

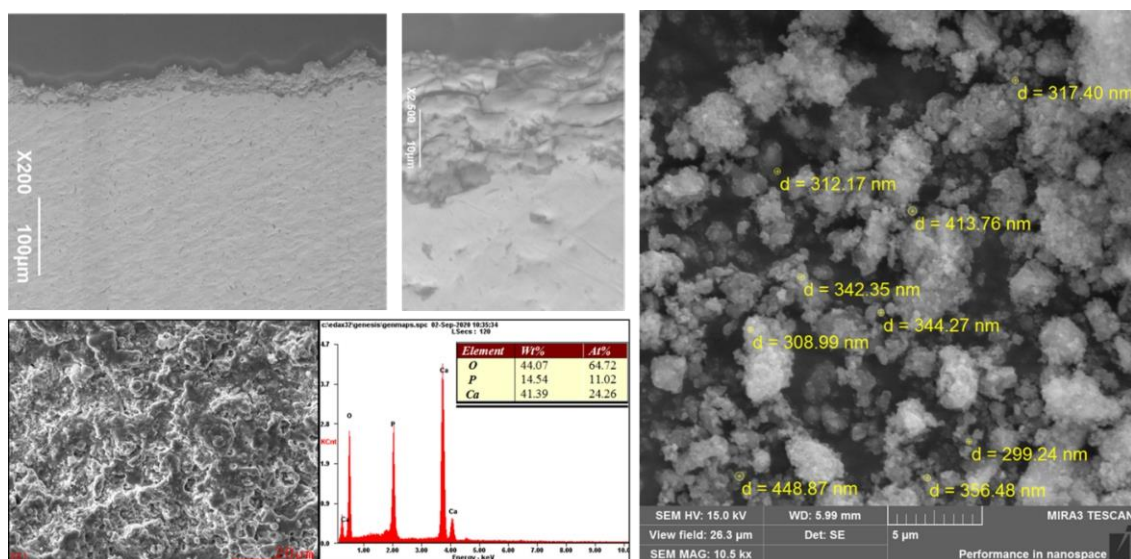
# СҮЙЕК ТІНІНІҢ БИОИНЖЕНЕРИЯСЫ ҮШІН ДЕТОНАЦИЯЛЫҚ БҮРКУ ӘДІСІМЕН ФУНКЦИОНАЛДЫ-ГРАДИЕНТТІ ЖАБЫНДАРДЫ АЛУДЫҢ ҒЫЛЫМИ-ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ НЕГІЗДЕРІН ӨЗІРЛЕУ

Жоба ҚР БҒМ гранттық қаржыландыруы аясында жүзеге асырылуда, AP13068485 гранты.  
2022–2024 жылдарға арналған қаржыландыру көлемі – 74,513 млн теңге.

**Басым бағыт:** геология, минералдық және көмірсутекті шикізатты өндіру және өңдеу, жаңа материалдар мен технологиялар, қауіпсіз бұйымдар мен конструкциялар.

**Зерттеудің өзектілігі:** Жоба аясында биожабындарды детонациялық бүрку әдісімен алу технологиясын дамыту ұсынылады. Бұл ретте жабын қабаттарының градиентті құрылымын қалыптастырудың жаңа тәсілдері қолданылады, онда арматураланған фаза мен гидроксипатиттің (Ti/ГА) арақатынасы жабын қалыңдығы бойынша біртіндеп өзгеріп, жабындардың жоғары адгезиялық беріктігін қамтамасыз етеді. Жобаның негізгі ерекшелігі – градиентті композициялық жабындарды детонациялық бүрку режимдерін (оқпанның жарылғыш газ қоспасымен толтырылу пайызы және атыстар арасындағы кідіріс уақыты) өзгерту арқылы алу тәсілін ұсыну болып табылады. Жабындардың механика-трибологиялық (қаттылық, серпімділік, адгезиялық беріктік, тозуға төзімділік) және биологиялық (цитотоксикалық және *in vitro* биосәйкестік) қасиеттерін кешенді зерттеу бойынша жаңа эксперименттік деректер алынады.

**Мақсаты:** Ti6Al4V қорытпасының бетіне Ti/ГА негізіндегі функционалды-градиентті жабындарды детонациялық бүрку әдісімен алу бойынша ғылыми-технологиялық негіздерді әзірлеу және олардың механика-трибологиялық және медико-биологиялық қасиеттеріне кешенді талдау жүргізу.



