

Получена: 31.08.2024 Принята: 18.09.2024 Опубликовано online: 28.09.2024

DOI: [10.26212/2227-1937.2024.24.74.011](https://doi.org/10.26212/2227-1937.2024.24.74.011)

УДК: 616.314-089.28

М.Б. Тлешев, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2262-6376>

Р.И. Кульманбетов, ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-3093-8824>

Б.Ж. Нысанова, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0332-5076>

К.Д. Алтынбеков, ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-3419-3813>

Казахский Национальный медицинский университет имени С. Д. Асфендиярова, Алматы, Казахстан.

ОСОБЕННОСТИ АНТИКОРОЗИЙНЫХ СВОЙСТВ ТИТАНОВЫХ ИМПЛАНТАТОВ С НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫМИ ПОКРЫТИЯМИ

Резюме: Модификация поверхности имплантатов представляет собой важную область исследований в медицине, направленную на улучшение остеоинтеграции и снижение воспалительных реакций в области имплантации. Для достижения этих целей поверхности имплантатов подвергаются различным методам модификации. В частности, модификация поверхностей делится на два основных направления: обработка поверхности ионами металлов и наночастицами. Эти методы включают нанесение металлического покрытия на поверхность имплантата и способствуют значительному повышению антикоррозийных свойств имплантатов.

Цель исследования: изучить антикоррозийные свойства титановых имплантатов с наноструктурированными поверхностями.

Материалы и методы исследования: экспериментальное исследование методом снятия потенциодинамических поляризационных кривых.

Результаты и обсуждение: Исследование показало, что титановые имплантаты с наноструктурированными покрытиями обладают более улучшенными антикоррозийными свойствами по сравнению со стандартными покрытиями. Специально осажденная оксидная пленка на поверхности титана обеспечивает защиту от коррозии.

Заключение: доказана эффективность использования наноструктурированных покрытий наночастицами для повышения долговечности и надежности титановых имплантатов. Данные покрытия могут значительно улучшить эксплуатационные характеристики дентальных имплантатов, обеспечивая их стабильную работу в агрессивных условиях организма человека.

Ключевые слова: имплантаты, диоксид титана, наночастицы, коррозия.

М.Б. Тлешев, Р.И. Кульманбетов, Б.Ж. Нысанова, К.Д. Алтынбеков

С.Д. Асфендияров атындағы Қазақ ұлттық медицина университеті» Алматы, Қазақстан

НАНОҚҰРЫЛЫМДЫ ЖАБЫНДАРЫ БАР ТИТАН ИМПЛАНТТАРЫНЫҢ КОРРОЗИЯҒА ҚАРСЫ ҚАСИЕТТЕРІНІҢ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

Түйін: имплантат бетінің модификациясы остеоинтеграцияны жақсартуға және имплантация аймағындағы қабыну реакцияларын азайтуға бағытталған медицинадағы маңызды зерттеу саласы болып табылады. Осы мақсаттарға жету үшін имплантаттардың беттері әртүрлі модификация әдістеріне ұшырайды. Беттердің модификациясы екі негізгі бағытқа бөлінеді: бетті металл иондарымен және нанобөлшектермен өңдеу. Бұл әдістер имплантаттың бетіне металл жабынды жағуды қамтиды және имплантаттардың коррозияға қарсы қасиеттерін айтарлықтай арттыруға ықпал етеді.

Зерттеудің мақсаты: наноқұрылымды беттері бар титан имплантаттарының коррозияға қарсы қасиеттерін зерттеу.

Зерттеу материалдары мен әдістері: потенциодинамикалық поляризациялық қисықтарды эксперименттік зерттеу.

Нәтижелер және талқылау: зерттеу наноқұрылымды жабындары бар титан импланттарының стандартты жабындармен салыстырғанда коррозияға қарсы қасиеттері жақсырақ екенін көрсетті. Титан бетіндегі арнайы тұндырылған оксидті пленка коррозиядан қорғауды қамтамасыз етеді.

Қорытынды: титан имплантаттарының беріктігі мен сенімділігін арттыру үшін нанобөлшектердің наноқұрылымды жабындарын пайдалану тиімділігі дәлелденді. Бұл жабындар адам ағзасының агрессивті жағдайында олардың тұрақты жұмысын қамтамасыз ете отырып, стоматологиялық импланттардың өнімділігін едәуір жақсарт алады.

Түйінді сөздер: имплантаттар, титан диоксиді, нанобөлшектер, коррозия.

M.B. Tleshev, R.I. Kulmanbetov, B.J. Nysanova, K.D. Altynbekov

S. D. Asfendiyarov Kazakh National Medical University, Almaty, Kazakhstan

FEATURES OF ANTI-CORROSION PROPERTIES OF TITANIUM IMPLANTS WITH NANOSTRUCTURED COATINGS

Resume: Modification of the implant surface is an important area of research in medicine aimed at improving osseointegration and reducing inflammatory reactions in the implantation area. To achieve these goals, the implant surfaces are subjected to various modification methods. In particular, surface modification is divided into two main areas: surface

treatment with metal ions and nanoparticles. These methods include applying a metal coating to the implant surface and contribute to a significant increase in the anti-corrosion properties of implants.

