

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Научный обзор

УДК 616.31

DOI: 10.17816/pmj4255-18

ОБЗОР СПОСОБОВ И МЕТОДОВ, НАПРАВЛЕННЫХ НА СНИЖЕНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ТКАНИ И ОРГАНЫ РТА ОСТАТОЧНОГО МОНОМЕРА ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ ЗУБНЫХ ПРОТЕЗОВ

Л.В. Дубова, Р.Ш. Гветадзе, О.И. Манин, А.М. Рудакова*

Российский университет медицины, г. Москва, Российская Федерация

REVIEW OF METHODS AND TECHNIQUES TO REDUCE THE IMPACT OF RESIDUAL MONOMER FROM POLYMER DENTAL PROSTHESES ON THE ORAL TISSUES AND ORGANS

L.V. Dubova, R.Sh. Gvetadze, O.I. Manin, A.M. Rudakova*

Russian University of Medicine, Moscow, Russian Federation

Целью настоящего обзора явилось проведение систематизации способов и методов, направленных на снижение воздействия остаточного мономера из полимерных зубных протезов на ткани и органы рта. Остаточный мономер полимерных материалов способствует развитию аллергических и токсико-химических реакций в полости рта. Для осуществления поставленной цели был проведен метаанализ современных литературных научных изысканий, опубликованных как в отечественных, так и зарубежных изданиях, размещенных на электронных ресурсах eLIBRARY и PubMed. По заявленной про-

© Дубова Л.В., Гветадзе Р.Ш., Манин О.И., Рудакова А.М., 2025

e-mail: alina_rud96@mail.ru

[Дубова Л.В. – доктор медицинских наук, профессор, заслуженный врач Российской Федерации, заведующая кафедрой ортопедической стоматологии НОИ стоматологии им. А.И. Евдокимова, ORCID: 0000-0003-2651-2699; Гветадзе Р.Ш. – доктор медицинских наук, профессор, заслуженный врач Российской Федерации, академик РАН, профессор кафедры ортопедической стоматологии и цифровых технологий НОИ НПО им. Ющука, ORCID: 0000-0003-0508-7072; Манин О.И. – кандидат медицинских наук, профессор кафедры ортопедической стоматологии НОИ стоматологии им. А.И. Евдокимова, ORCID: 0000-0002-7317-9799; Рудакова А.М. (*контактное лицо) – ассистент кафедры ортопедической стоматологии НОИ стоматологии им. А.И. Евдокимова; ORCID: 0000-0002-8593-8369].

© Dubova L.V., Gvetadze R.Sh., Manin O.I., Rudakova A.M., 2025

e-mail: alina_rud96@mail.ru

[Dubova L.V. – DSc (Medicine), Professor, Honored Doctor of the Russian Federation, Head of the Department of Orthopedic Dentistry, ORCID: 0000-0003-2651-2699; Gvetadze R.Sh. – DSc (Medicine), Professor, Honored Doctor of the Russian Federation, Academician of the Russian Academy of Sciences, Professor of the Department of Orthopedic Dentistry and Digital Technologies, ORCID: 0000-0003-0508-7072; Manin O.I. – PhD (Medicine), Professor of the Department of Orthopedic Dentistry, ORCID: 0000-0002-7317-9799; Rudakova A.M. (*contact person) – Assistant of the Department of Orthopedic Dentistry, ORCID: 0000-0002-8593-8369].

блематике проработано 207 источников, из которых отобрано 47 публикаций, вызывающих наибольший интерес согласно современным концепциям, для предоставления обобщенных данных по заявленной проблематике. По результатам проработки данных исследований отечественных и зарубежных авторов сформированы следующие научные направления: 1) совершенствование средств гигиены, способствующих снижению микробной обсемененности, подвергающей поверхность ортопедических стоматологических конструкций деструктивным изменениям; 2) разработка адгезивных кремов и гелей; 3) создание мягких подкладок; 4) применение энергии сверхвысокой частоты, ультрафиолетового облучения и ультразвуковых волн с целью совершенствования полимеризации материала; 5) использование сверхкритических сред оксида углерода для удаления растворимых веществ, в частности остаточного мономера; 6) модификация составных компонентов полимерных материалов; 7) разработка биологических покрытий, препятствующих выходу остаточного мономера. Комбинация методов, относящихся к вышеуказанным направлениям, способствует минимизации концентрации непрореагировавшего мономера, улучшению адаптации, увеличению срока пользования протезами, что, в свою очередь, повышает уровень качества жизни у данной категории лиц.

Ключевые слова. Остаточный мономер, полимерные материалы, непереносимость зубных протезов.

The objective of this review was to systematize the methods and techniques aimed at reducing the impact of residual monomer from polymer dentures on oral tissues and organs. Residual monomer of polymeric materials contributes to the development of allergic and toxico-chemical reactions in the oral cavity. To achieve this aim, we conducted a meta-analysis of modern literary scientific studies of researchers published in both domestic and foreign publications posted on the electronic resources eLIBRARY and PubMed. To provide summarized data on the stated issues, 207 sources were processed, from which 47 publications were selected that were of the greatest interest according to modern concepts. Based on the results of processing the research data of domestic and foreign authors, the following scientific directions were formed: 1) improvement of hygiene products that help to reduce microbial contamination that exposes the surface of orthopaedic dental structures to destructive changes; 2) development of adhesive creams and gels; 3) creation of soft linings; 4) the use of ultrahigh frequency energy, ultraviolet radiation and ultrasound waves to improve the polymerization of the material; 5) the use of supercritical carbon monoxide media to remove soluble substances, residual monomer in particular; 6) modification of the components of polymeric materials; 7) the development of biological coatings that prevent the release of residual monomer. The combination of methods related to the areas mentioned above helps to minimize the concentration of unreacted monomer, improve adaptation, increase the service life of prostheses, which in turn improves the quality of life of this category of people.