**Күтілетін нәтижелер:** Ti6Al4V қорытпасының бетінде градиентті Ti/ГА жабындарын арудың технологиялық режимі әзірленеді. Детонациялық бүрку параметрлері, құрылым сипаттамалары және жабындардың физика-механикалық қасиеттері арасындағы корреляциялық тәуелділіктер анықталады. Градиентті жабындардың механика-трибологиялық және медико-биологиялық қасиеттері біртекті құрылымды жабындармен салыстырмалы түрде талданады. Градиентті құрылымның биосәйкесті Ti/ГА жабындарының пайдалану сипаттамаларын арттырудағы рөлі анықталады.

**Қолдану салалары:** Медициналық импланттарды жасау мәселелерімен айналысатын ғылыми-зерттеу және конструкторлық кәсіпорындар.

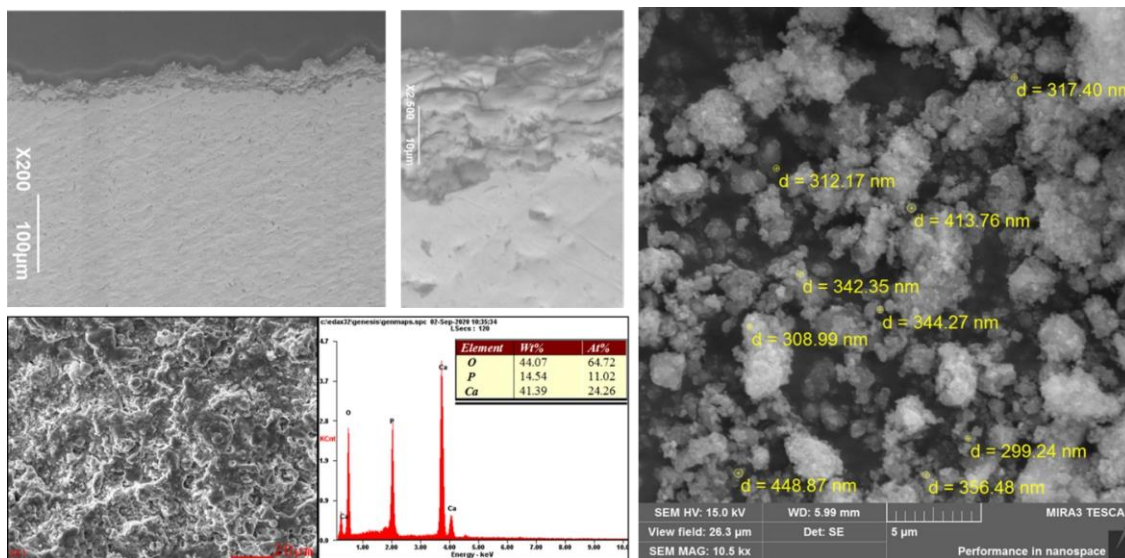
## РАЗРАБОТКА НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОСНОВ ПОЛУЧЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНО-ГРАДИЕНТНЫХ ПОКРЫТИЙ МЕТОДОМ ДЕТОНАЦИОННОГО НАПЫЛЕНИЯ ДЛЯ БИОИНЖЕНЕРИИ КОСТНОЙ ТКАНИ

При поддержке грантового финансирования МОН РК, грант AP13068485 Объем финансирования на 2022-2024 гг. – 74,513 млн. тенге

**Приоритетное направление:** Геология, добыча и переработка минерального и углеводородного сырья, новые материалы, технология, безопасные изделия и конструкции.

**Актуальность исследований:** В рамках проекта предлагается развивать технологию получения биопокровов методом детонационного напыления с применением новых подходов получения градиентного строения слоев, в которых соотношение армирующая фаза/гидроксиапатит (Ti/ГА) постепенно изменяется по толщине покрытия для обеспечения высоких значений адгезионной прочности покрытий. Принципиальным отличием идеи проекта от существующих аналогов является то, что предлагается способ получения градиентных композиционных покрытий путем варьирования режимов детонационного напыления (процент заполнения взрывчатой газовой смесью ствола и время задержки между выстрелами). Будут получены новые экспериментальные данные комплексного исследования механико-трибологических (твердость, упругость, адгезионная прочность, износостойкость) и биологических (цитотоксичность и биосовместимость *in vitro*) свойств покрытий.

**Цель:** Разработка научно-технологических основ получения функционально-градиентных покрытий на основе Ti/ГА методом детонационного напыления на поверхности сплава Ti6Al4V и проведение комплексного анализа их механико-трибологических и медико-биологических свойств.



