

March 2024

STUDY OF THE STRUCTURE OF GLASS IONOMER CEMENTS DEVELOPED BASED ON GLASS SYSTEM SiO₂-Al₂O₃-CaO-ZnO-P₂O₅-CaF₂

Tatyana O. Nam

Tashkent Institute of Chemical Technology, Tashkent, Uzbekistan, taty.nam22@gmail.com

Mastura X. Aripova

Tashkent Institute of Chemical Technology, Tashkent, Uzbekistan, aripova1957@yandex.com

Ripsime V. Mkrtchyan

Tashkent Institute of Chemical Technology, Tashkent, Uzbekistan, assori@yandex.ru

Follow this and additional works at: <https://cce.researchcommons.org/journal>

 Part of the [Materials Science and Engineering Commons](#)

Recommended Citation

Nam, Tatyana O.; Aripova, Mastura X.; and Mkrtchyan, Ripsime V. (2024) "STUDY OF THE STRUCTURE OF GLASS IONOMER CEMENTS DEVELOPED BASED ON GLASS SYSTEM SiO₂-Al₂O₃-CaO-ZnO-P₂O₅-CaF₂," *CHEMISTRY AND CHEMICAL ENGINEERING*: Vol. 2023: No. 4, Article 4.

DOI: 10.34920/cce202344

Available at: <https://cce.researchcommons.org/journal/vol2023/iss4/4>

This Article is brought to you for free and open access by Chemistry and Chemical Engineering. It has been accepted for inclusion in CHEMISTRY AND CHEMICAL ENGINEERING by an authorized editor of Chemistry and Chemical Engineering. For more information, please contact zuchra_kadirova@yahoo.com.

STUDY OF THE STRUCTURE OF GLASS IONOMER CEMENTS DEVELOPED BASED ON GLASS SYSTEM $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-CaO-ZnO-P}_2\text{O}_5\text{-CaF}_2$

Tatyana NAM (taty.nam22@gmail.com)
Mastura ARIPOVA (aripova1957@yandex.com)
Ripsime MKRTCHYAN (assori@yandex.ru)
Tashkent Institute of Chemical Technology, Tashkent, Uzbekistan

The goal was to study the structure of glass ionomer cements (GIC) developed on the basis of glasses of the $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-CaO-ZnO-P}_2\text{O}_5\text{-CaF}_2$ system. Glass powders with sizes less than $50\ \mu\text{m}$ were sealed with a 40% solution of polyacrylic acid and after 72 hours, electron microscopic examination was carried out on a JSM-IT200 scanning microscope (JEOL, Japan). All samples demonstrate a cellular structure consisting of glass particles surrounded by glass elements that have entered into an acid-ion interaction with polyacrylic acid in a polymer matrix. GIC-4 and GIC-6 show the most finely dispersed, and GIC-2 the least cohesive structure.

Keywords: glass ionomer cement, polyacrylic acid, structure, glass systems $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-CaO-ZnO-P}_2\text{O}_5\text{-CaF}_2$

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ СТЕКЛОИОНОМЕРНЫХ ЦЕМЕНТОВ, РАЗРАБОТАННЫХ НА ОСНОВЕ СТЕКОЛ СИСТЕМЫ $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-CaO-ZnO-P}_2\text{O}_5\text{-CaF}_2$

Татьяна НАМ (taty.nam22@gmail.com)
Мастура АРИПОВА (aripova1957@gmail.com)
Рипсима МКРТЧЯН (assori@yandex.ru)
Ташкентский химико-технологический институт, Ташкент, Узбекистан

Целью являлось исследование структуры стеклоиономерных цементов (СИЦ), разработанных на основе стекол системы $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-CaO-ZnO-P}_2\text{O}_5\text{-CaF}_2$. Порошки стекол, размерами менее $50\ \mu\text{m}$, затворяли 40% раствором полиакриловой кислоты и через 72 часа осуществляли электронно-микроскопическое исследование на сканирующем микроскопе JSM-IT200 (JEOL, Япония). Все образцы демонстрируют ячеистую структуру, состоящую из частиц стекла окруженных вошедших в кислотно-ионное взаимодействие с полиакриловой кислотой элементов стекла, в полимерном матрице. СИЦ-4 и СИЦ-6 демонстрируют наиболее тонкодисперсную, а СИЦ-2 – наименее связанную структуру.