Objective: to study the anti-corrosion properties of titanium implants with nanostructured surfaces.

Materials and methods: an experimental study using the method of removing potentiodynamic polarization curves.

Results and discussion: The study that titanium implants with nanostructured coatings have more improved anti-corrosion properties compared to standard coatings. A specially deposited oxide film on the titanium surface provides corrosion protection.

Conclusion: the effectiveness of using nanostructured coatings with nanoparticles to increase the durability and reliability of titanium implants has been proven. These coatings can significantly improve the performance of dental implants, ensuring their stable operation in aggressive conditions of the human body.

Keywords: implants, titanium dioxide, nanoparticles, corrosion.

Введение:

Коррозия металлов – это процесс разрушения металлов и их сплавов под воздействием окружающей среды. Этот процесс ведет к ухудшению физических и химических свойств металлов, что может значительно сократить их срок службы и привести к функциональным сбоям в различных ортопедических конструкциях. Коррозия представляет собой серьезную проблему не только в промышленности, строительстве, но и в медицине, где долговечность и надежность металлических компонентов являются критически важными [1].

Существует несколько видов коррозии, включая химическую и электрохимическую коррозию. Примером может служить окисление металлов на воздухе при высоких температурах. Электрохимическая коррозия, наиболее распространенная форма, возникает при контакте металлов с электролитами, такими как растворы солей, кислот или щелочей. В этом случае образуются гальванические элементы, где один металл действует как анод и подвергается коррозии, а другой – как катод и защищается [2].

Механизмы коррозии могут варьироваться в зависимости от условий окружающей среды и свойств самого металла. Процесс окисления, в котором металл теряет электроны и превращается в ионное состояние, является одним из основных механизмов. Другие механизмы включают реакции с кислотами, приводящие к образованию солей и выделению водорода, а также гальваническую коррозию, возникающую при контакте двух разнородных металлов в присутствии электролита. Факторы, такие как химический состав окружающей среды, температура, механические напряжения и структура металла, играют ключевую роль в скорости и характере коррозионных процессов [3].

Для защиты металлов от коррозии используются различные методы, включая нанесение защитных покрытий, электрохимическую защиту, использование ингибиторов коррозии и выбор коррозионностойких материалов. Электрохимическая защита включает методы катодной и анодной защиты, где металл подключается к источнику тока или более активному металлу для предотвращения коррозии. Ингибиторы коррозии добавляются в окружающую среду для замедления коррозионных процессов. Выбор материалов также важен: использование коррозионностойких сплавов, таких как нержавеющая сталь или титан, обеспечивает долговечность и надежность металлических конструкций [4].

Оксидная пленка на поверхности титана играет критически важную роль в медицинских применениях благодаря своим уникальным свойствам, которые обеспечивают биосовместимость, коррозионную стойкость и долговечность медицинских имплантатов. Титановые имплантаты, покрытые оксидной пленкой, широко используются в ортопедии, стоматологии и травматологии [5]. Внутри организма имплантаты подвергаются воздействию физиологических жидкостей, которые могут быть агрессивными для многих металлов. Оксидная пленка на поверхности титана играет роль защитного барьера, предотвращая коррозию и деградацию материала в условиях физиологической среды [6]. Это особенно важно для долгосрочных имплантатов, которые должны сохранять свои свойства на протяжении многих лет. Защита от коррозии также предотвращает выделение ионов титана в организм, что может быть токсичным и вызывать негативные реакции [7].

Оксидная пленка на титане образуется естественным образом при контакте с воздухом или водой и обычно имеет толщину от нескольких нанометров до десятков нанометров. Средняя толщина оксидной пленки на титане составляет около 40-50 нанометров (нм) в естественных условиях. Этот тонкий слой оксида титана (TiO_2) обеспечивает базовую защиту от коррозии и улучшает биосовместимость [8].

Оптимальная толщина оксидной пленки зависит от конкретного применения титана и требований к его свойствам [9]. В медицинских имплантатах предпочтение отдается толщине оксидного слоя, которая обеспечивает необходимую защиту от коррозии и улучшает биосовместимость, не влияя негативно на механические свойства имплантата. Покрытия толщиной до 500 нм широко используются в медицине для улучшения остеоинтеграции и защиты от коррозии [10].

Материалы и методы:

С целью изучения антикоррозийных свойств и исследование процесса формирования оксидных пленок на поверхности титановых образцов было проведено сравнение антикоррозийных свойств титановых образцов марки VT1-0, имеющий высокую прочность и антикоррозионные свойства. В ходе исследования титановые образцы были разделены на три группы:

1 группа титановые образцы стандартные

2 группа титановые образцы с покрытием TiO_2 (толщина покрытия 500 нм)

3 группа титановые образцы с покрытием TiO_2 (толщина покрытия 500 нм) допированная частицами серебра.