Keywords. Residual monomer, polymeric materials, denture intolerance.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время полимерные материалы нашли широкое применение при изготовлении зубных протезов, особенно съемных, использующихся как при частичном, так и полном отсутствии зубов. Известно, что с увеличением продолжительности жизни и, как следствие, прогрессированием патологических состояний зубочелюстной системы возрастает потребность в лечении с применением съемных зубных протезов. Однако, в связи со снижением компенсаторных возможностей организма, развитием

коморбидных состояний и заболеваний, приемом ряда лекарственных препаратов, оказывающих воздействие на ткани и органы рта, увеличивается риск развития симптоматики непереносимости, особенно у лиц старших возрастных категорий. Для симптомокомплекса непереносимости свойственно возникновение следующей клинической картины: изменение слюноотделительной функции, нарушение вкусового восприятия, развитие жжения в различных участках слизистой оболочки полости рта с проявлениями гиперемии и отека, а в некоторых случаях клиническая картина

объективно сопровождается образованием эрозивных и язвенных поражений [1]. Кроме того, данная симптоматика может быть обусловлена аллергическим или токсико-химическим воздействием остаточного мономера полимерных материалов на ткани и органы полости рта. В связи с чем на сегодняшний день вопрос разработки методов и способов, минимизирующих концентрации остаточного мономера в готовом стоматологическом изделии, является актуальным. По результатам проработки данных исследований отечественных и зарубежных авторов нами были сформированы следующие научные направления по решению проблемы негативного воздействия составных компонентов зубных протезов, изготовленных из полимерных материалов, на полость рта:

1. Совершенствование средств гигиены, способствующих снижению микробной обсемененности, подвергающей поверхность ортопедических стоматологических конструкций деструктивным изменениям.

2. Разработка адгезивных кремов и гелей.

3. Создание мягких подкладок.

4. Применение энергии сверхвысокой частоты, ультрафиолетового облучения и ультразвуковых волн с целью совершенствования полимеризации материала.

5. Использование сверхкритических сред оксида углерода для удаления растворимых веществ, в частности остаточного мономера.

6. Модификация составных компонентов полимерных материалов.

7. Разработка биологических покрытий, препятствующих выходу остаточного мономера.

Цель исследования – систематизация способов и методов, направленных на снижение воздействия остаточного мономера из полимерных зубных протезов на ткани и органы рта.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проведен метаанализ современных литературных научных изысканий исследователей, опубликованных как в отечественных, так и зарубежных изданиях, размещенных на электронных ресурсах eLIBRARY и PubMed. По заявленной проблематике было проработано 207 источников, из которых отобрано 47 публикаций, вызывающих наибольший интерес согласно современным концепциям, для предоставления обобщенных данных по заявленной проблематике.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Совершенствование средств гигиены, способствующих снижению микробной обсемененности, подвергающей поверхность ортопедических стоматологических конструкций деструктивным изменениям. Следует отметить, что на возникновение симптоматики непереносимости протезов на основе полимерных материалов непосредственно влияет их гигиеническая составляющая. Неудовлетворительная гигиена протезов сопровождается значительным накоплением и ростом микробной обсемененности, что, в свою очередь, сопровождается прогрессированием биодеструктивных процессов вследствие воздействия продуктов жизнедеятельности бактерий и грибов с нарушением целостности поверхностной структуры конструкций. В результате этого происходит миграция непрореагировавшего мономера из более глубоких слоев протезов на поверхность и его непосредственное воздействие на слизистую оболочку полости рта.

В связи с этим в настоящее время активно ведутся разработки средств, направленных на тщательный гигиенический уход за съемными протезами. Рядом авторов пре-

доставлены результаты исследований, свидетельствующие, что использование таблеток и растворов для очищения съемных зубных протезов не влияет на структурные особенности конструкционных материалов, обеспечивая при этом более длительный срок службы. Так, проведенное исследование С.Е. Жолудевым и соавт. (2014) показало, что у пациентов, использующих Corega Tabs, гигиеническое состояние съемных протезов через год улучшилось более чем в 2,5 раза относительно группы сравнения, которые не применяли данное средство гигиены [2]. В свою очередь Е.А. Картон и соавт. (2020) были представлены результаты по применению пенки «ЦИТО-STOP» с целью улучшения гигиены полости рта, в частности исследователи отмечают непосредственное воздействие данного препарата на *Candida albicans*, что сопровождается повреждением экзоцеллюлярного матрикса с последующим лизисом микроорганизмов [3].

Разработка адгезивных кремов и гелей. Отечественными учеными были представлены научные данные по результатам исследования дезактивирующей способности различных адгезивных гелевых основ по отношению к остаточному мономеру (метилметакрилату (ММА)). На основании УФ-спектроскопии авторы провели сравнительную оценку дезактивирующей способности по отношению к ММА ряда глицерогидрогелей (на основе кремния, титана, хитозана, карбопола, а также их комбинаций). Проведенное исследование выявило, что наибольшей нейтрализующей способностью обладает кремнийхитозансодержащий глицерогидрогель, в связи с чем его использование в составе адгезивных средств с целью минимизации побочного воздействия остаточного мономера является перспективным направлением [4].

Кроме того, научно обосновано применение адгезивных средств с целью профилактики протезного стоматита, которые по-

зволяют оптимизировать микробиоценоз и иммунный баланс полости рта [5]. Так, в исследовании отечественных авторов было выявлено снижение показателей микробной обсемененности грибами рода *Candida* с 53 до 36 % в слюне в случае применения адгезивного крема при пользовании съемными зубными протезами. В свою очередь в контрольной группе (без применения адгезивного крема) отмечался рост выявляемости в слюне *Candida* до 70 %. Вместе с тем в исследовании приведены данные о повышении секреции sIgA (практически в 2 раза) через 6 месяцев пользования адгезивными кремами, которые способствуют активации противогрибкового иммунитета за счет связывания последнего с антигенами клеточной стенки грибов. Наряду с этим доказано, что использование адгезивных кремов минимизирует дистрофические и хронические воспалительные изменения мягких тканей протезного ложа, а также препятствует миграции остаточного мономера [6].

Таким образом, применение адгезивных кремов и гелей, предназначенных для улучшения фиксации съемных протезов, не только улучшает их фиксацию, но и минимизирует воспалительные изменения, улучшает адаптацию у пациентов к данным видам конструкций, а также препятствует непосредственному воздействию остаточного мономера на ткани и органы рта.

Создание мягких подкладок. Для создания двуслойных базисов съемных протезов применяются различные эластомерные материалы, в частности силиконовые, которые за счет таких свойств, как инертность, гидрофобность, высокий уровень биосовместимости, нашли широкое применение. В настоящее время существуют мягкие подкладочные материалы, предназначенные как для клинического способа изготовления, так и лабораторного. Одним из показаний для применения мягких эластичных подкладок

является непереносимость протезов, изготовленных из акриловой пластмассы [7]. Однако данные конструкционные материалы обладают недостаточной адгезией к базисам съёмных протезов и плохой полируемостью, что сопровождается их отслоением и необходимостью частой замены. Кроме того, мягкие подкладочные материалы подвержены в высокой степени микробной обсемененности [8; 9], что ограничивает их применение у ряда пациентов.