Ключевые слова: стеклоиономерный цемент, полиакриловая кислота, структура, стекла системы $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-CaO-ZnO-P}_2\text{O}_5\text{-CaF}_2$

$\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-CaO-ZnO-P}_2\text{O}_5\text{-CaF}_2$ SHISHA TIZIMI ASOSIDA ISHLAB CHIQLGAN SHISHA IONOMER SEMENTLARNING TUZILISHINI O'RGANISH

Tatyana NAM (taty.nam22@gmail.com)
Mastura ARIPOVA (aripova1957@yandex.com)
Ripsime MKRTCHYAN (assori@yandex.ru)
Toshkent kimyo- texnologiya instituti, Toshkent, O'zbekiston

Ishning maqsadi $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-CaO-ZnO-P}_2\text{O}_5\text{-CaF}_2$ tizimi shishalari asosida ishlab chiqilgan shisha ionomer sementlarning (ShIS) tuzilishini o'rganishdan iborat. O'lchamlari $50\ \mu\text{m}$ dan kam bo'lgan shisha kunkunlari poliakril kislotaning 40% eritmasi bilan ta'sirlashtirildi va 72 soatdan so'ng JSM-IT200 skanerlash mikroskopi (JEOL, Yaponiya) da elektron mikroskopik tekshiruv o'tkazildi. Barcha namunalarda polimer matrisasida poliakril kislotaga bilan kislota-ion ta'siriga kirgan shisha elementlar bilan o'ralgan shisha zarralaridan iborat uyali strukturani namoyish etadi. ShIS-4 va ShIS-6 eng mayin dispersli, ShIS-2 esa eng kam biriktiruvchi tuzilmani ko'rsatadi.

Kalit so'zlar: shisha ionomer sement, poliakril kislotasi, struktura, $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-CaO-ZnO-P}_2\text{O}_5\text{-CaF}_2$ tizimining shishalari

DOI: 10.34920/cce202344

Введение

Стеклоиономерные цементы (СИЦ, стеклоиономеры, полиалкенадные, стеклополиалкенадные цементы) – целый класс современных стоматологических материалов, созданных путем объединения свойств силикатных и полиакриловых систем. Стеклоиономерные цементы постепенно вытесняют из стоматологической практики цинк-фосфатные и цинк-поликарбоксилатные цементы [1-5].

С тех пор, как стеклоиономеры впервые появились на рынке в 1976 г., они претерпели

множество изменений и усовершенствований, что позволило им стать очень важной составляющей современной стоматологии [6]. Они применяются как пломбирочные материалы, как материалы для изготовления прокладок или базы (замещение объема дентина), для цементирования коронок и мостовидных протезов [7] или в качестве бондинга между твердыми тканями зуба и другими реставрационными материалами.

Стеклоиономеры возникли как результат разработок по замещению силикатных це-

ментов, которые использовались в стоматологии уже почти 100 лет [8].

Стеклоиономерный цемент является весьма привлекательным материалом, прежде всего потому, что на его основе имеется возможность получить огромное разнообразие вариантов состава, и этим он принципиально отличается от цинк-фосфатного цемента. Основными компонентами стеклоиономерного цемента являются стекло, водный раствор сополимера поликарбонновых кислот (акриловой, итаконовой, малеиновой) с добавкой изомера винной кислоты [9-11].

СИЦ являются предпочтительными реставрационными материалами благодаря простоте использования и уникальной биосовместимости среди прямых реставраций. Однако хрупкость ограничивает их использование в области, несущей нагрузку. Низкая устойчивость к истиранию и низкая прочность, ударная вязкость и усталостные характеристики в настоящее время неудовлетворительны. Делаются попытки улучшить механические показатели все еще находятся в стадии разработки, и некоторые прогнозируют многообещающее будущее для СИЦ как пломбирочного материала с расширенными показаниями [12].

Стекла, используемые в СИЦ, имеют сложную структуру и состоят в основном из оксида кремния (SiO_2), оксида алюминия (Al_2O_3), оксида кальция (CaO) и фторида кальция (CaF_2) [13-15]. Кроме того, они часто содержат фосфат (P_2O_5) и оксид натрия (Na_2O) [9, 16].

Стеклоиономерные цементы используются уже более 50 лет и показывают многообещающие результаты в деле дальнейшего развития обширных приложений, охватывающих стоматологию, ортопедию и травматологию. В

последнее время растет интерес к изучению потенциала СИЦ в качестве материала-заменителя кости благодаря его уникальным свойствам и биосовместимости при контакте с костью [17].