С целью определения анодного и катодного поведения титановых образцов в растворах хлорида натрия 1 М проводились исследования методом снятия потенциодинамических поляризационных кривых.

Данный метод используется для определения электрохимических параметров и поведения материала в условиях коррозии. При выполнении эксперимента по снятию потенциодинамических поляризационных кривых, материал (например, титановый образец) помещается в электролитическую среду, которая может быть коррозионной. Затем

на материал наносится ступенчатое изменение потенциала (например, от отрицательного к положительному направлению) с заданной скоростью. Во время эксперимента измеряется зависимость между потенциалом и плотностью тока, протекающего через материал. Полученные данные представляют собой поляризационную кривую, которая показывает реакцию материала на изменение потенциала.

Анодные и катодные поведения титановых электродов изучены на потенциостат-гальваностате «CorrTest Electrochemical Workstation» методом снятия поляризационных кривых в потенциодинамическом режиме. Поляризационные кривые регистрируются с помощью программы «CS Studio5», установленной на персональном компьютере. Основные поляризационные кривые снимались со скоростью изменения потенциала 100 мВ/с. Эксперименты проводились в трехэлектродной ячейке, в которой разделялись электродные пространства. В качестве рабочего электрода использовался поверхностный край медного покрытия с диоксидом титана площадью 3 мм², в качестве второго дополнительного электрода была получена платиновая проволока. В качестве относительного электрода использовался серебристо-хлорный электрод, погруженный в насыщенный раствор KCl (E=+203 мВ) (рис.1).



Рисунок 1 - Потенциостат-гальваностат «CorrTest Electrochemical Workstation»: 1-потенциостат; 2- персональный компьютер; 3- электрохимическая ячейка; 4-рабочий электрод (-TiO₂); 5-относительный электрод (хлор-серебряный); 6-вспомогательный электрод (платиновый)

Результаты исследования:

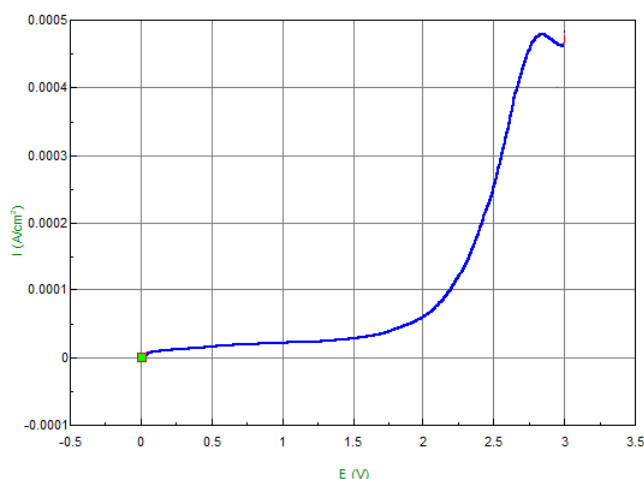


Рисунок 2 - Анодные потенциодинамические поляризационные кривые титанового электрода, покрытого оксидной пленкой: NaCl – 1М, V = 100 мВ/с, t=25°C.

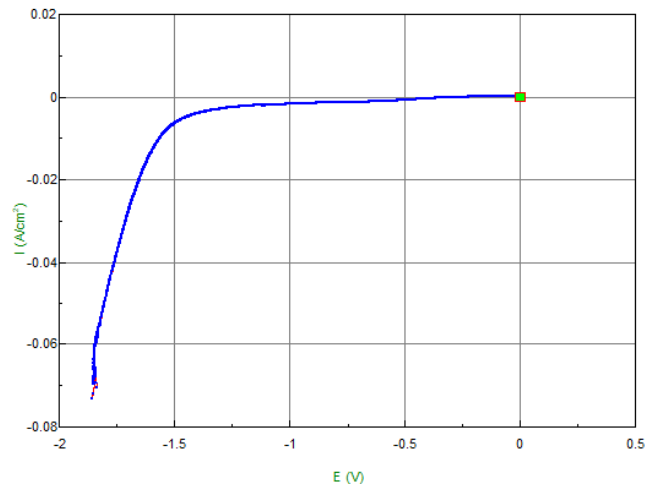


Рисунок 3 - Катодные потенциодинамические поляризационные кривые титанового электрода, покрытого оксидной пленкой: NaCl – 1M, V = 100 мВ/с, t=25°C.