Применение энергии сверхвысокой частоты, ультрафиолетового облучения и ультразвуковых волн. Одним из способов, позволяющих уменьшить содержание остаточного мономера в съёмных протезах, является применение энергии сверхвысокой частоты с целью улучшения качества полимеризации материала. Использование методики сверхчастотного излучения позволяет обеспечить равномерную полимеризацию во всем структурном объеме материала, что минимизирует концентрацию остаточного мономера. Кроме того, под действием СВЧ-излучения повышается молекулярный вес и уплотняется структура полимерных цепей, что, в свою очередь, отражается на качестве акриловых пластмасс. Наряду с этим изучено влияние СВЧ-воздействия в качестве метода дезинфекции на размерную стабильность акриловых смол. Группой исследователей предложены протоколы проведения микроволновой дезинфекции при назначениях мощности от 450 до 500 Вт в течение 3–5 мин, позволяющие минимизировать структурные изменения в полимерном материале [10].

Также известны случаи применения ультрафиолетового облучения для гигиенического ухода за съёмными ортопедическими конструкциями. Отечественными авторами описана эффективность применения данного метода для минимизации микробной обсемененности зубных протезов из

полимерных материалов. Однако только в 60 % случаев наблюдался эффект стерилизации при использовании УФО в течение часа, а в 40 % при повторном микробиологическом исследовании после применения ультрафиолета на протезах сохранялась такая флора, как дрожжеподобные грибы рода *Candida* и *Neisseria* spp. [11].

Вместе с тем отечественными исследователями разработана методика, основанная на совместном применении ультразвука и ультрафиолета, что способствует эффективному очищению, а также противомикробному воздействию на зубные протезы из полимерных материалов в сравнительном аспекте с традиционным механическим способом [12].

В связи с вышесказанным можно сделать заключение, что комбинация рассматриваемых методик улучшает не только гигиеническое состояние зубных протезов, но и снижает воздействие остаточного мономера на ткани и органы рта.

Использование сверхкритических сред оксида углерода. По данным многочисленных исследователей, известно, что сверхкритические флюиды, в частности диоксид углерода, зарекомендовал свою эффективность в качестве стерилизующего агента, используемого для полимерных материалов [13–15]. Методика применения диоксида углерода в сверх- и субсверхкритических состояниях показала высокий уровень результативности относительно различных видов микроорганизмов, в частности как бактерий и вирусов, так и грибов [14], при этом достижение требуемого уровня стерильности не оказывает опосредованного воздействия на свойства полимерных материалов [16]. Наряду с этим отечественными исследователями ранее было выявлено, что воздействие сверхкритическим CO_2 на полимерные материалы способствует снижению остаточного мономера в 3 раза, что, в свою

очередь, минимизирует возникновение непереносимости аллергической и токсико-химической природы у пациентов. Однако применение данной методики может повлечь возникновение пористости с последующей деформацией поверхности материалов при несоблюдении заданных параметров величин сверхкритического CO_2 , таких как давление, температура и время воздействия [17; 18], что требует дальнейших исследований по данному направлению с оптимизацией используемых режимов для разных видов конструкционных материалов.

Модификация составных компонентов полимерных материалов. В последние годы с целью улучшения механических свойств полимерных материалов, в частности акриловых, активно разрабатываются различные наполнители. Модификацию составных компонентов материалов проводят наночастицами оксида алюминия, диоксида циркония, диоксидом титана, диоксидом кремния, а также серебром, золотом, платиной. Кроме того, ряд исследовательских работ посвящен использованию аморфного наногидрок시아патита и гидроксияпатита, легированного лантаном и церием, в качестве наполнителей пластмасс [19–24].

Перспективным направлением является использование наночастиц TiO_2 ввиду его доступности и экономической эффективности. В природе встречаются три фазы нанокристаллического TiO_2 , при этом наиболее изученной формой является анатаз. Включение в состав полимерных материалов наночастиц диоксида титана остается одной из предпочтительных альтернатив благодаря их биосовместимости, химической стабильности, физическим свойствам, а также антимикробной активности [19; 20; 25; 26]. Однако важно учитывать концентрацию добавляемого наполнителя. Так, повышенные концентрации наночастиц TiO_2 (> 5 вес. %) нарушают процессы полимеризации материала, при

этом приводя к его хрупкости и снижению долговечности. Наряду с этим при высоких концентрациях наночастицы TiO_2 , действуя как пластификатор, способствуют повышению уровня остаточного мономера, тем самым снижая прочность материала на изгиб. В связи с чем для модификации свойств полимера исследователи рекомендуют использовать наночастицы диоксида титана в качестве наполнителя в низких концентрациях (от 1 до 5 вес. %), что сопровождается равномерным распределением частиц без агломерации, в свою очередь прочность смолы повышается с $59,4 \pm 5,5$ до $83,4 \pm 3,2$ МПа в зависимости от концентрации частиц TiO_2 , при этом ударная вязкость изменяется с $1,78 \pm 0,21$ до $2,26 \pm 0,32$ кДж/м², твердость – с $37,9 \pm 1,4$ до $41,3 \pm 1,8$ Н, а средняя шероховатость поверхности уменьшается с $0,0025 \pm 0,0002$ до $0,0017 \pm 0,0002$ [25; 27; 28].