Стремление улучшить свойства СИЦ отражаются в многочисленных исследованиях направленных на разработку новых составов стекол, включающих Sr, Zn, Ge, Ti, Fe, Ga [18-26], а также исключаящих Al из состава [27-29].

Разработаны СИЦ на основе стекол системы $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-CaO-ZnO-P}_2\text{O}_5\text{-CaF}_2$ и исследованы их прочностные свойства [30].

Целью данного исследования является исследование структуры СИЦ разработанного на основе стекол системы $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-CaO-ZnO-P}_2\text{O}_5\text{-CaF}_2$.

Методы исследования

Исследованы структурные особенности стеклоиономерных цементов, полученных на основе стекол, синтезированных в системе $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-CaO-ZnO-P}_2\text{O}_5\text{-CaF}_2$. Порошки стекол, размерами менее 50 мкм, затворяли 40% раствором полиакриловой кислоты и через 72 часа осуществляли электронно-микроскопическое исследование на приборе JSM-IT200 (JEOL, Япония).

Результаты и обсуждение

Электронно-микроскопические снимки образцов СИЦ, полученные на сканирующем микроскопе представлены на рисунках 1-4. Все образцы демонстрируют ячеистую структуру, состоящую из частиц стекла окруженных вошедших в кислотно-ионное взаимодействие с полиакриловой кислотой элементов стекла, в

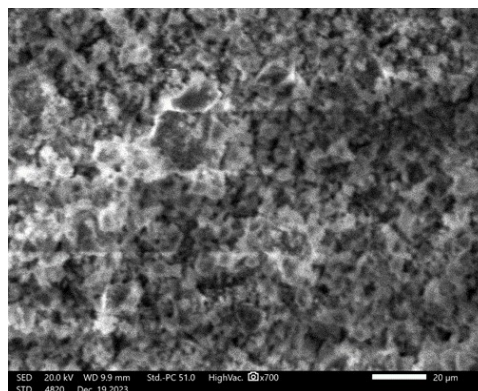
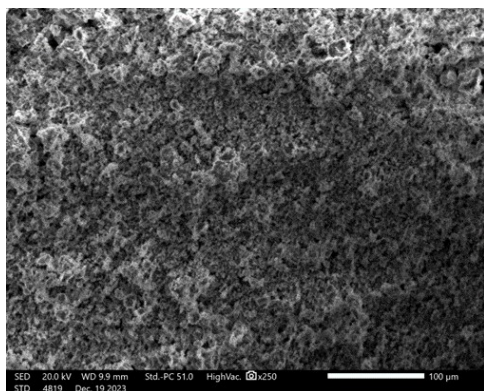


Рисунок 1. Электронно-микроскопический снимок образца СИЦ-6.

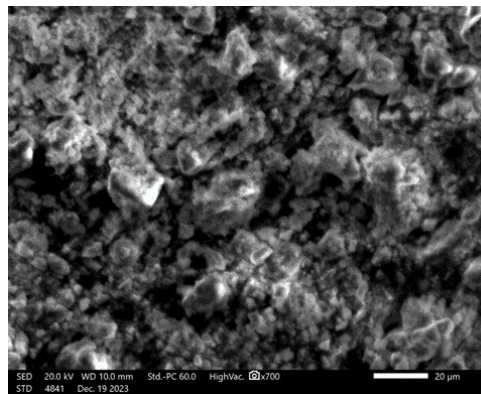
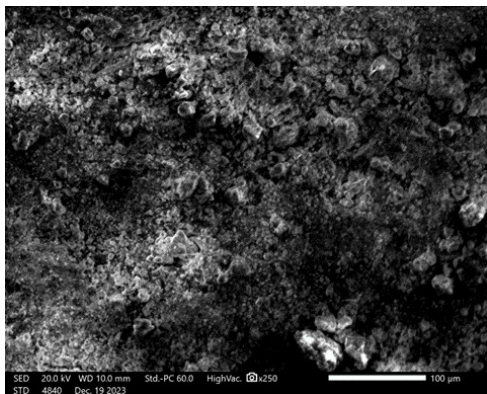


Рисунок 2. Электронно-микроскопический снимок образца СИЦ-1.

