/conflicts-of-interest/
The authors of the manuscript consciously declare that they have no actual or potential conflict of interest regarding the results of this work with pharmaceutical companies, biomedical device manufacturers, or other organizations whose products, services, or financial support may be related to the subject matter of the submitted materials.

Дотримання етичних норм

Дослідження не передбачало залучення людей або лабораторних тварин. Усі експериментальні роботи виконані з використанням зразків матеріалів та лабораторних методів відповідно до загальноприйнятих етичних норм наукових досліджень.

Ethics statement

The study did not involve humans or laboratory animals. All experimental work was performed using model materials and laboratory methods in accordance with generally accepted ethical standards of scientific research.

Використання штучного інтелекту

Автори рукопису свідомо засвідчують, що у процесі проведення дослідження та підготовки цього рукопису

Use of generative artificial intelligence

The authors of the manuscript consciously certify that in the process of conducting the research and preparing this

не використовували жодних інструментів або сервісів генеративного штучного інтелекту для виконання будь-яких завдань, перелічених у Таксономії делегування завдань генеративному штучному інтелекту «GAIDeT» (Generative Artificial Intelligence Delegation Taxonomy, 2025 р.). Усі етапи роботи – від концептуалізації до фінального редагування – виконані без залучення генеративного штучного інтелекту, виключно авторами.

manuscript, they did not use any generative artificial intelligence tools or services to perform any tasks listed in the Generative Artificial Intelligence Delegation Taxonomy (GAIDeT, 2025). All stages of the work – from conceptualization to final editing – were performed without the involvement of generative artificial intelligence, exclusively by the authors.

Первинні дані та матеріали

Data availability statement

Автори рукопису свідомо засвідчують, що у роботі використано результати власних лабораторних досліджень, що були систематизовані та проаналізовані авторами. Первинні дані включають узагальнені показники, лабораторні результати, експериментальні протоколи та отримані кількісні характеристики. Всі матеріали збережені в архіві дослідницької групи та можуть бути надані за обґрунтованим запитом до автора-кореспондента з урахуванням етичних норм та правових обмежень.

The authors of the manuscript consciously certify that the work uses the results of their own experimental studies, which were systematized and analyzed by the authors. Primary data include generalized indicators, laboratory results, experimental protocols and obtained quantitative characteristics. All materials are stored in the archive of the research group and can be provided upon reasonable request to the corresponding author, taking into account ethical norms and legal restrictions.

Інформація про фінансування

Funding information

Стаття є фрагментом планової науково-дослідної роботи кафедри ортопедичної стоматології Харківського національного медичного університету Міністерства охорони здоров'я України «Інтеграція сучасних досягнень у галузі медицини, матеріалознавства та техніки, діагностики, лікування та реабілітації пацієнтів у клініці ортопедичної стоматології», номер державної реєстрації 0125U000939, термін виконання: 2025–2030 рр., керівник – завідувач кафедри ортопедичної стоматології, доктор медичних наук, професор І.В. Янішен.

The article is a fragment of the planned research work of the Department of Orthopedic Dentistry of Kharkiv National University of the Ministry of Health of Ukraine «Integration of modern achievements in the field of medicine, materials science and technology, diagnostics, treatment and rehabilitation of patients in the clinic of orthopedic dentistry», state registration number 0125U000939, implementation period: 2025–2030, leader – head of the department of orthopedic dentistry, Doctor of Medical Sciences, Professor I.V. Yanishen.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Янішен Ігор Володимирович – доктор медичних наук, професор, завідувач кафедри ортопедичної стоматології Харківського національного медичного університету Міністерства охорони здоров'я України; просп. Науки, буд. 4, м. Харків, Україна, 61022;
e-mail: iv.yanishen@knmu.edu.ua
моб.: +38(050) 640-57-42
Внесок автора: *формулювання мети роботи, концепція та дизайн дослідження, остаточне затвердження статті.*

Сідорова Ольга Вадимівна – доктор філософії в галузі охорони здоров'я за спеціальністю «Стоматологія», доцент кафедри ортопедичної стоматології Харківського національного медичного університету Міністерства охорони здоров'я України; просп. Науки, буд. 4, м. Харків, Україна, 61022;
e-mail: ov.sidorova@knmu.edu.ua
моб.: +38 (050) 294-51-13
Внесок автора: *формулювання мети роботи, проведення лабораторних досліджень, аналіз отриманих даних та їх статистична обробка, написання статті.*

Yanishen Igor Volodymyrovych – Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Department of Orthopaedic Dentistry of the Kharkiv National Medical University of the Ministry of Health of Ukraine; 4 Nauky Ave., Kharkiv, Ukraine, 61022;
e-mail: iv.yanishen@knmu.edu.ua
tel.: +38 (050) 640-57-42
Author's contribution: *formulation of the research objective, concept and design, final approval of t he article.*

Sidorova Olga Vadymivna – Doctor of Philosophy in Health Care in Specialty «Dentistry», Associate Professor of the Department of Orthodontics of the Kharkiv National Medical University of the Ministry of Health of Ukraine; 4 Nauky Ave., Kharkiv, Ukraine, 61022;
e-mail: ov.sidorova@knmu.edu.ua
mob.: +38 (050) 294-51-13
Author's contribution: *formulation of the study's objectives, conducting laboratory research, analysis of the obtained data and their statistical processing, writing the article.*

Кузнєцов Роман Володимирович – кандидат медичних наук, доцент, доцент кафедри ортопедичної стоматології Харківського національного медичного університету Міністерства охорони здоров'я України; просп. Науки, буд. 4, м. Харків, Україна, 61022;
e-mail: rv.kuznetsov@knmu.edu.ua,
моб.: +38 (097) 469-47-74
Внесок автора: *підбір літературних джерел за темою роботи, участь у проведенні експериментальних досліджень, написання тексту статті, формулювання висновків.*

Бугаєв Владислав Юрійович – аспірант кафедри ортопедичної стоматології Харківського національного медичного університету Міністерства охорони здоров'я України; просп. Науки, буд. 4, м. Харків, Україна, 61022;
e-mail: vybuhaiev.po23@knmu.edu.ua
моб.: +38 (067) 792-93-74
Внесок автора: *підбір літературних джерел за темою роботи, участь у проведенні експериментальних досліджень, написання тексту статті, формулювання висновків.*

Kuznietsov Roman Volodymyrovych – Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Orthopedic Dentistry of the Kharkiv National Medical University of the Ministry of Health of Ukraine; 4 Nauky Ave., Kharkiv, Ukraine, 61022;
e-mail: rv.kuznetsov@knmu.edu.ua,
mob.: +38 (097) 469-47-74
Author's contribution: *selection of literature sources on the topic of the work, participation in conducting experimental studies, writing the text of the article, formulating conclusions.*

Bugaiev Vladyslav Yuriiovych – Postgraduate student of Department of Orthopedic Dentistry of the Kharkiv National Medical University of the Ministry of Health of Ukraine; 4 Nauky Ave., Kharkiv, Ukraine, 61022;
e-mail: vybuhaiev.po23@knmu.edu.ua
mob.: +38 (067) 792-93-74
Author's contribution: *selection of literature sources on the topic of the work, participation in conducting experimental studies, writing the text of the article, formulating conclusions.*

Рукопис надійшов *Manuscript was received* 18.03.2026	Отримано після рецензування *Received after review* 05.05.2026	Прийнято до друку *Accepted for printing* 10.06.2026	Опубліковано *Published* 30.06.2026