Часто используемым в качестве наполнителя полимерных ММА (ПММА) является диоксид циркония (ZrO_2). Наночастицы ZrO_2 обладают такими преимуществами, как высокая прочность, биосовместимость и эстетическая составляющая по сравнению с другими наночастицами различных оксидов металлов [29]. В ряде исследований сообщается, что включение наночастиц ZrO_2 в состав полимерных материалов для зубных протезов улучшает его механические свойства [30; 31], наряду с этим улучшаются и физические свойства, в частности стойкость материала к появлению трещин, параметры ударной вязкости, вместе с тем снижается сорбционная активность материала и растворимость. В исследованиях ряда авторов предоставлены данные, свидетельствующие, что при включении наночастиц ZrO_2 в структуру полимерного материала Vertex Dental (Нидерланды) прочность смолы повышается с $59,4 \pm 5,5$ до $87,3 \pm 2,2$ МПа, ударная вязкость – с $1,78 \pm 0,21$ до $3,3 \pm 0,31$ кДж/м², твердость – с $37,9 \pm 1,4$ до $44,4 \pm 1,3$ Н, при

этом средняя шероховатость поверхности уменьшается с $0,0025 \pm 0,0002$ до $0,0016 \pm 0,0003$ [28; 32]. Однако сравнительный анализ по показателям ударной вязкости выявил противоречивые значения, так как аналогичные исследования были проведены зарубежными авторами, где в качестве нанонаполнителя использовали частицы ZrO_2 в концентрации до 5 %. При этом прочность на изгиб улучшилась с $64,52 \pm 5,76$ до $94,05 \pm 6,95$ МПа, а ударная вязкость уменьшилась с $3,89 \pm 0,46$ до $1,99 \pm 0,63$ кДж/м² [31]. Следует отметить, что в целом вышеперечисленные аспекты приводят к улучшению качества полимерного материала, что, в свою очередь, снижает негативное воздействие остаточного мономера.

Модификация полимерных материалов низкими концентрациями наночастиц SiO_2 обеспечивает превосходные механические свойства. По данным E. Azmy et al. (2022) прочность смолы при добавлении частиц SiO_2 повышается с $59,4 \pm 5,5$ до $70,3 \pm 2,6$ МПа, ударная вязкость – с $1,78 \pm 0,21$ до $2,45 \pm 0,33$ кДж/м², твердость – с $37,9 \pm 1,4$ до $41,1 \pm 1,6$ Н, при этом средняя шероховатость поверхности уменьшается с $0,0025 \pm 0,0002$ до $0,0017 \pm 0,0001$. Однако увеличение концентрации SiO_2 (с 3 до 7 вес. %), снижает прочностные характеристики материала, что обусловлено агрегацией наночастиц и образованием кластеров, приводящих к ослаблению связей полимерных цепочек и концентрации напряжений [28; 33].

Между тем модификация полимерных материалов наночастицами Al_2O_3 в концентрации 2 % приводит к изменению таких показателей, как ударная вязкость (увеличивается с $4,6 \pm 0,07$ до $6,2 \pm 0,06$ кДж/м²), водопоглощение (уменьшается с $21,3 \pm 0,2$ до $20,5 \pm 0,4$ мкг/мм³) и растворимость (уменьшается с 1,8 до 1,6 мкг/мм³) [33].

Исследования зарубежных авторов показали, что включение 3 % ZrO_2 , 7 % ZrO_2 , 3 %

TiO_2 и 3 % SiO_2 наночастиц значительно увеличивает прочность на изгиб, ударную прочность и износостойкость полимерного материала. Кроме того, включение в состав материалов наночастиц 3 % ZrO_2 , 7 % ZrO_2 , 7 % TiO_2 и 7 % SiO_2 значительно влияет на параметры твердости акрилового материала, способствуя увеличению значений. Что же касается 7 % концентрации ZrO_2 и TiO_2 , то такой наполнитель может использоваться для предотвращения переломов зубных протезов, в то время как SiO_2 исследователи рекомендуют применять в низких концентрациях (3 %) [28].

Таким образом, для улучшения прочностных характеристик зубных протезов из полимерных материалов и минимизации концентрации остаточного мономера путем модификации составных компонентов полимерных материалов требуется соблюдение процентного соотношения наночастиц согласно рецептуре разработчиков. Нанонаполнители Al_2O_3 , TiO_2 , ZrO_2 , SiO_2 способствуют повышению прочностных характеристик конструкционных полимерных материалов, снижению их водопоглощения и растворимости, что предотвращает биодеструктивные процессы.

Разработка биологических покрытий, препятствующих выходу остаточного мономера. Одним из способов, позволяющих снизить негативное воздействие остаточного мономера на ткани и органы рта, является нанесение на стоматологические изделия из полимерных материалов различных видов покрытий. В основном применяются методы лазерного, плазменного напыления покрытия, а также пневматическое (сухое). Каждый из вышепредставленных методов имеет недостатки и преимущества, которые касаются различий в нанесении равномерности покрытия, адгезии слоя, глубины проникновения, возможности диффузии растворимых соединений пластмассы на поверхность и др.

Отечественными исследователями описано успешное применение покрытия из оксида тантала (Ta_2O_5) толщиной 0,4 мкм с целью решения проблемы непереносимости стоматологических конструкционных материалов [34]. Авторами приведены данные об использовании данного покрытия при изготовлении 94 съемных и несъемных зубных протезов у 47 пациентов с непереносимостью конструкционных материалов, при этом покрытие наносили как на пластмассовые составные части зубных протезов, так и на металлические включения. Помимо этого, были проведены экспериментальные исследования с 368 образцами полимерных материалов, таких как «Фторакс», «Этакрил», «Синма», «Бесцветная пластмасса», «Редонт», «Протакрил». Авторы изучали наличие остаточного мономера в образцах, изготовленных традиционным методом, и с нанесением покрытия. Проведена оценка содержания остаточного мономера в представленных образцах акриловых пластмасс с помощью бромидброматного метода, которая свидетельствует, что концентрация остаточного мономера во всех образцах после нанесения покрытия уменьшается. Так, в образцах, изготовленных из материала «Фторакс», концентрация остаточного мономера уменьшилась с $2,8 \pm 0,12$ до $1,6 \pm 0,15$ %, из полимера «Этакрил» – с $3,95 \pm 0,5$ до $2,0 \pm 0,1$ %, «Бесцветная пластмасса» – с $3,25 \pm 0,35$ до $1,45 \pm 0,05$ %, «Синма» – с $4,65 \pm 0,25$ до $2,95 \pm 0,05$ %, «Редонт» – с $6,8 \pm 0,1$ до $4,6 \pm 0,1$ %, «Протакрил» – с $5,25 \pm 0,45$ до $3,5 \pm 0,1$ %. Исследователями доказано, что покрытие из Ta_2O_5 дает качественную изоляцию, тем самым ограничивает элиминацию остаточного мономера и иных токсических ингредиентов из полимерного материала и уменьшает его воздействие на прилегающие ткани и органы рта. Кроме того, нанесение покрытия на металлические элементы зубных протезов способствовало значительно-

му снижению вероятности развития гальванических процессов ввиду обеспечения увеличения внутреннего сопротивления.

