

**Даулбаев Шыңғыс Баянович**

**Гидроксиапатит кальций негізіндегі нанокұрылымды композиттерді алу және оларды биопринтерде пайдалану**

6D074000 – «Наноматериалдар және нанотехнология» мамандығы бойынша философия докторы (Ph.D.) ғылыми дәрежесін алу үшін дайындалған диссертациясына

**АҢДАТПА**

**Жұмыстың жалпы сипаттамасы.** Диссертация адам қаңқасының сүйек құрылымдарының минералды құрамдас бөлігі болып табылатын кальций гидроксиапатитін және оның физика-химиялық қасиеттерін зерттеуге, сондай-ақ алынған өнімді 3D басып шығару сияқты салаларда және наноөлшемді полимерлі талшықтарды электроформалау процесінде қолдануды эксперименттік зерттеуге арналған.

**Зерттеу тақырыбының өзектілігі.**

Бүгінгі таңда нанотехнология саласындағы заманауи жетістіктер адам қызметінің әртүрлі салаларында кеңінен қолданылады. Нанометрлік масштабтағы материалдар бірегей физика-химиялық қасиеттерге ие, атап айтқанда электрлік, механикалық, оптикалық, каталитикалық және магниттік, соның арқасында олар биомедицина саласында, атап айтқанда регенеративті медицинада және дәрі-дәрмектерді мақсатты жеткізуде әлеуетті қолдану тұрғысынан үлкен қызығушылық тудырады. Тіндік инженерия немесе Регенеративті медицина-бұл ғылымның әртүрлі салаларының жетістіктерін, соның ішінде нанотехнологияны адам тінінің қызметін қалпына келтіру немесе сақтау үшін қолданылатын биологиялық жүйелерді жасау және құру үшін біріктіретін пәнаралық сала. Тіндік инженерияда нанотехнологияны қолдануды бірнеше бағытқа бөлуге болады: дененің зақымдалған жерлеріне жасуша / тіндерді трансплантациялау; жасуша құрылымдарының өсуіне және қалпына келуіне оң әсер ететін заттарды енгізу; жасуша құрылымдары бар биологиялық жақтауды құру (мысалы, бағаналы жасушалар, остеобласттар). Алайда, дамудың қазіргі кезеңінде нанотехнология мен наноматериалдарды биомедицинада қолдану қолданылатын материалдар мен оларды алу әдістерін егжей-тегжейлі зерттеуді қажет етеді, наноматериалдарды синтездеудің күрделілігі мен олардың қымбаттығы олардың медицинада кеңінен қолданылуын айтарлықтай шектейтінін атап өткен жөн.

Осы мәселелерді шешу үшін диссертациялық жұмыста химиялық тұндыру әдісімен синтезделген кальций гидроксиапатитін (ГАП) 3D басып шығару технологиясы және ГАП негізінде биологиялық қаңқалар алу арқылы наноөлшемді талшықтарды электроформалау процесі сияқты салаларда қолдану перспективасы көрсетілген. Полимерлер мен гап кристалды ұнтағына негізделген биологиялық рамалар қасиеттердің тамаша үйлесуіне байланысты үлкен әлеуетке ие: ГАП биожетімділігі және полимерлердің механикалық беріктігі. Полимерлердің әртүрлі қасиеттерінің ГАП



Синтезделген нанокұрылымды ГАП бетінің физикалық-химиялық қасиеттері мен морфологиясын зерттеу;

электроформалау әдісімен алынған нанокұрылымды ГАП қосылған полимерлі талшықтар негізінде биологиялық еритін пленка-қаңқаларды жасау және зерттеу;

нанокұрылымды ГАП қосу арқылы үш өлшемді раманың кеуекті құрылымындағы қоректік заттардың қозғалыс процесін модельдеуді жүргізу.

#### **Қорғауға қатысты негізгі ережелер:**

Синтезделген ГАП-тың фазалық құрамы мен физика-химиялық қасиеттерін термиялық өңдеу температурасын тиімді басқаруға болады;

Модификацияланған нанокұрылымды ГАП полимерлі талшықтардың кеңістіктік бағдарлануын электр өрісінің кернеулігінің бағытын тиімді басқаруға болады;

Композициялық полимерден тұратын әр түрлі кеуектілігі бар 3D жақтау арқылы қозғалыстың таралу жылдамдығы сұйықтықтың қозғалыс бағытына перпендикуляр жазықтықта раманың айналу жылдамдығымен анықталады, бұл үш өлшемді басып шығару/3D басып шығару әдісімен раманы құру кезінде де, жасуша құрылымдарының өсуі үшін де маңызды.

**Зерттеу объектілері.** Әр түрлі фазалық құрамы бар нанобөлшектері және оған негізделген композиттері бар ГАП ұнтағы.

**Зерттеудің нысаны.** ГАП және оның негізіндегі Композиттердің физика-химиялық қасиеттері.

**Зерттеу әдістері:** Қойылған мақсатқа қол жеткізу үшін қажетті міндеттерді шешу кезінде мынадай зерттеу әдістері пайдаланылды: рентген фазалық талдау (РФҚ), сканерлейтін электрондық микроскопия (СЭМ), беттің үлестік ауданын анықтау әдісі, алынған материалдардың физикалық-механикалық сипаттамаларын анықтау.