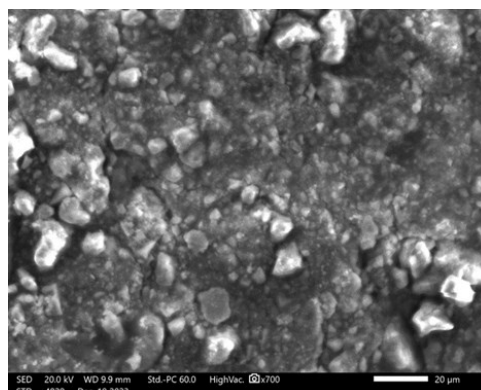
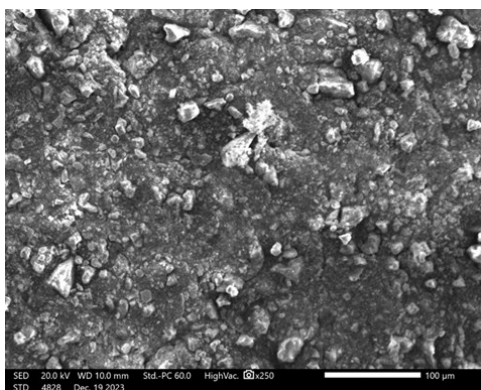


Рисунок 3. Электронно-микроскопический снимок образца СИЦ-4.

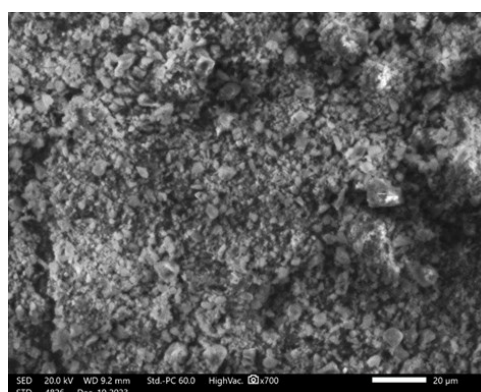
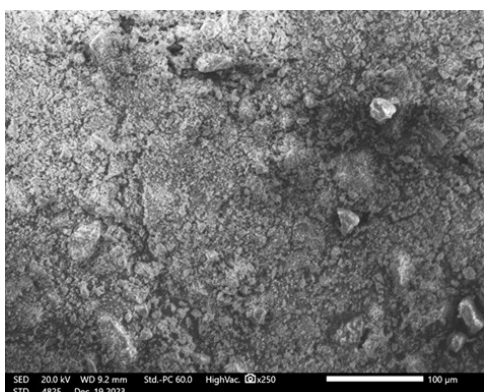


Рисунок 4. Электронно-микроскопический снимок образца СИЦ-6.

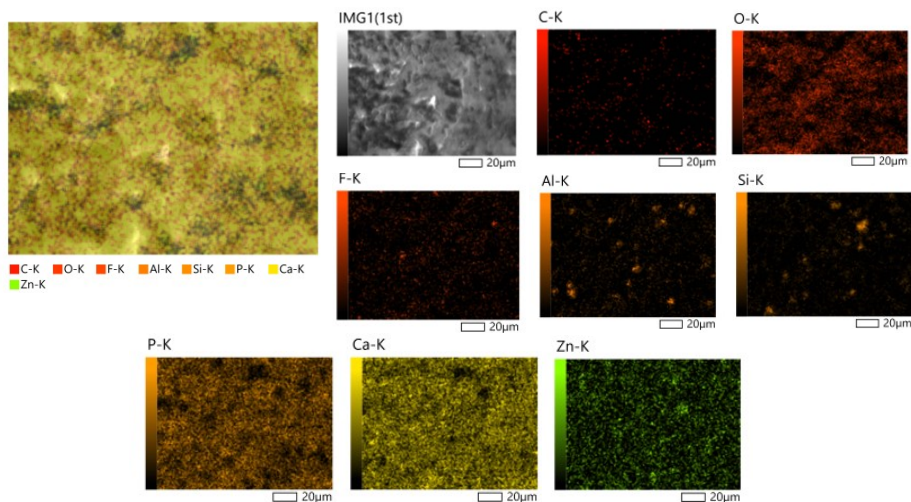


Рисунок 5. Распределение элементов по результатам анализа ЭДС СИЦ-1.