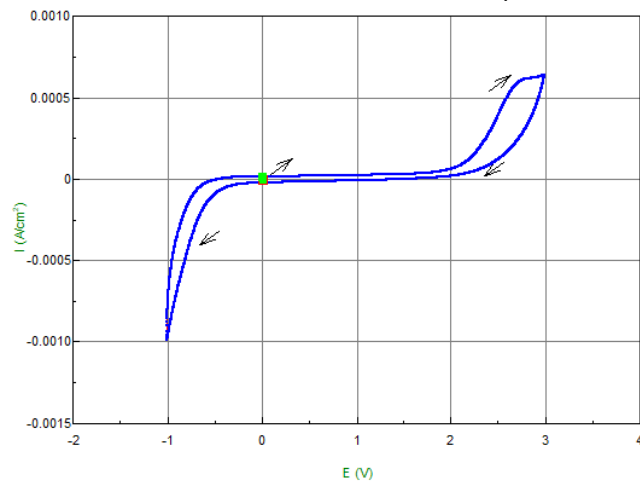


Рисунок 4 - Анодно-катодные потенциодинамические поляризационные кривые титанового электрода, покрытого оксидной пленкой: NaCl – 1M, V = 100 мВ/с, t=25°C.

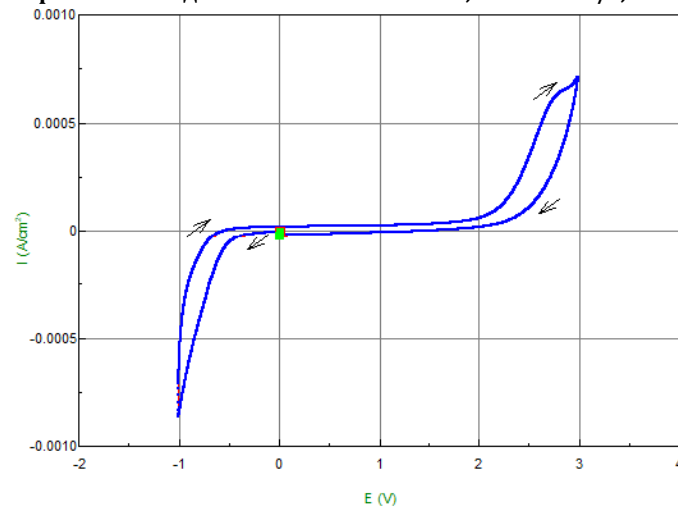


Рисунок 5 - Катодно-анодные потенциодинамические поляризационные кривые титанового электрода, покрытого оксидной пленкой: NaCl – 1M, V = 100 мВ/с, t=25°C.

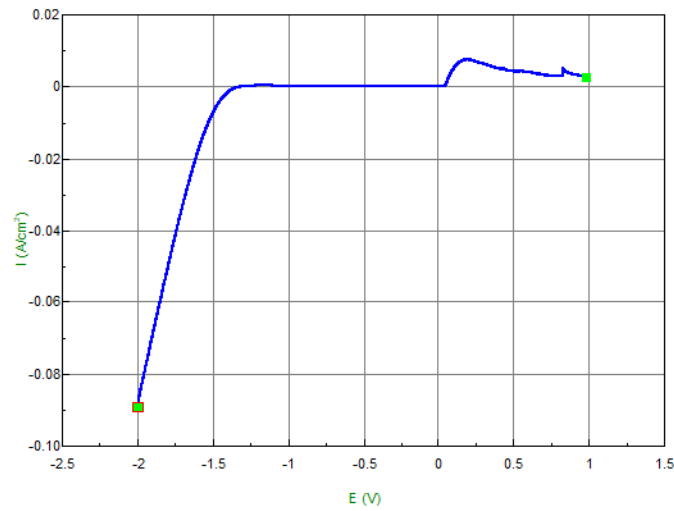


Рисунок 6 - Анодные потенциодинамические поляризационные кривые титанового электрода, покрытого оксидной пленкой и серебром: NaCl – 1М, V = 100 мВ/с, t=25°C.

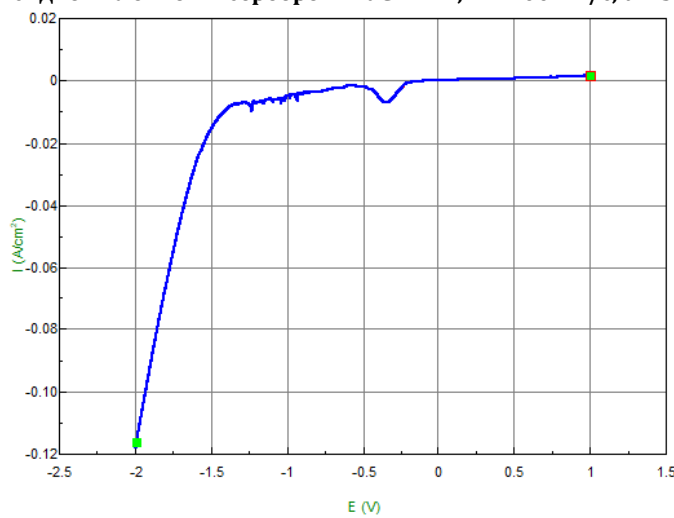


Рисунок 7 - Катодные потенциодинамические поляризационные кривые титанового электрода, покрытого оксидной пленкой и серебром: NaCl – 1М, V = 100 мВ/с, t=25°C.

