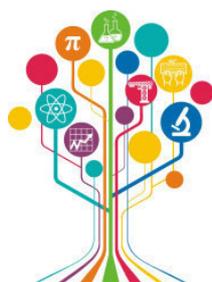


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



# ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ НАУК

Том 2. Химия

Сборник научных трудов  
XVIII Международной конференции студентов, аспирантов  
и молодых ученых  
27–30 апреля 2021 г.

# PROSPECTS OF FUNDAMENTAL SCIENCES DEVELOPMENT

Volume 2. Chemistry

Abstracts

XVIII International Conference of students, graduate students  
and young scientists  
April 27–30, 2021



Национальный  
исследовательский  
Томский  
государственный  
университет



Томск 2021

УДК 543.559

**ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ СВОЙСТВ ПОВЕРХНОСТИ ЭЛЕКТРОДА  
ИЗ TiNi В ПРОЦЕССЕ РОСТА МОДЕЛЬНЫХ КЛЕТОК**Д.Р. Корсакова, С.Г. Аникеев

Научный руководитель: к.х.н., с.н.с. А.В. Шабалина

Национальный исследовательский Томский государственный университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 36, 634050

E-mail: [dashenka.korsakova@gmail.com](mailto:dashenka.korsakova@gmail.com)**A STUDY OF CHANGE OF TiNi ELECTRODE SURFACE PROPERTIES DURING  
MODEL CELLS GROWING**D.R. Korsakova, S.G. Anikeev

Scientific Supervisor: Dr. A. V. Shabalina

Tomsk State University, Russia, Tomsk, Lenin str., 36, 634050

E-mail: [dashenka.korsakova@gmail.com](mailto:dashenka.korsakova@gmail.com)

**Abstract.** *In this work, we studied the electrochemical behavior of a powder alloy based on TiNi in an artificial biological fluid with a composition similar to that of the body fluids, before and after contact with the model cells. Changes in the surface oxide film of TiNi and the upper layers of the material after contact with the cells were revealed.*

**Введение.** Сплавы на основе никелида титана с различными вариациями состава и структуры используются для создания имплантатов. Они обладают рядом уникальных свойств и находят широкое применение в травматологии, ортопедии, челюстно-лицевой хирургии, стоматологии и многих других областях [1]. Успех приживления и длительный срок службы материала на основе никелида титана обеспечивается его биомеханической совместимостью с тканями живых организмов, обусловленной наличием термоупругих мартенситных превращений в исследуемом сплаве [1]. Для более глубокого понимания механизмов взаимодействия имплантата с тканями в организме, необходимо изучение изменения свойств материала на основе никелида титана при контакте его поверхности со средой и клетками. Для этого возможно привлечение электрохимических методов исследования, которые позволяют изучать процессы, протекающие на границе раздела твердое тело/жидкость. В данной работе было изучено электрохимическое поведение порошкового сплава на основе никелида титана в среде искусственной биологической жидкости, по составу близкой к жидкостям организма человека, до и после контакта с клеточным препаратом. Целью данной работы являлось исследование изменений свойств поверхности электрода из TiNi в процессе роста на ней модельных клеток.

**Экспериментальная часть.** Электроды из образцов порошкового сплава никелида титана (4×4×2 мм) были изготовлены посредством соединения образца с токосъёмом с применением электропроводящего клея Kontaktol (Keller, Китай) с изоляцией нерабочих поверхностей непроводящим лаком. Электрохимические измерения проводились на СН-660D (СН Instruments, США). Для измерений использовалась трех-электродная ячейка с хлорид-серебряным (1 М КСl) электродом сравнения и платиновым вспомогательным электродом. Спектры импеданса были сняты при потенциале разомкнутой

цепи с амплитудой изменения 0,01 В; частота изменялась от 1 Гц до 1000 кГц. Спектры импеданса были обработаны с использованием программного обеспечения ZView (Scribner Associates, Inc., США). В работе были использованы модельные клетки рака молочной железы. Для выращивания модельных клеток использовалась среда DMEM («ПанЭко», РФ). Для проведения электрохимических измерений использовался раствор с идентичным среде DMEM минеральным составом, содержащий  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{KCl}$ ,  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NaHCO}_3$ .

**Результаты.** На рисунке 1 приведён спектр импеданса, полученный в среде, идентичной по минеральному составу среде, в которой выращивались клетки. Полученные экспериментальные данные описываются эквивалентной схемой (рисунок 2), смоделированной в программе ZView (теоретическая кривая приведена на рисунке 1 сплошной линией). Авторы работы [2] при рассмотрении подобной схемы предположили, что её первая часть описывает процессы, проходящие в поверхностной пленке на границе раздела фаз, а вторая часть схемы характеризует процессы в слое материала под пленкой. По аналогии, мы предположили, что в изучаемом материале первая часть эквивалентной схемы описывает процессы, проходящие в слое оксидной титановой пленки; вторая часть схемы описывает процессы в поверхностном слое самого сплава никелида титана.