В зарубежных литературных источниках представлены данные многочисленных исследований, направленных на нанесение покрытий, основу которых составляют наночастицы TiO_2 . Известно, что покрытие из диоксида титана обладает высокой степенью антимикробной активности, в том числе и против грибов рода *Candida*. Противомикробный эффект наночастиц TiO_2 в основном объясняется их антиадгезионной активностью в полости рта, что сопровождается снижением прилипания к поверхности пищевых продуктов и микробных пленок (от 63 до 77 %), а также их фотокаталитической активностью и супергидрофильными свойствами, при этом слой, образованный наночастицами, предотвращает выход остаточного мономера [35; 36]. Однако у данной методики присутствуют такие недостатки, как изменение цвета, ограничение проведения починок и перебазировок протезов. В свою очередь при УФ-облучении акриловой смолы, содержащей наночастицы TiO_2 , в присутствии воды образуются активные формы кислорода, а также супероксидные свободные радикалы (O_2^-) и перекись водорода (H_2O_2) [37; 38], приводящие к инактивации микроорганизмов посредством повреждения их клеточной мембраны и разрушению органического матрикса [39; 40; 41].

Известны исследования, посвященные применению фторапатит-титана (FAPTiO_2) в качестве покрытия полимерных зубных протезов, которое, в свою очередь, оказывает мощное противогрибковое действие благодаря своей способности производить большое количество гидроксильных радикалов в ходе фотокатализа, что обуславливает более высокую гидрофильность смолы, чем та, которую обеспечивают наночастицы TiO_2 [42; 43].

В исследованиях зарубежных авторов также описано нанокерамическое покрытие $\text{TiO}_2/\text{ZrO}_2$ для базисов зубных протезов из ПММА, которое изменяет свойства поверхности, способствуя уменьшению микробной адгезии, что представляет собой многообещающую альтернативу химической дезинфекции зубных протезов из ПММА [44]. Помимо этого, при воздействии агрессивных средств данное покрытие практически не подвержено деструктивным изменениям. В проведенном эксперименте после воздействия агрессивной среды шероховатость ПММА без покрытия увеличивается в 3,2 раза, в то время как с покрытием – практически не изменяется.

В процессе пользования поверхность зубных протезов подвергается биодеструктивным изменениям в связи с воздействием агрессивной среды полости рта, что приводит к выходу остаточного мономера, находящегося в более глубоких слоях стоматологического изделия. С целью минимизации биодеструкции полимерных материалов отечественными исследователями было разработано покрытие на основе карбида кремния «Панцирь», обладающее высокой химической инертностью, износостойкостью, механической прочностью и хорошим уровнем адгезии к ряду полимерных материалов. В процессе ионно-плазменного напыления формируются наноструктурированные слои, которые препятствуют биодеструкции материала [45]. Покрытие из карбида кремния существенно снижает уровень первичной микробной адгезии, в частности как представителей грамположительной кокковой флоры, так

и грамотрицательных пародонтопатогенов, а также грибов рода *Candida* [46]. Разработчиками данного покрытия доказана эффективность его применения для минимизации миграции остаточного мономера, которая составила от 16 до 45 % в зависимости от состава и технологии изготовления полимерных материалов, что, в свою очередь, снижает вероятность развития аллергических и токсико-химических реакций [47]. Однако после нанесения покрытия изменяются цветовые характеристики зубных протезов.

Стоит отметить, что в процессе пользования зубными протезами с разными видами покрытий происходит механическое изнашивание, в результате которого формируются участки с отсутствием нанесения, что, в свою очередь, требует периодического нанесения покрытия не менее одного раза в полгода, приводя к значительным финансовым и временным затратам.

Выводы

Таким образом, обзор современных литературных источников позволил систематизировать направления в разработке способов, методов, технологий и профилактики, направленных на снижение воздействия остаточного мономера зубных протезов из полимерных материалов на ткани и органы рта, комбинация которых способствует минимизации концентрации непрореагировавшего мономера, улучшению адаптации, увеличению срока пользования протезами, что, в свою очередь, повышает качество жизни данной категории лиц.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК / REFERENCES

1. Манин О.И., Ромодановский П.О., Дубова Л.В., Золотницкий И.В. Клинико-экспертная оценка состояния зубных протезов у пациентов с жалобами на явления непереносимости. Судебная медицина 2022; 8 (3): 67–75. DOI: 10.17816/fm69 / Manin O.I., Romodanovskiy P.O., Dubova L.V., Zolotnitskiy I.V. Clinical and expert assessment of the state of dental pros-

theses in patients with complaints of intolerance. *Russian Journal of Forensic Medicine* 2022; 8 (3): 67–75. DOI: 10.17816/fm69 (in Russian).

2. Жолудев С.Е., Белоконова Н.А., Тариго О.С. Клинико-экспериментальное изучение эффективности применения таблеток Кореге® (Corega® Tabs) для очищения съемных зубных протезов. *Клиническая стоматология* 2014; 4 (72): 46–50. / Zholudev S.E., Belokonova N.A., Tariko O.S. Clinical and experimental study of the effectiveness of using Corega® Tabs for cleaning removable dentures. *Clinical Dentistry* 2014; 4 (72): 46–50 (in Russian).

3. Картон Е.А., Вакушина Е.А., Селескериди В.В., Григоренко М.П. Совершенствование методов профилактики и гигиены слизистой оболочки полости рта стоматологических пациентов, принимающих высокодозную химиотерапию. *Georgian Medical News* 2020; 4 (301): 68–73. / Karton E.A., Vakushina E.A., Seleskeridi V.V., Grigorenko M.P. Improvement of methods for the prevention and hygiene of the oral mucosa of stomatological patients undergoing high dosage chemotherapy. *Georgian Medical News* 2020; 4 (301): 68–73 (in Russian).

4. Мирсаев Т.Д., Медведева Ю.В., Иваненко М.В., Хонина Т.Г., Жолудев С.Е. Исследование дезактивирующей способности различных адгезионных гелевых основ по отношению к метилметакрилату. *Проблемы стоматологии* 2017; 13 (1): 35–40. DOI: 10.18481/2077-7566-2017-13-1-35-40 / Mirsaev T.D., Medvedeva Yu.V., Ivanenko M.V., Honina T.G., Zholudev S.E. An investigation of the deactivating ability exhibited by various adhesive gel bases towards methyl methacrylate. *The Actual Problems in Dentistry* 2017; 13 (1): 35–40. DOI: 10.18481/2077-7566-2017-13-1-35-40 (in Russian).