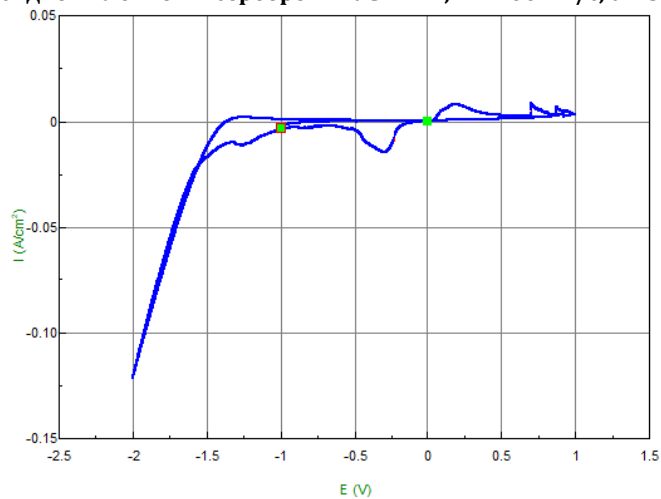


Рисунок 8 - Анодно-катодные потенциодинамические поляризационные кривые титанового электрода, покрытого оксидной пленкой и серебром: NaCl – 1М, V = 100 мВ/с, t=25°C.

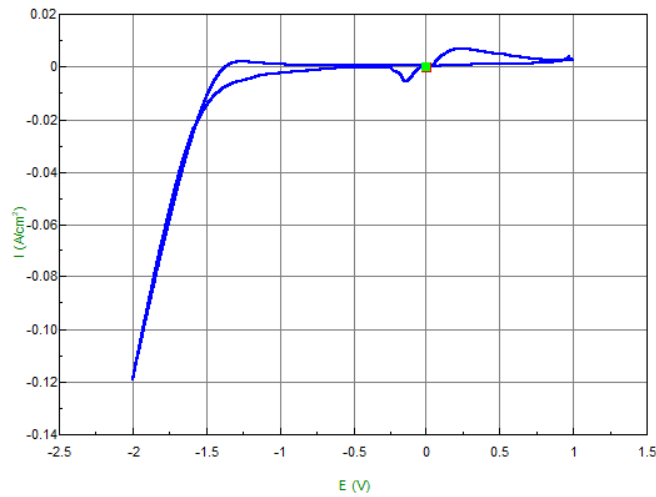


Рисунок 9 - Катодно-анодные потенциодинамические поляризационные кривые титанового электрода, покрытого оксидной пленкой и серебром: NaCl – 1М, V = 100 мВ/с, t=25°C.

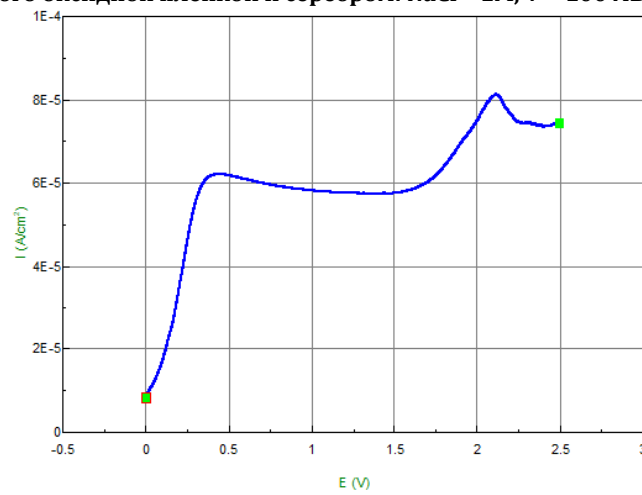


Рисунок 10 - Анодные потенциодинамические поляризационные кривые титанового электрода без покрытий: NaCl – 1М, V = 100 мВ/с, t=25°C.

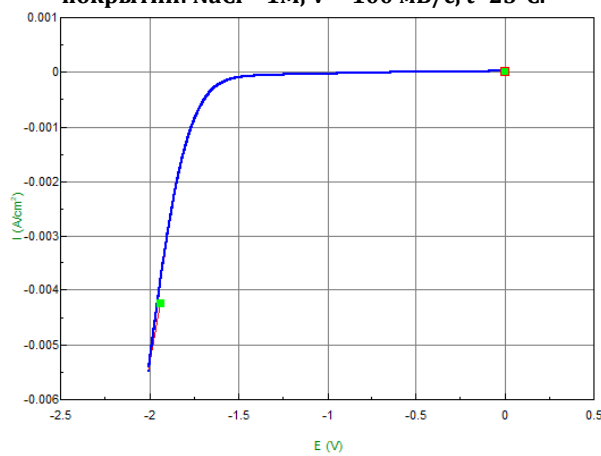


Рисунок 11 - Катодные потенциодинамические поляризационные кривые титанового электрода без покрытий: NaCl – 1М, V = 100 мВ/с, t=25°C.