**Жұмыстың ғылыми жаңалығы.** Жұмыста келесі нәтижелер алынды:

ГАП ұнтағының фазалық құрамы (аморфты және кристалды фазаның қатынасы) және оның физика-химиялық қасиеттері синтезделген кристалды гар термиялық өңдеу температурасымен анықталады;

Алғаш рет электрқұрастыру әдісімен алынған кезде нанокұрылымды ГАП модификацияланған полимерлік талшықтардың бағыты электр өрісінің кернеулігі бағытымен анықталатыны анықталды;

Компьютерлік модельдеу әдістерін қолдана отырып, композиттік полимерден тұратын 3D рамадағы сұйықтықтың қозғалыс жылдамдығы 3D раманың айналу жылдамдығымен анықталатынын көрсетті.

**Теориялық маңыздылығы.** Жұмыстың теориялық маңыздылығы-бұл 3D раманың кеуекті құрылымындағы қоректік сұйықтықтың қозғалыс моделі

жасалынған, ол полимердің де, ГАП ұнтағының да параметрлерін ескереді, бұл өсірілген матаның қасиеттерін болжауға мүмкіндік береді. Теориялық маңыздылығы ұсынылған модель аясында алынған нәтижелерді тек гар қосылған рамалар үшін ғана емес, сонымен қатар әртүрлі материалдар негізінде композициялық рамалар үшін де қолдануға болатындығымен расталады.

**Практикалық маңыздылығы.** Жұмыста әртүрлі фазалық құрамы бар ГАП ұнтағын алу әдісі ұсынылған. Жұмыста анықталған электроформалау әдісімен алынған композициялық полимерлі талшықтардың бағытын басқару мүмкіндігі жасуша құрылымдарының өсуінің маңызды параметрі болып табылады. Жұмыста анықталған әр түрлі кеуектілігі бар 3D рамалардағы қоректік сұйықтықтың қозғалыс жылдамдығын бақылау мүмкіндігі берілген қасиеттері бар маталарды жасау кезінде маңызды.

**Жұмыстың мемлекеттік ғылыми бағдарламалар жоспарымен байланысы.**

Жұмыс ҚР БҒМ Ғылым комитетінің №0268/ПЦФ (2015-2017 жж.) гранттарын бағдарламалық – нысаналы қаржыландыру шеңберінде қаржыландырылатын "3D принтинг" ғылыми орталығын құру және ұйымдастыру" ғылыми жобасы шеңберінде орындалды.

**Жұмыс апробациясы.** Диссертациялық жұмыстың материалдары түрлі халықаралық, республикалық конференциялар мен симпозиумдарда талқыланып, баяндалды:

PJSIP 2015. Бірлескен халықаралық жану және Плазмохимия симпозиумының VIII материалдары (Алматы, Қазақстан, 16-18 қыркүйек, 2015 ж.);

"Көміртекті материалдардың физикасы мен химиясы / Наноинженерия" және "Наноэнергетикалық материалдар және наноэнергетика" IX халықаралық симпозиумы (Алматы, Қазақстан, 2016);

Дүниежүзілік көміртегі конференциясы: жалпы негіздер, таңқаларлық әмбебап қосымшалар (Пенсильвания, АҚШ, 2016 жылғы 10-15 шілде).

**Автордың жеке үлесі** зерттеу міндеттерін қою, теориялық және эксперименттік зерттеулер жүргізу, нәтижелерді талқылау және жалпылау.

**Жарияланымдар.** Диссертациялық жұмыстың негізгі нәтижелері 17 басылымдарда жарияланды, соның ішінде Scopus деректер базасына 6 мақала, 3 мақала Қазақстан Республикасы Білім және ғылым саласындағы бақылау комитеті ұсынған басылымдарда, 10-нан астам мақалалар халықаралық және ғылыми-тәжірибелік конференция мен симпозиумдар жинақтарында жарияланды.

1. М.А. Temirbayev, Z.A. Mansurov, Ch.B. Daulbayev, K.R. Dosmatova. Nanocrystalline hydroxyapatite from biological material for practical health care // Quarterly Scientific and Practical Journal. – 2017. – Vol. 4. – P.46-49.

2. К.Р. Досматова, М.А. Темирбаев, З.А. Мансуров, Ч.Б. Даулбаев. Сравнительный анализ нанокристаллического гидроксиапатита и его аналогов различного производства // Вестник АГИУВ. – 2018. – № 3. – С. 51-55.