5. Малышев М.Е., Керимханов К.А., Беделов Н.Н., Иорданишвили А.К. Влияние применения отечественного адгезивного крема для фиксации съемных протезов с экстрактом подорожника на микробиом слизистой и секреторный иммунитет рта. *Медицинский алфавит* 2023; 30: 35–41. DOI: 10.33667/2078-5631-2023-30-35-40 / Malyshev M.E., Kerimkhanov K.A., Bedelov N.N., Iordanishvili A.K. Influence of using a domestic adhesive cream for fixation of removable dentures with plantain extract on mucosal microbiome and secretory immunity of the mouth. *Medical Alphabet* 2023; (30): 35–40. DOI: 10.33667/2078-5631-2023-30-35-40 (in Russian).

6. Перемышленко А.С., Иорданишвили А.К., Беделов Н.Н., Керимханов К.А. Возможности коррекции реакции слизистой оболочки рта на съемные зубные протезы. *Институт стоматологии* 2023; 3 (100): 27–29. / Peremyslenko A.S., Iordanishvili A.K., Bedelov N.N., Kerimkhanov K.A. Possibilities of correction of oral mucousa reaction to removable dentures. *The Dental Institute* 2023; 3 (100): 27–29 (in Russian).

7. Лебеденко И.Ю., Воронов А.П., Насуев Г.М., Воронов И.А. Разработка и клиническое применение нового отечественного силиконового материала холодной полимеризации для двухслойных протезов. *Dental Forum* 2013; 4: 47–50. / Lebedenko I.Yu., Voronov A.P., Nasuev G.M., Voronov I.A. The development and clinical application of the new domestic silicone material with cold polymerization for double-layer. *Dental Forum* 2013; 4: 47–50 (in Russian).

8. Ключев О.В., Воронов И.А., Воронов А.П., Лебеденко И.Ю. Оценка качества жизни пациентов, пользующихся полными съемными зубными протезами с мягкой подкладкой "Гос-Сил". *Российский стоматологический журнал* 2007; 3: 33–35. / Klyuyev O.V., Voronov I.A., Voronov A.P., Lebedenko I.Yu. Evaluation of the quality of life of patients using full removable dental prostheses with the soft pad gosseal. *Russian Journal of Dentistry* 2007; 3: 33–35 (in Russian).

9. Автандилов Г.А., Смирнова Т.А., Шевлягина Н.В., Шустрова Н.М., Лебеденко И.Ю. Ультроструктурное исследование биодеструкции полиуретана под воздействием

Staphylococcus aureus. *Dental Forum* 2012; 2: 28–34. / *Avtandilov G.A., Smirnova T.A., Shevlyagina N.V., Shustrova N.M., Lebedenko I.Yu.* Ultrastructural investigation of polyurethane biodestruction under *staphylococcus aureus* influence. *Dental Forum* 2012; 2: 28–34 (in Russian).

10. *da Costa R.M.B., Venante H.S., Pordeus M.D., Chappuis-Chocano A.P., Neppelenbroek K.H., Santiago Júnior J.F., Porto V.C.* Does microwave disinfection affect the dimensional stability of denture base acrylic resins? A systematic review. *Gerodontology* 2022; 39 (4): 339–347. DOI: 10.1111/ger.12597

11. *Филимонова О.И., Шишкова Ю.С., Вильданова О.Р., Тезиков Д.А.* Применение ультрафиолетового облучения для гигиенического ухода за съёмными ортопедическими конструкциями. *Уральский медицинский журнал* 2012; 8 (100): 75–78. / *Filimonova O.I., Shishkova U.S., Vildanova O.R., Tezikov D.A.* The use of ultraviolet irradiation for hygienic care of removable prosthetic constructions. *Ural'skij medicinskij zhurnal* 2012; 8 (100): 75–78 (in Russian).

12. *Кораев Ч.Б.* Сочетанное применение ультрафиолета и ультразвука в очистке и дезинфекции съёмных зубных протезов: возможности и перспективы. *Dental Forum* 2012; 3: 50–51. / *Koraev Ch.B.* Combined use of ultraviolet and ultrasound in cleaning and disinfection of removable dentures: possibilities and prospects. *Dental Forum* 2012; 3: 50–51 (in Russian).

13. *Газизов Р.А., Шамсетдинов Ф.Н.* Исследование инактивации *Bacillus atrophaeus* с использованием чистого и модифицированного диоксида углерода. *Международный научно-исследовательский журнал* 2018; 12–1 (78): 165–168. DOI: 10.23670/IRJ.2018.78.12.029 / *Gazizov R.A., Shamsetdinov F.N.* Study of *bacillus atrophaeus* inactivation with clean and modified carbon dioxide. *International Research Journal* 2018; 12–1 (78): 165–168. DOI: 10.23670/IRJ.2018.78.12.029 (in Russian).

14. *Soares G.C., Learmonth D.A., Vallejo M.C., Davila S.P., González P., Sousa R.A., Oliveira A.L.* Supercritical CO₂ technology: The next standard sterilization technique? *Materials Science and Engineering* 2019; 99: 520–540. DOI: 10.1016/j.msec.2019.01.121

15. *Арутюнов С.Д., Янушевич О.О., Корсунский А.М., Подпорин М.С., Салимон А.И., Романенко И.И., Царев В.Н.* Сравнительный анализ эффективности современных методов стерилизации инструментов и место газодинамической обработки диоксидом углерода. *Российская стоматология* 2022; 15 (1): 12–19. DOI: 10.17116/rosstomat2022150112 / *Arutyunov S.D., Yanushevich O.O., Korsunsky A.M., Podporin M.S., Salimon A.I., Romanenko I.I., Tsarev V.N.* Comparative analysis of the effectiveness of modern methods of sterilization of instruments and the place of gas-dynamic treatment with carbon dioxide. *Russian Journal of Stomatology* 2022; 15 (1): 12–19. DOI: 10.17116/rosstomat2022150112 (in Russian).