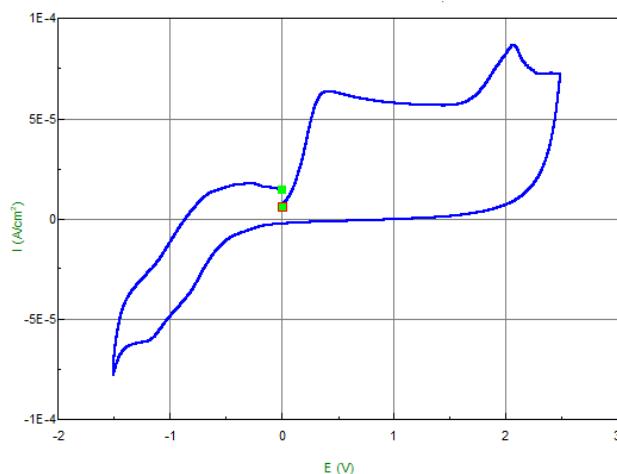


Рисунок 12 - Анодно-катодные потенциодинамические поляризационные кривые титанового электрода без покрытий: NaCl – 1М, V = 100 мВ/с, t=25°C.

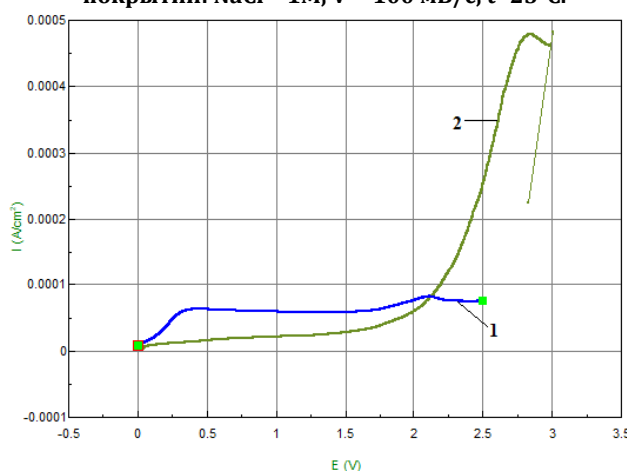


Рисунок 13 - Анодные потенциодинамические поляризационные кривые титанового электрода без покрытий (1) и с оксидной пленкой (2): NaCl – 1М, V = 100 мВ/с, t=25°C.

Как видно из анодных и катодных поляризационных кривых, представленных на рисунках 2-13, титановые электроды с разными типами покрытий демонстрируют различные электрохимические свойства при анодном и катодном растворении в растворе NaCl (1 М) при температуре 25°C.

Рисунок 2 показывает анодные поляризационные кривые титанового электрода с оксидной пленкой, где видно, что покрытие значительно улучшает коррозионную стойкость, предотвращая разрушение при более высоких потенциалах.

Рисунок 3 демонстрирует катодные поляризационные кривые для того же образца, где наблюдается стабильная катодная активность, что свидетельствует о защитных свойствах покрытия.

Рисунки 4 и 5 показывают комбинированные анодно-катодные и катодно-анодные кривые для электродов с оксидной пленкой. Эти данные подтверждают, что покрытие оксидом титана способствует снижению скорости коррозионного разрушения.

На **Рисунках 6 и 7** представлены анодные и катодные кривые для титановых электродов с оксидной пленкой и серебром. Как видно, добавление частиц серебра приводит к смещению потенциала растворения в отрицательную сторону, что может свидетельствовать о снижении антикоррозионной активности по сравнению с чистой оксидной пленкой.

Рисунки 8 и 9 показывают анодно-катодные и катодно-анодные кривые для электродов с оксидной пленкой и серебром, где видно, что серебро влияет на стабильность пленки и реакцию материала на коррозионную среду.

Рисунки 10 и 11 демонстрируют анодные и катодные кривые для непокрытых титановых электродов. Эти данные показывают, что электроды без покрытия подвержены коррозии при более низких потенциалах, а разрушение оксидной пленки начинается уже при 0,25 В.

На **Рисунке 12** показаны анодно-катодные кривые для непокрытых титановых электродов, где растворение титана происходит быстрее и при более низких потенциалах, что подтверждает недостаточную защиту поверхности без покрытия.

Рисунок 13 сравнивает анодные кривые для электродов без покрытия (1) и с оксидной пленкой (2). Из графика видно, что покрытие значительно повышает коррозионную стойкость, так как для титановых электродов с оксидной пленкой растворение начинается при более высоких потенциалах (2,75 В), в то время как у электродов без покрытия разрушение пленки и растворение титана начинается при 0,25 В и 2,25 В соответственно.

Таким образом, модификация поверхности титановых электродов оказывает значительное влияние на их антикоррозионные свойства, что особенно выражено в случае с электродами, покрытыми оксидной пленкой и серебром.

