

Сведения о выполненных работах  
в период с 01.07.2019 г. по 30.06.2020 г.

по проекту **«Разработка метода реакционно-диффузионного спекания для создания биосовместимых пористых материалов на основе никелида титана с развитой террасовидной поверхностью стенок пор и гистерезисным характером формоизменения»**,

поддержанному Российским научным фондом

Соглашение № 19-79-10045

Руководитель: канд. физ.-мат. наук Аникеев Сергей Геннадьевич

Сформированный подход к реализации научного исследования показал свою состоятельность и позволил решить первостепенную задачу, состоящую в коррекции атомного состава в соединении  $TiNi$  для реализации в нем термоупругих мартенситных превращений. Проект направлен на решение научно-прикладной проблемы и основным результатом работы станет разработка способа реакционно-диффузионного спекания с целью создания биосовместимых пористых материалов на основе никелида титана с развитой террасовидной морфологией поверхности стенок пор и гистерезисным характером формоизменения. В настоящее время получен существенный задел в данной области и проект будет развиваться в выбранном направлении. План выполнения работ включает в себя теоретический анализ, прикладную и исследовательскую работу к подходу коррекции атомного состава пористого сплава на основе никелида титана, созданию развитой шероховатой поверхности стенок пор и достижению гистерезисного характера формоизменения за счет реализации термоупругих мартенситных превращений в материале под нагрузкой. Настоящая концепция лежит в основе проведения всех научных исследований по проекту. Множество экспериментально обнаруженных особенностей в процессе реализации научного проекта внесли вклад в усовершенствование технологии создания биосовместимых пористых устройств на основе никелида титана и заложили идеи для будущих перспективных направлений.

1. Выполнен комплекс мероприятий по получению экспериментальных пористых образцов  $TiNi-Ti$  различного химического и гранулометрического состава. Проведено изучение влияния добавок  $Ti$  на макро- и микроструктурные характеристики пористого сплава  $TiNi$ . Проведен ситовой анализ с целью выявления оптимальных фракций порошка  $TiNi$  и  $Ti$  для создания пористого материала с повышенной степенью пористости для максимального соответствия микроструктурным параметрам костных тканей организма. Исследована структура порошкового сплава  $TiNi$  методом просвечивающей и растровой электронной микроскопии;

2. Разработана модель реакционно-диффузионного взаимодействия в сложной спекаемой порошковой системе  $TiNi-Ti-Ni$  и  $TiNi-Ti-Co$  с учетом исследованной структуры сплава  $TiNi-Ti$ . Предложены перспективные концентрации добавок  $Ni$  и  $Co$

для повышения реакционной способности порошка TiNi в процессе спекания с целью наиболее эффективного регулирования атомного состава титана и никеля в соединении TiNi. Уточнено состояние исходного порошкового сплава TiNi, который используется для создания методом диффузионного спекания пористых сплавов на основе никелида титана;

3. Получен ряд экспериментальных объемных пористых образцов TiNi–Ti–Ni и TiNi–Ti–Co с учетом полученных результатов на предыдущих этапах работы. Существенные перспективы для будущей исследовательской работы методами неразрушающего контроля открыли экспериментальные двумерные (2D) образцы на основе TiNi с развитой террасовидной поверхностью. Апробирована новая методика создания 2D образцов. Полученные образцы исследованы методами оптической, растровой, просвечивающей, атомно-силовой микроскопий, рентгеноструктурным анализом и интерференционной профилометрией, исследована проницаемость полученных образцов. Чтобы подтвердить правильность используемого подхода для достижения поставленной цели, дополнительно выполнено исследование особенностей мартенситных превращений в полученных пористых сплавах, проведены испытания на разрушение методом изгиба.

4. Выполнены эксперименты *in vitro* с клеточными культурами на плоских образцах с развитой террасовидной поверхностью с целью выявления роли морфологии поверхности на процессы адгезии и пролиферации клеточных популяций. Проведены исследования по биотестированию модифицированных монолитных образцов из никелида титана с измененным поверхностным слоем и других материалов. С привлечением электрохимических методов анализа установлены особенности электрохимического состояния поровой поверхности и возможность определения его влияния на процессы адгезии клеточных популяций на террасовидной поверхности сплава TiNi;

5. Члены научного коллектива представили полученные научные результаты в 7 докладах на различных конференциях. Подготовлена заявка для патента «Способ получения пористого материала на основе никелида титана». Подготовлен новостной материал (<http://www.tsu.ru/news/fiziki-sozdayut-bazu-usloviy-dlya-spekaniya-splavo/>; <https://www.rscf.ru/news/presidential-program/material-na-osnove-nikelida-titana/>) и видеоматериалы в различные средства массовой информации. Опубликована одна статья в журнале, индексируемом в базах данных Web of Science и Scopus, еще одна статья будет опубликована в аналогичном журнале в 2020 году.