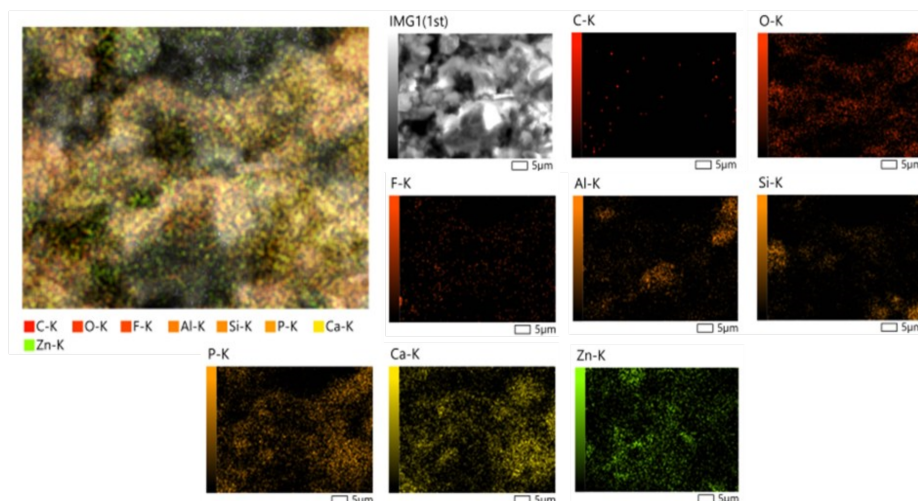


Рисунок 6. Распределение элементов по результатам анализа ЭДС СИЦ-2.

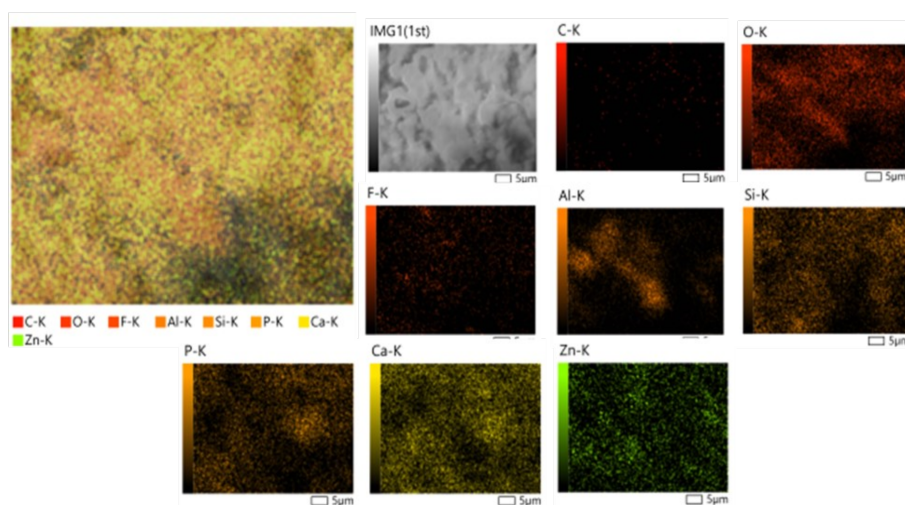


Рисунок 7. Распределение элементов по результатам анализа ЭДС СИЦ-4.

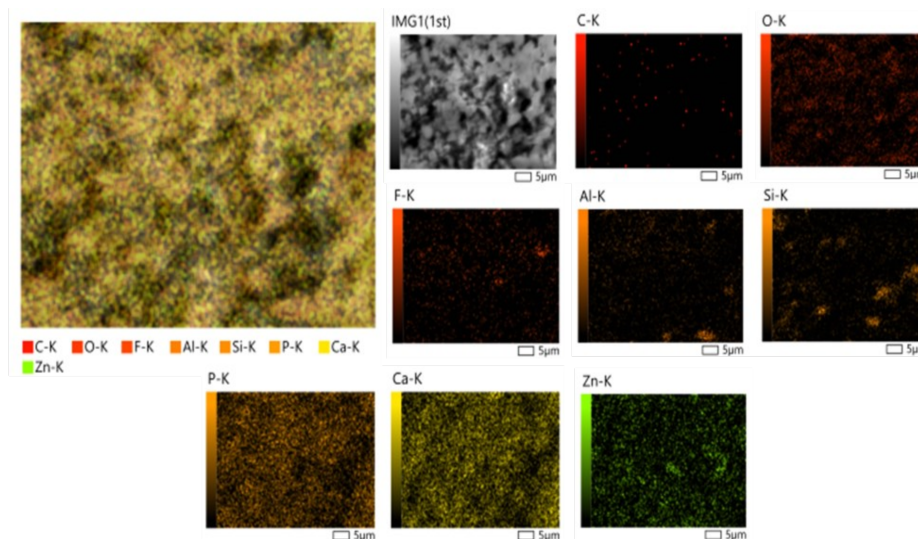


Рисунок 8. Распределение элементов по результатам анализа ЭДС СИЦ-6.