Обсуждение:

Результаты подтверждают эффективность использования наноструктурированных оксидных покрытий и допирования серебряными наночастицами для повышения долговечности и надежности титановых имплантатов. Данные покрытия могут значительно улучшить эксплуатационные характеристики дентальных имплантатов, обеспечивая их стабильную работу в агрессивных условиях полости рта. Это снижает риск коррозии и связанных с ней осложнений, таких как периимплантиты и мукозиты, что способствует долгосрочному успеху стоматологических вмешательств и улучшению качества жизни пациентов.

Заключение:

Исследование показало, что титановые имплантаты с различными модификациями поверхности обладают более улучшенными антикоррозионными свойствами по сравнению со стандартными покрытиями. Специально осажденная оксидная пленка на поверхности титана обеспечивает защиту от коррозии, смещая потенциал растворения в более положительную область и увеличивая сопротивление растворению.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Ude CC, Dzidotor GK, Iloeje K, Nair LS, Laurencin CT. Corrosion of Metals During Use in Arthroplasty. *ACS Appl Bio Mater.* 2023 Jun 19;6(6):2029-2042. doi: 10.1021/acsbm.2c01082. Epub 2023 Jun 1. PMID: 37261398.
- 2 Anees E, Riaz M, Imtiaz H, Hussain T. Electrochemical corrosion study of chitosan-hydroxyapatite coated dental implant. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2024 Feb;150:106268. doi: 10.1016/j.jmbbm.2023.106268. Epub 2023 Nov 25. PMID: 38039776.
- 3 Lekbach Y, Liu T, Li Y, Moradi M, Dou W, Xu D, Smith JA, Lovley DR. Microbial corrosion of metals: The corrosion microbiome. *Adv Microb Physiol.* 2021;78:317-390. doi: 10.1016/bs.ampbs.2021.01.002. Epub 2021 Mar 2. PMID: 34147188.
- 4 Wang Q, Wang R, Zhang Q, Zhao C, Zhou X, Zheng H, Zhang R, Sun Y, Yan Z. Application of Biomass Corrosion Inhibitors in Metal Corrosion Control: A Review. *Molecules.* 2023 Mar 21;28(6):2832. doi: 10.3390/molecules28062832. PMID: 36985804; PMCID: PMC10055952.
- 5 Van den Borre CE, Zigterman BGR, Mommaerts MY, Braem A. How surface coatings on titanium implants affect keratinized tissue: A systematic review. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater.* 2022 Jul;110(7):1713-1723. doi: 10.1002/jbm.b.35025. Epub 2022 Feb 1. PMID: 35103386; PMCID: PMC9306745.
- 6 Annunziata M, Guida L. The Effect of Titanium Surface Modifications on Dental Implant Osseointegration. *Front Oral Biol.* 2015;17:62-77. doi: 10.1159/000381694. Epub 2015 Jul 20. PMID: 26201277.
- 7 Bertel L, Miranda DA, García-Martín JM. Nanostructured Titanium Dioxide Surfaces for Electrochemical Biosensing. *Sensors (Basel).* 2021 Sep 14;21(18):6167. doi: 10.3390/s21186167. PMID: 34577374; PMCID: PMC8468921.
- 8 Shetti NP, Bukkitgar SD, Reddy KR, Reddy CV, Aminabhavi TM. Nanostructured titanium oxide hybrids-based electrochemical biosensors for healthcare applications. *Colloids Surf B Biointerfaces.* 2019 Jun 1;178:385-394. doi: 10.1016/j.colsurfb.2019.03.013. Epub 2019 Mar 16. PMID: 30903977.
- 9 Xiao SQ, Wang H, Zhao ZC, Gu YZ, Xia YX, Wang ZH. The Co-film-thickness dependent lateral photoeffect in Co-SiO₂-Si metal-oxide-semiconductor structures. *Opt Express.* 2008 Mar 17;16(6):3798-806. doi: 10.1364/oe.16.003798. PMID: 18542475.
- 10 Pu NW, Liu WS, Cheng HM, Hu HC, Hsieh WT, Yu HW, Liang SC. Investigation of the Optoelectronic Properties of Ti-doped Indium Tin Oxide Thin Film. *Materials (Basel).* 2015 Sep 21;8(9):6471-6481. doi: 10.3390/ma8095316. PMID: 28793575; PMCID: PMC5512923.