Далее электроды выдерживались от 1 до 5 дней в модельной среде, имитирующей биологические жидкости организма человека, содержащей клетки рака молочной железы. Затем на разной стадии выдерживания регистрировались спектры электрохимического импеданса. Было обнаружено, что процессы, протекающие на поверхности электрода после контакта с клетками, описываются той же эквивалентной схемой (рисунок 2). Следовательно, механизм процесса не претерпевает изменений и правомерным является сравнение величин параметров элементов схемы между собой. На рисунке 3 приведены графики, характеризующие изменение параметров эквивалентной схемы в зависимости от времени выдержки в модельной биологической среде с клетками рака молочной железы. Первые 2 рисунка характеризуют параметры  $\text{CPE}_1\text{-T}$  и  $\text{Rp}_1$ , относящиеся к первой части эквивалентной схемы (рисунок 2). Можно заметить, что после первого дня резко падает значение ёмкостного параметра и возрастает сопротивление. Далее сильных изменений не следует. Следовательно, основные изменения в поверхностном слое происходят в первый день выдержки электродов в среде с клетками. На последних двух графиках (рисунок 3) показаны изменения параметров  $\text{CPE}_2\text{-T}$  и  $\text{Rp}_2$ , описывающие вторую часть эквивалентной схемы (рисунок 2). Можно заметить схожую тенденцию в изменении обоих параметров: в первый день выдержки значения ёмкостного параметра и сопротивления незначительно падают, а затем между 1 и 3 днями значительно возрастают. Предположительно, клетки препарата начинают каким-либо образом влиять на поведение или же взаимодействовать со слоем никелида титана под оксидом после первого дня выдерживания в среде.

**Заключение.** В результате проведённой работы были экспериментально изучены и смоделированы процессы, протекающие на границе раздела электрод/раствор для системы никелид титана/клеточный препарат/биологическая среда. Были оценены ёмкостный параметр и сопротивление ячейки, в которых произошли наибольшие изменения. Было выявлено, что после контакта с клеточным препаратом, изменения в поверхностной оксидной пленке никелида титана происходят в первые сутки, а изменения в подповерхностном слое никелида титана протекают между 1 и 3 сутками.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект 19-79-10045).

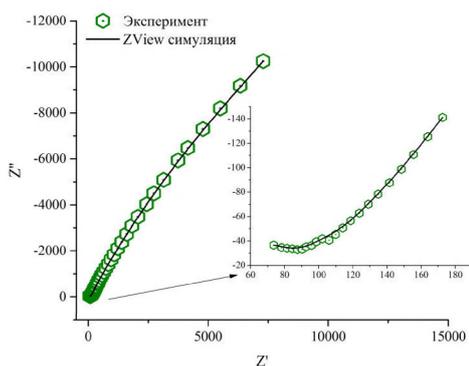


Рис. 1. Спектр импеданса, полученный в модельном растворе, и смоделированная в программе ZView кривая

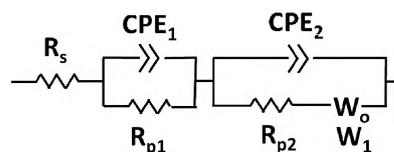


Рис. 2. Эквивалентная схема процесса

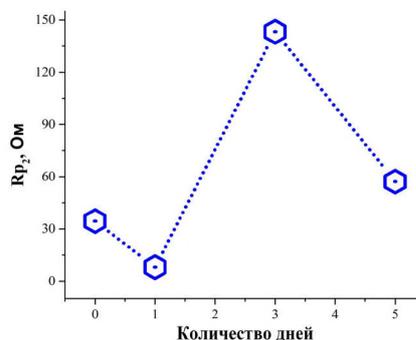
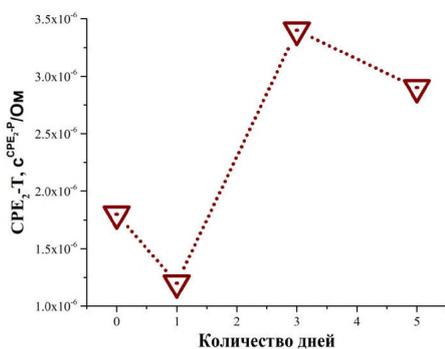
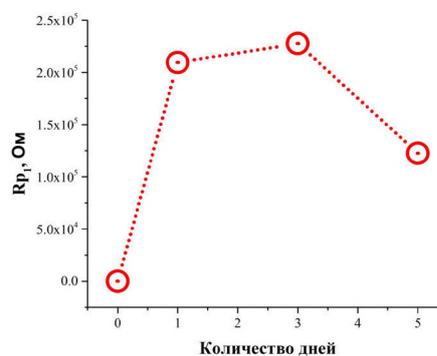
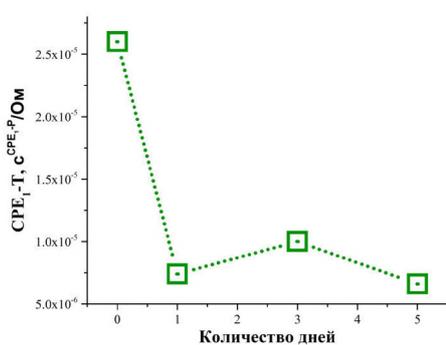


Рис. 3. Графики изменений величин параметров эквивалентной схемы от времени выдерживания в модельной биологической среде с клетками рака молочной железы

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аникеев С. Г., Артохова Н. В., Ходоренко В. Н., Кафтаранова М. И., Яковлев Е. В., Гюнтер В. Э. Структура поверхности порошкового сплава на основе никелида титана, полученного методом диффузионного спекания // Известия высших учебных заведений: Физика. – 2020. – Т.63 – №3. – С. 124-130.
2. Ribeiro D. V., Souza C. A. C., Abrantes J. C. C. Use of Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS) to monitoring the corrosion of reinforced concrete // Ibracon structures and materials journal – 2015 – V. 8 – № 4 – P. 529-546.