полимерном матриксе. СИЦ-4 и СИЦ-6 демонстрируют наиболее тонкодисперсную, а СИЦ-2 – наименее связную.

Результаты ЭДС анализов распределения элементов представлены на рисунках 5–8.

Приведенные снимки демонстрируют распределение кремния, фосфора вокруг ядра непрореагировавшего стекла, фтор сосредоточен в ядре, а алюминий, кальций и цинк – вокруг ядра и между ядрами в соответствии с их

ролью сшивающих агентов.

В процессе отверждения цемента происходит поперечное сшивание молекул полимерных кислот ионами алюминия, кальция и цинка экстрагированными из стекла. При этом образуется трехмерная пространственная структура полимера, а на поверхности непрореагировавших частиц стекла образуется оболочка из силикагеля.

Таким образом, окончательная структура затвердевшего цемента представляет собой композит, состоящий из непрореагировавших стеклянных частичек, окруженных кремнистым гелем, погруженным в матрицу, состоя-

щую из соли поликислоты [31, 32].

Заключение

Результаты исследования структуры СИЦ, разработанного на основе стекол системы $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-CaO-ZnO-P}_2\text{O}_5\text{-CaF}_2$, методами электронной микроскопии показали типичную картину, присущую стеклоиономерным цементам. Структура затвердевшего цемента представляет собой композит, состоящий из непрореагировавших стеклянных частичек, окруженных кремнистым гелем, погруженным в матрицу, состоящую из соли поликислоты.