3. Б. Бакболат, Ч. Б. Даулбаев, З. А. Мансуров, Ф.Р. Султанов. Получение биологически растворимых пленок на основе полимерных нановолокон и гидроксиапатита кальция // Горение и плазмохимия. –2018. –V. 16. –P. 213-216.
4. F.R. Sultanov, Ch. Daulbayev, B. Bakbolat, Z.A. Mansurov. Development of electroforming method for coating of polymer membranes by graphene oxide // Eurasian Journal of Physics and Functional Materials. –2018. –V. 2, №2. –P. 104 – 109.
5. Ч.Б. Даулбаев, С.Я. Серовайский, З.А. Мансуров. Моделирование движения питательных веществ в пористой структуре биокаркаса на основе гидроксиапатита кальция // Горение и плазмохимия. – Т.17, №4. – 2019. – С. 203-208.
6. Ч.Б. Даулбаев, М.И. Родин, Ж.К. Елемесова, Е.Т. Алиев, З.А. Мансуров. Определение добавки ускоряющей время схватывания бетонной массы для 3D принтинга Механизация строительства. – 2017. – Т.78. – С. 135-143.
7. F.R. Sultanov, Ch. Daulbayev, B. Bakbolat, Z.A. Mansurov. Development of electroforming method for coating of polymer membranes by graphene oxide // Eurasian Journal of Physics and Functional Materials. –2018. –V. 2, №2. – P. 104-109.
8. T. Dmitriyev, Ch. Daulbayev, S. Abish, B. Topanov, E. Aliyev, Z. Mansurov. 3D printing as an alternative method of alloys obtaining. Химический Журнал Казахстана. – 2017. – Т.57. – С.143-153.
9. Даулбаев Ч.Б., Дмитриев Т.П., Алиев Е.Т. Аддитивные технологии в Казахстане: актуальные задачи, достижения и перспективы на будущее // Горение и плазмохимия. – 2017. – Т.15. – С. 268-276.

6 мақала – **Scopus**:

1. Ч. Б. Даулбаев, Т. Дмитриев, Ф. Р. Султанов, З.А. Мансуров, Е.Т. Алиев, Получение трехмерных наноразмерных объектов на установке «3d принтинг + электроспиннинг» Инженерно-физический журнал 2017 г. том 90, № 4.
2. Ch.B. Daulbaev, D.U. Bodykov, E.T. Aliev, Influence of the electric field on the ultrasonic capillary effect, Journal of Engineering Physics and Thermophysics, Vol. 89, No. 2, March, 2016
3. Ch. Daulbayev, Z. Mansurov, G. Mitchell, A. Zakhidov, F. Sultanov. Obtaining of biologically soluble membranes based on polymeric nanofibres and hydroxyapatite of calcium // Eurasian Chemico-Technological Journal. –2018. –V. 20. –P. 119-124.

4. F. Sultanov, C. Daulbayev, B. Bakbolat, O. Daulbayev, M. Bigaj, Z. Mansurov, K. Kuterbekov, K. Bekmyrza. Aligned composite SrTiO<sub>3</sub>/PAN fibers as 1D photocatalyst obtained by electrospinning method // Chemical Physics Letters. –2019. –V. 737

5. F. Sultanov, C. Daulbayev, S. Azat, K. Kuterbekov, K. Bekmyrza, B. Bakbolat, M. Bigaj, Z. Mansurov. Influence of metal oxide particles on bandgap of 1D photocatalysts based on SrTiO<sub>3</sub>/PAN fibers // Nanomaterials. –2020. –V. 10. – P. 1734.

6. Ch. Daulbayev, Z. Mansurov, F. Sultanov, M. Shams, A. Umirzakov, S. Serovajsky. A Numerical Study of Fluid Flow in the Porous Structure of Biological Scaffolds // Eurasian Chemico-Technological Journal. –2020. –V. 22. –P. 149-156.

Осы тақырып бойынша «Аддитивные технологии: (3D-принтинг)» монографиясы жарияланды және Қазақстан Республикасының №2018/0480.2 «Способ получения мелкодисперсного гидроксипатита» инновациялық патенті 02.07.2018 алынды.

**Диссертацияның көлемі мен құрылымы.** Диссертациялық жұмыс 3 бөлімнен тұрады. 88 бетке орналастырылған, 25 сурет, 13 кесте және әдебиеттер тізімі бар, оның ішінде 117 отандық және шетелдік ғылыми жұмыстар.

Ғылыми жетекшіме, Х.ғ. д., профессор Мансуров Зулхаир Аймухаметовичке зерттеуге арналған қызықты тақырыпты ұсынғаны және диссертациялық жұмысты орындаудың барлық кезеңдерінде көмектескені үшін шын жүректен алғысымды білдіремін. Жеке тәжірибелерді орындауға көмектескені және нәтижелерді талқылауға қатысканы үшін Қазақ медициналық үздіксіз білім беру университетінің профессоры Максұт Әбуұлы Темірбаевқа зор алғысымды білдіремін. Жану проблемалары институтының қызметкерлері Сим Наталья Андреевна, профессор Абдулкаримова Роза Габдуловна және профессор Приходько Олег Юрьевичке кемшіліктерді анықтап, орындалған жұмыстың маңыздылығын тереңірек түсінуге мүмкіндік берген талқылаулары үшін алғыс айтамын.