REFERENCES

- 1 Ude CC, Dzidotor GK, Iloeje K, Nair LS, Laurencin CT. Corrosion of Metals During Use in Arthroplasty. *ACS Appl Bio Mater.* 2023 Jun 19;6(6):2029-2042. doi: 10.1021/acsbm.2c01082. Epub 2023 Jun 1. PMID: 37261398.
- 2 Anees E, Riaz M, Imtiaz H, Hussain T. Electrochemical corrosion study of chitosan-hydroxyapatite coated dental implant. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2024 Feb;150:106268. doi: 10.1016/j.jmbbm.2023.106268. Epub 2023 Nov 25. PMID: 38039776.
- 3 Lekbach Y, Liu T, Li Y, Moradi M, Dou W, Xu D, Smith JA, Lovley DR. Microbial corrosion of metals: The corrosion microbiome. *Adv Microb Physiol.* 2021;78:317-390. doi: 10.1016/bs.ampbs.2021.01.002. Epub 2021 Mar 2. PMID: 34147188.
- 4 Wang Q, Wang R, Zhang Q, Zhao C, Zhou X, Zheng H, Zhang R, Sun Y, Yan Z. Application of Biomass Corrosion Inhibitors in Metal Corrosion Control: A Review. *Molecules.* 2023 Mar 21;28(6):2832. doi: 10.3390/molecules28062832. PMID: 36985804; PMCID: PMC10055952.
- 5 Van den Borre CE, Zigterman BGR, Mommaerts MY, Braem A. How surface coatings on titanium implants affect keratinized tissue: A systematic review. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater.* 2022 Jul;110(7):1713-1723. doi: 10.1002/jbm.b.35025. Epub 2022 Feb 1. PMID: 35103386; PMCID: PMC9306745.
- 6 Annunziata M, Guida L. The Effect of Titanium Surface Modifications on Dental Implant Osseointegration. *Front Oral Biol.* 2015;17:62-77. doi: 10.1159/000381694. Epub 2015 Jul 20. PMID: 26201277.
- 7 Bertel L, Miranda DA, García-Martín JM. Nanostructured Titanium Dioxide Surfaces for Electrochemical Biosensing. *Sensors (Basel).* 2021 Sep 14;21(18):6167. doi: 10.3390/s21186167. PMID: 34577374; PMCID: PMC8468921.
- 8 Shetti NP, Bukkitgar SD, Reddy KR, Reddy CV, Aminabhavi TM. Nanostructured titanium oxide hybrids-based electrochemical biosensors for healthcare applications. *Colloids Surf B Biointerfaces.* 2019 Jun 1;178:385-394. doi: 10.1016/j.colsurfb.2019.03.013. Epub 2019 Mar 16. PMID: 30903977.
- 9 Xiao SQ, Wang H, Zhao ZC, Gu YZ, Xia YX, Wang ZH. The Co-film-thickness dependent lateral photoeffect in Co-SiO₂-Si metal-oxide-semiconductor structures. *Opt Express.* 2008 Mar 17;16(6):3798-806. doi: 10.1364/oe.16.003798. PMID: 18542475.
- 10 Pu NW, Liu WS, Cheng HM, Hu HC, Hsieh WT, Yu HW, Liang SC. Investigation of the Optoelectronic Properties of Ti-doped Indium Tin Oxide Thin Film. *Materials (Basel).* 2015 Sep 21;8(9):6471-6481. doi: 10.3390/ma8095316. PMID: 28793575; PMCID: PMC5512923.

Вклад авторов. Все авторы принимали равносильное участие при написании данной статьи.

Конфликт интересов – не заявлен.

Данный материал не был заявлен ранее, для публикации в других изданиях и не находится на рассмотрении другими издательствами. Исследование выполнено в рамках PhD диссертации докторанта М.Б.Тлешева из личных средств.

Авторлардың қосқан үлесі. Барлық авторлар осы мақаланы жазуға тең қатысты.

Мүдделер қақтығысы-жарияланбаған.

Бұл материал бұрын жарияланбаған, басқа басылымдарда жариялау үшін және басқа баспалардың қарауында емес. Зерттеу докторант М. Б. Тілешевтің жеке қаражатынан PhD диссертациясы бойынша жүргізілді.

The contribution of the authors. All the authors took an equal part in writing this article.

No conflict of interest has been declared.

This material has not been previously submitted for publication in other publications and is not under consideration by other publishers. The research was carried out within the framework of the PhD thesis of doctoral student M.B.Tleshev from personal funds.

Сведения об авторах

№	Ф.И.О.	Должность/место работы	Телефон	Эл.почта
1	Тлешев Мадии Берикулы	Докторант PhD, ассистент кафедры ортопедической стоматологии КазНМУ г.Алматы, Казахстан	87073366501	tleshev.m@kaznmu.kz
2	Кульманбетов Руслан Исатаевич	Зав.кафедры ортодонтии, к.м.н., доцент, КазНМУ г.Алматы, Казахстан	87015702484	kulmanbetov.r@kaznmu.kz
3	Нысанова Бахыт Жакеновна	Профессор кафедры ортопедической стоматологии, к.м.н., профессор, КазНМУ г.Алматы, Казахстан	87017770139	nysanova.b@kaznmu.kz
4	Алтынбеков Кубейсин Дуйсенбаевич	Зав.кафедры ортопедической стоматологии, д.м.н., профессор, КазНМУ г.Алматы, Казахстан	87762225204	altynbekov.k@kaznmu.kz