REFERENCES

- McLean J.W., Powis D.R., Prosser H.I., Wilson A.D. The use of glass-ionomer cements in bonding composite resin to dentine. *Brit. Dent. J.*, 1985, 158/11, 410–414.
- McLean J.W. Glass-ionomer cements. *Brit. Dent. J.*, 1988, 164/9, 293–300.
- Bowen R.L. Dental composites/glass ionomers: the materials. *Adv. Dent. Res.*, 1992, 6, 44–49. DOI: 10.1177/08959374920060011601
- Shu X. Stekloionomernyye tsementy (tendentsii razvitiya) [Glass ionomer cements (development trends)]. *Novosti stomatologii*. 1996, 1/1, 26–32.
- Bidenko H.B. *Stekloionomernyye tsementy v stomatologii* [Glass ionomer cements in dentistry]. Kiyev, 1999. 118.
- Mount G.J. Restoration with glass ionomer: requirements for clinical success. *Oper. Dent.*, 1981, 6, 59–65.
- Knibbs P.J. Glass-ionomer cement: ten years of clinical use. *J. Oral. Rehab.*, 1988, 15, 103–115.
- Wilson A.D. A hard decade's work: step in the invention of glass-ionomer cement. *J. Dent. Res.*, 1996, 75, 1723–1727.
- Wilson A.D., McLean J.W. *Glass-ionomer cements*. Quintessence Publ Co., Chicago, 1988.
- Mitra S. Curing reactions of glassionomer materials. in: Glass-ionomers: the next generation. *Processing of the 2nd. Symposium on Glass-ionomers*. Ed. P Hunt, Philadelphia 1994, 13–23.
- Nicholson J.W. Chemistry of glassionomer cements: a review. *Biomaterials*, 1998, 19, 485–494.
- Lohbauer U. Dental Glass Ionomer Cements as Permanent Filling Materials? — Properties, Limitations Future Trends. *Materials (Basel)*, 2010, 3/1, 76–96. DOI: 10.3390/ma3010076
- Wilson A.D., Crisp S., Prosser H.J., Lewis B.G., Merson S.A. Aluminosilicate glasses for polyelectrolyte cements. *Ind. Eng. Chem. Prod. Res. Dev.*, 1980, 19, 263–270.
- Forsten L. Fluoride release and uptake by glass-ionomers and related materials and its clinical effect. *Biomaterials*, 1998, 19, 503–508.
- Momoi, Y.; McCabe, J.F. Fluoride release from light-activated glass ionomer restorative materials. *Dent. Mater.* 1993, 9, 151–154.
- Guedes O.A., Borges A.H., Bandeca M.C., Nakatan M.K. Chemical and Structural Characterization of Glass Ionomer Cements indicated for Atraumatic Restorative Treatment. *The Journal of Contemporary Dental Practice*, 2015, 16/1, 61–67. DOI: 10.5005/jp-journals-10024-1636
- Tuygunov N., Zakaria M.N., Noor Azlin Yahya N.A., Aziz A.A., Cahyanto A. Efficacy and bone-contact biocompatibility of glass ionomer cement as a biomaterial for bone regeneration: A systematic review. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 2023, 146, 106099. DOI: 10.1016/j.jmbm.2023.106099
- Khader B.A., Peel S.A.F., Towler M.R. An Injectable Glass Polyalkenoate Cement Engineered for Fracture Fixation and Stabilization. *J. Funct. Biomater.* 2017, 8, 25. DOI: 10.3390/jfb8030025
- Darling M., Hill R. Novel polyalkenoate (glass-ionomer) dental cements based on zinc silicate glasses. *Biomaterials*, 1994, 15, 299–306.
- Boyd D., Towler M.R. The processing, mechanical properties and bioactivity of zinc based glass ionomer cements. *J. Mater. Sci. Mater. Med.*, 2005, 16, 843–850.
- Hurrell-Gillingham K., Reaney I.M., Brook I., et al. In vitro biocompatibility of a novel Fe₂O₃ based glass ionomer cement. *J. Dentist.*, 2006, 34, 533–538.
- Valliant E.M., Gagnier D., Dickey B.T., et al. Calcium polyphosphate as an additive to zinc-silicate glass ionomer cements. *J. Biomater. Appl.*, 2015, 30, 61–70.
- Clarkin O., Boyd D., Towler M.R. Strontium-based glass polyalkenoate cements for luting applications in the skeleton. *J. Biomater. Appl.*, 2010, 24, 483–502.
- Wren A.W., Coughlan A., Placek L., et al. Gallium containing glass polyalkenoate anti-cancerous bone cements: glass characterization and physical properties. *J. Mater. Sci. Mater. Med.*, 2012, 23, 1823–1833.
- Wren A.W., Kidari A., Cummins N.M., et al. A spectroscopic investigation into the setting and mechanical properties of titanium containing glass polyalkenoate cements. *J. Mater. Sci. Mater. Med.*, 2010, 21, 2355–2364.
- Shahid S., Hassan U., Billington R.W., Hill R.G., Anderson P. Glass ionomer cements: Effect of strontium substitution on esthetics, radiopacity and fluoride release. *Dent. Mater.*, 2014, 30, 308–313.
- Dickey B., Price R., Boyd D. Exploring the unexpected influence of the Si:Ge ratio on the molecular architecture and mechanical properties of Al-free GICs. *Journal of Biomaterials Applications*, 2016, 31/5. DOI: 10.1177/088532821667
- Wren A.W., Cummins N.M., Mark R., Towler M.R. Aluminium-Free Glass Polyalkenoate Spinal Cements. *2011 IEEE 37th Annual North-east Bioengineering Conference, NEBEC 2011*, 5778596. DOI: 10.1109/NEBEC.2011.5778596
- Wren AW, Coughlan A, Laffir FR, et al. Comparison of a SiO₂-CaO-ZnO-SrO glass polyalkenoate cement to commercial dental materials: glass structure and physical properties. *J. Mater. Sci. Mater. Med.*, 2013, 24: 271–280.
- Nam T., Aripova M. Prochnostnyye svoystva novykh stekloionomernykh tsementov [Strength properties of new glass ionomer cements]. *Chemistry and Chemical Engineering*, 2022, 4, 9–12. DOI: 10.34920/cce202242
- Wilson A.D., Crisp S., Ferner A.J. Reactions in glassionomer cements: IV. Effect of chelating comonomers on setting behavior. *J. Dent. Res.*, 1976, 55, 489–495.
- Coutinho E., Yoshida Y., Inoue S., Fukuda R., Snauwaert J., Nakayama Y., De Munck J., Lambrechts P., Suzuki K., Van Meerbeek B. Gel phase formation at resinmodified glass ionomer/tooth interfaces. *J. Dent. Res.*, 2007, 86, 656–661.