16. *Ribeiro N., Soares G.C., Santos-Rosales V., Concheiro A., Alvarez-Lorenzo C., García-González C.A., Oliveira A.L.* A new era for sterilization based on supercritical CO₂ technology. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 2020; 108 (2): 399–428. DOI: 10.1002/jbm.b.34398

17. *Воложин А.И., Шехтер А.Б., Суханов Ю.П., Караков К.Г., Попов В.К., Антонов Е.Н., Карротт М.* Тканевая реакция на акриловые пластмассы, модифицированные сверхкритической экстракцией двуокисью углерода. *Стоматология* 1998; 77 (4): 4–8. / *Volozhin A.I., Shekhter A.B., Subanov Yu.P., Karakov K.G., Popov V.K., Antonov E.N., Karrott M.* Tissue response to acrylic resins modified by supercritical carbon dioxide extraction. *Stomatology* 1998; 77 (4): 4–8 (in Russian).

18. *Караков К.Г., Шехтер А.Б., Воложин А.И.* Тканевая реакция на пластмассу «Фторакс» с нанесенным на ее поверхность синтетическим гидроксипатитом и модифицированную

сверхкритической средой углекислоты. Российский стоматологический журнал 2003; 1: 7–9. / Karakov K.G., Shekhter A.B., Volozhin A.I. Issue response to the "Ftorax" plastic with the synthetic hydroxyapatite being applied to the plastic surface and with the plastic being modified by supercritical carbonic medium. *Russian Journal of Dentistry* 2003; 1: 7–9 (in Russian).

19. Yadfout A., Asri Y., Merzouk N., Regragui A. Denture base resin coated with titanium dioxide (TiO₂): A systematic review. *Int J Nanomedicine* 2023; 18: 6941–6953. DOI: 10.2147/IJN.S425702

20. Abdulrazzaq Naji S., Jafarzadeh Kasbi T.S., Bebroozibakhsb M., Hajizamani H., Habibzadeh S. Recent advances and future perspectives for reinforcement of poly (methyl methacrylate) denture base materials: a literature review. *J Dent Educ.* 2018; 5: 490–502.

21. Waly G.H. Effect of incorporating undoped or silver-doped photocatalytic titanium dioxide on the antifungal effect and dynamic viscoelastic properties of long-term acrylic denture liners. *Future Dent J.* 2018; 4: 8–15. DOI: 10.1016/j.fdj.2018.03.002

22. Harini P., Mobamed K., Padmanabhan T.V. Effect of titanium dioxide nanoparticles on the flexural strength of polymethylmethacrylate: an in vitro study. *Indian J Dent Res.* 2014; 25: 459–463. DOI: 10.4103/0970–9290.142531

23. Hamdy T., Mousa S., Sherief M. Effect of incorporation of lanthanum and cerium-doped hydroxyapatite on acrylic bone cement produced from phosphogypsum waste. *Egypt. J. Chem.* 2019; 63 (5): 1823–1832. DOI: 10.21608/ejchem.2019.17446.2069

24. Hamdy T., Saniour S., Sherief M., Zaki D. Effect of incorporation of 20 wt % amorphous nano-hydroxyapatite fillers in polymethyl methacrylate composite on the compressive strength. *Int J Biol Chem Sci.* 2015; 6 (63): 975–8585.

25. Bangera M.K., Kotian R., Ravishankar N. Effect of titanium dioxide nanoparticle reinforcement on flexural strength of denture base resin: a systematic review and meta-analysis. *Jpn Dent Sci Rev.* 2020; 56: 68–76. DOI: 10.1016/j.jdsr.2020.01.001

26. Alrablab A., Fouad H., Hasbem M., Niazy A.A., AlBadab A. Titanium oxide (TiO₂) /polymethylmethacrylate (PMMA) denture base nanocomposites: mechanical, viscoelastic and antibacterial behavior. *Materials (Basel)* 2018; 11: 1096. DOI: 10.3390/ma11071096

27. Tandra E., Wahyuningtyas E., Sugiatno E. The effect of nanoparticles TiO₂ on the flexural strength of acrylic resin denture plate. *Padjadjaran J Dent.* 2018; 30: 35–40. DOI: 10.24198/pjd.vol30no1.16110

28. Azmy E., Al-Kholy M.R.Z., Al-Thobity A.M., Gad M.M., Helal M.A. Comparative effect of incorporation of ZrO₂, TiO₂, and SiO₂ nanoparticles on the strength and surface properties of PMMA denture base material: an in vitro study. *Int J Biomater.* 2022: 5856545. DOI: 10.1155/2022/5856545

29. Torres L.S.A., Marin L.M.L., Anita R.E.N. Biocompatible metal-oxide nanoparticles: nanotechnology improvement of conventional prosthetic acrylic resins. *Journal of Nanomaterials* 2011: 1–8. DOI: 10.1155/2011/941561

30. Ayad N.M., Dawi M.F., Fatab A.A. Effect of reinforcement of high impact acrylic resin with micro-zirconia on some physical and mechanical properties. *Revista de Clínica e Pesquisa Odontológica* 2008; 4: 145–151.

31. Gad M.M., Al-Thobity A.M., Raboma A., Abualsaud R., Al-Harbi F.A., Akhtar S. Reinforcement of PMMA denture base material with a mixture of ZrO₂ nanoparticles and glass fibers. *International Journal of Dentistry* 2019; 1 (11): 2489393. DOI: 10.1155/2019/2489393, 2-s2.0-85061634135