**Ожидаемые результаты:** будет разработан технологический режим получения градиентных Ti/ГА покрытий на поверхности сплава Ti6Al4V; будут установлены корреляционные зависимости между параметрами детонационного напыления, характеристиками структуры и физико-механическими свойствами покрытий; будет проведен сравнительный анализ механико-трибологических и медико-биологических свойств градиентных покрытий с покрытием однородной структуры; будет выявлена роль градиентного строения покрытий в повышении эксплуатационных характеристик биосовместимых Ti/ГА покрытий.

**Отрасли применения разработок:** Научные и конструкторские предприятия, занимающиеся вопросами создания медицинских имплантов.

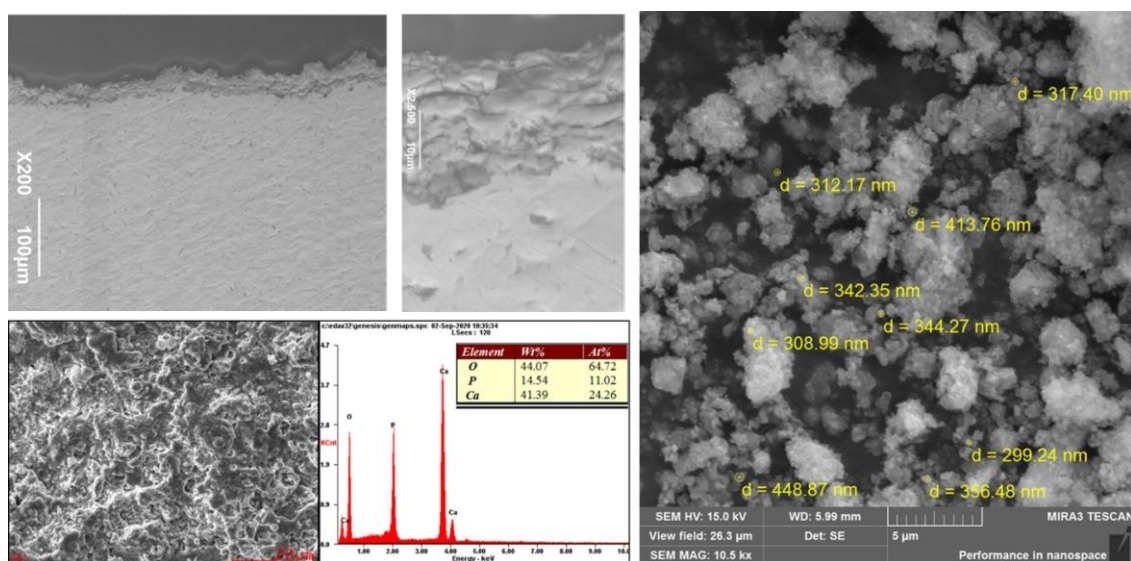
## DEVELOPMENT OF SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL FOUNDATIONS FOR PRODUCING FUNCTIONALLY GRADED COATINGS BY DETONATION SPRAYING FOR BONE TISSUE BIOENGINEERING

The project is carried out with the support of grant funding from the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan, Grant AP13068485.  
Total funding for 2022–2024 amounts to 74.513 million KZT.

**Priority area:** geology, extraction and processing of mineral and hydrocarbon raw materials, new materials and technologies, safe products and structures.

**Relevance of the research:** Within the framework of the project, the development of a technology for producing bio-coatings by detonation spraying is proposed using new approaches to form a graded layer structure. In these coatings, the ratio of reinforcing phase to hydroxyapatite (Ti/HA) gradually changes through the coating thickness, ensuring high adhesion strength. The key difference of the project from existing analogues is the proposed method for producing graded composite coatings by varying detonation spraying parameters, such as the filling ratio of the barrel with an explosive gas mixture and the delay time between shots. New experimental data will be obtained from comprehensive studies of the mechanical and tribological properties (hardness, elasticity, adhesion strength, wear resistance) as well as biological properties (cytotoxicity and in vitro biocompatibility) of the coatings.

**Objective:** To develop scientific and technological foundations for producing Ti/HA-based functionally graded coatings on the surface of Ti6Al4V alloy using detonation spraying and to carry out a comprehensive analysis of their mechanical, tribological, and biomedical properties.



**Expected results:** A technological regime for producing graded Ti/HA coatings on the surface of Ti6Al4V alloy will be developed. Correlation relationships between detonation spraying parameters, structural characteristics, and physical and mechanical properties of the coatings will be established. A comparative analysis of the mechanical, tribological, and biomedical properties of graded coatings and coatings with a homogeneous structure will be conducted. The role of the graded structure in improving the performance characteristics of biocompatible Ti/HA coatings will be identified.

**Fields of application:** Research and engineering organizations involved in the development of medical implants.