

Сведения о ходе выполнения проекта в 2021 году
«Создание комплексной технологии получения и исследование структуры и свойств биорезорбируемых имплантов нового поколения для регенерации костных тканей»

Руководитель проекта: Марченко Екатерина Сергеевна, д-р физ.-мат. наук

Научные (научно-технические) результаты, полученные по направлению научного исследования за первый отчетный период

Получателем гранта: Проведён аналитический обзор и патентный поиск в предметной области исследований; определены данные о параметрах получения наночастиц алмаза, модифицированных железом; получены данные о структуре и свойствах синтезируемых наночастиц алмаза, модифицированных железом; получены данные о параметрах обработки порошковых смесей, оптимальном содержании наноалмаза в порошковой смеси, оптимальных параметрах компактирования порошковых смесей магний-наноалмаз для получения лигатур; выявлены закономерности влияния наночастиц алмаза и технологических режимов получения на структуру и свойства магниевых сплавов системы Mg-Ca-Zn; получены данные о смачиваемости поверхности магниевых сплавов в различных тестовых жидкостях и значениях свободной поверхностной энергии; получены топографические карты и карты распределения поверхностного потенциала: проведено исследование шероховатости, морфологии, текстуры и поляризации поверхности разрабатываемых сплавов; изготовлены образцы магниевых сплавов с заданными свойствами, которые удовлетворяют заданным техническим и биологическим требованиям, предъявляемым к медицинским материалам; получен комплекс экспериментальных данных о структуре, фазовом и химическом составах, физико-механических свойствах лигатур; установлены закономерности влияния структурно-фазового состояния на физико-механические свойства разрабатываемых магниевых сплавов.

Иностранном партнером: Получены результаты *in vitro* исследований по гемолизу эритроцитов и пролиферации эпителиальных и мезенхимальных стромальных клеток на поверхности магниевых сплавов, а также значения индекса гемолиза эритроцитов и коэффициента жизнеспособности клеточных линий; получена информация о внешнем виде клеток на стадии адгезии и пролиферации; получены данные о биосовместимости магниевых сплавов; получены данные *in vitro* исследований о скорости и характере биодерградации магниевых сплавов в сыворотке крови крупного рогатого скота и PBS-растворе образцов магниевых сплавов.

Основные научные результаты по проекту и перспективы их использования:

В результате выполнения первого этапа проекта определены оптимальные технологические режимы, обеспечивающие модифицирование наноразмерных порошков

алмаза частицами железа; установлено, что сплав Mg-Zn-Ca, легированный наночастицами алмаза, имеет значение поверхностной энергии ниже, чем в исходном (без частиц) сплаве; обнаружено, что поверхностный потенциал в структуре сплава Mg-Zn-Ca, легированного наночастицами алмаза, составляет 1,5 В и 1,3 В на ямочном рельефе поверхности и границах зерен соответственно; показано, что метод ударно-волнового компактирования порошковой смеси магний-наноалмаз обеспечивает возможность изготовления лигатуры с заданной структурой для модификации магниевых сплавов: выявлено, что введение наночастиц алмаза в расплав Mg-Ca-Zn приводит к сдерживанию роста зерен, что, в свою очередь, обеспечивает снижение среднего размера зерна с 190 до 80 мкм в получаемых слитках; установлено, что введение наночастиц алмаза в структуру магниевых сплавов Mg-Ca-Zn увеличивает предел текучести, предел прочности и пластичность с 66 до 75 МПа, с 294 до 332 МПа и с 22 до 27 % соответственно, посредством механизма перераспределения нагрузки от частиц к матрице; экспериментально показано, что наилучшими показателями биосовместимости, низкой скорости биodeградации, высоким коэффициентом жизнеспособности клеточных линий и допустимым процентом индекса гемолиза эритроцитов обладает сплав Mg-Zn-Ca, модифицированный наночастицами алмаза, при этом показано, что разрабатываемый сплав отличается цитосовместимостью с клеточной линией MCF-7 по сравнению со сплавами без частиц; обнаружено, что скорость биodeградации магниевых сплавов с наночастицами алмаза в 18 раз ниже по сравнению со сплавами, полученными с применением ультразвуковой обработки расплава.

Полученный комплекс экспериментальных данных и разработанные научно-технологические подходы составляют физико-химические основы технологии изготовления медицинских магниевых сплавов для дальнейшего получения биорезорбируемых имплантов с заданными эксплуатационными свойствами.