32. Neset V.A., Hamdi A., Turan K., Turkyilmaz I. Influence of various metal oxides on mechanical and physical properties of heat-cured polymethylmethacrylate denture base resins. *Journal of Advanced Prosthodontics* 2013; 5: 241–247. DOI: 10.4047/jap.2013.5.3.241
33. Balos S., Pilic B., Markovic D., Pavlicevic J., Luzanin O. Poly (methyl-methacrylate) nanocomposites with low silica addition. *The Journal of Prosthetic Dentistry* 2014; 111 (4): 327–334.
34. Михайлова Е.С. Использование покрытий оксида тантала для лечения непереносимости стоматологических конструкционных материалов. Вестник Северо-Западного государственного медицинского университета им. И.И. Мечникова 2013; 5 (1): 18–23. / *Mikhaylova E.S. Use the cover of tantalum oxide in the treatment intolerance of the stomatological construction materials. Vestnik Severo-Zapadnogo gosudarstvennogo medicinskogo universiteta im. I.I. Mechnikova* 2013; 5 (1): 18–23 (in Russian).
35. Amirabad L.M., Tabriri M., Zarrintaj P., Ghaffari R., Tayebi L. Preparation and characterization of TiO₂-coated polymerization of methyl methacrylate (PMMA) for biomedical applications: in vitro study. *Asia Pac J Chem Eng.* 2022; 17: e2761. DOI: 10.1002/apj.2761
36. Totu E.E., Nechifor A.C., Nechifor G., Aboul-Enein H.Y., Cristache C.M. Poly (methyl methacrylate) with TiO₂ nanoparticles inclusion for Stereolithographic complete denture manufacturing – the Future in dental care for elderly edentulous patients? *J Dent.* 2017; 59: 68–77. DOI: 10.1016/j.jdent.2017.02.012
37. Cierech M., Szerszeń M., Wojnarowicz J., Łojkowski W., Kostrzewa-Janicka J., Mierzwińska-Nastalska E. Preparation and characterisation of poly (methyl Metacrylate) -titanium dioxide nanocomposites for denture bases. *Polymers (Basel)* 2020; 12: 2655. DOI: 10.3390/polym12112655
38. Iesalnieks M., Eglītis R., Jubna T., Šmits K., Šutka A. Photocatalytic activity of TiO (2) coatings obtained at room temperature on a polymethyl methacrylate substrate. *Int J Mol Sci.* 2022; 23. DOI: 10.3390/ijms232112936
39. Ono Y., Iwabashi H. Titanium dioxide nanoparticles impart protection from ultraviolet irradiation to fermenting yeast cells. *Biochem Biophys Rep.* 2022; 30: 101221. DOI: 10.1016/j.bbrep.2022.101221
40. Darwish G., Huang S., Knoernschild K., Sukotjo C., Campbell S., Bisbal A.K. et al. Improving polymethyl methacrylate resin using a novel titanium dioxide coating. *J Prosthodont.* 2019; 28 (9): 1011–1017. DOI: 10.1111/jopr.13032
41. Mutter M.M., Khalil S.G., Ismael M.E., Jabbar R.H. Preparation of TiO₂; PMMA; PVA nanocomposite thin film as a smart coating as the self-cleaning application. *J Phys Conf Ser.* 2022; 2322: 012072. DOI: 10.1088/1742-6596/2322/1/012072
42. Sawada T., Yoshino F., Kimoto K. et al. ESR detection of ROS Generated by TiO₂ coated with fluoridated apatite. *J Dent Res.* 2010; 89: 848–853. DOI: 10.1177/0022034510370806
43. Sawada T., Kumasaka T. et al. Self-cleaning effects of acrylic resin containing fluoridated apatite-coated titanium dioxide. *Gerodontology* 2014; 31: 68–75. DOI: 10.1111/ger.12052
44. Yang B., Ginsburg S., Li W., Vilela M.M., Shabmohammadi M., Takoudis C.G., Wu C.D. Effect of nano-ceramic coating on surface property and microbial adhesion to poly (methyl methacrylate). *J Biomed Mater Res B Appl Biomater.* 2023; 111 (8): 1480–1487. DOI: 10.1002/jbm.b.35247
45. Воронов И.А., Митрофанов Е.А., Калинин А.Л., Семакин С.Б., Диденко Л.В., Автандилов Г.А. Разработка нового покрытия из карбида кремния для защиты зубных протезов от биодеструкции. Российский стоматологический журнал 2014; 1: 4–9. / *Voronov I.A., Mitro-*

fanov E.A., Kalinin A.L., Semakin S.B., Didenko L.V., Avtandilov G.A. Development of a new silicon carbide coating for protection from dentures biodegradation. *Russian Journal of Dentistry* 2014; 1: 4–9 (in Russian).

46. Воронов И.А., Инполитов Е.В., Царев В.Н. Подтверждение протективных свойств нового покрытия из карбида кремния «Панцирь» при моделировании микробной адгезии, колонизации и биодеструкции на образцах стоматологических базисных полимеров. Клиническая стоматология 2016; 1 (77): 60–65. / Voronov I.A., Ippolitov E.V., Tsarev V.N. Confirmation of protective characteristics of new coating made of silicon carbide "Shell" in terms of modeling microbial adhesion, colonization and biodestruction based on basic orthopaedic polymers. *Clinical Dentistry (Russia)* 2016; 1 (77): 60–65 (in Russian).

47. Воронов И.А., Деев М.С. Оценка защитных свойств покрытия «Панцирь» из карбида кремния от потенциально опасных продуктов миграции из стоматологических полиметилметакрилатных пластмасс для базиса протезов. Cathedra-Кафедра. Стоматологическое образование 2014; 50: 26–29. / Voronov I.A., Deev M.S. Evaluation of the protective properties of the coating armor of silicon carbide from potentially dangerous products migration from plastics for dental polymethylmethacrylate denture base. *Cathedra-Kafedra. Stomatologicheskoe obrazovanie* 2014; 50: 26–29 (in Russian).

Финансирование. В рамках внутреннего гранта ФГБОУ ВО «Российский университет медицины» МЗ РФ (НПО-0008-Н от 17.12.2024) на тему «Исследование эффективности степени экстракции остаточного мономера из полимерных конструкционных материалов зубных протезов».

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов:

Дубова Л.В. – концепция, анализ материала, редактирование рукописи.

Гветадзе Р.Ш. – концепция, анализ материала, редактирование рукописи.

Манин О.И. – концепция, анализ материала, структурирование и написание рукописи.

Рудакова А.М. – поиск литературы, сбор и обработка информации, написание рукописи.

Все авторы внесли значимый вклад в подготовку и написание статьи, а также одобрили финальную версию статьи перед публикацией.

Поступила: 27.06.2025

Одобрена: 09.09.2025

Принята к публикации: 09.10.2025

Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом: Обзор способов и методов, направленных на снижение воздействия на ткани и органы рта остаточного мономера из полимерных зубных протезов / Л.В. Дубова, Р.Ш. Гветадзе, О.И. Манин, А.М. Рудакова // Пермский медицинский журнал. – 2025. – Т. 42, № 5. – С. 5–18. DOI: 10.17816/pmj4255-18

Please cite this article in English as: Dubova L.V., Gvetadze R.Sh., Manin O.I., Rudakova A.M. Review of methods and techniques to reduce the impact of residual monomer from polymer dental prostheses on the oral tissues and organs. *Perm Medical Journal*, 2025, vol. 42, no. 5, pp. 5–18. DOI: 10.17816/pmj4255-18