

## АННОТАЦИЯ

диссертациялық жұмысына

### "СЕНСОРЛЫҚ ҚҰРЫЛҒЫЛАРДА ҚОЛДАНУ ҮШІН НАНОҚҰРЫЛЫМДАЛҒАН ЖАРТЫЛАЙ ӨТКІЗГІШТІ МАТЕРИАЛДАРДЫ АЛУ ЖӘНЕ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ"

"8D07103 - Материалтану және инженерия" мамандығы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесін алуға ұсынылған  
**ПАЛТУШЕВА ЖАНИЯ УРАЗГАЛИЕВНЫҢ**

**Диссертацияның мақсаты** тиімді жоғары сезімтал сенсорлық құрылғылардың негізі ретінде пайдаланылатын нанокұрылымды жартылай өткізгіш материалдарды синтездеу, олардың сезімталдығын және таңдалған анализаторларға қатысты анықтау шегін анықтау.

**Зерттеу міндеттері және олардың ғылыми-зерттеу жұмысын орындаудағы орны**

1. Жартылай өткізгіш нанокұрылымдардың (ZnO және ZnO/GO) физика-химиялық қасиеттерін және жоғары тиімді сенсорларды жасау үшін оларды синтездеу әдістерін зерттеу. Бұл мәселенің шешімі 1-тарауда көрсетілген. Оксидті жартылай өткізгіштер мен олардың негізіндегі Композиттердің физика-химиялық қасиеттері, ZnO және ZnO/GO нанокұрылымдарын синтездеудің негізгі әдістері сипатталған.

2. Биосенсорлардың жұмыс принциптерін және наноматериалдардың сезімталдығы мен селективтілігін арттырудағы рөлін зерттеу. Бұл мәселенің шешімі 2-тарауда көрсетілген. Бұл тарауда сенсорлық құрылғыларда жартылай өткізгіш наноматериалдар мен композиттерді қолдану әдістері, биосенсорлардың жіктелуі мен жұмыс принципі сипатталған.

3. Жоғары сезімтал реакциясы бар CD44 гликопротеинін анықтау үшін ZnO негізіндегі талшықты-оптикалық биосенсорды әзірлеу, оны калибрлеу және өнімділік талдауын орындау. Бұл мәселенің шешімі 3-тарауда көрсетілген. Талшықты-оптикалық сенсорды калибрлеу және дайындау. Мырыш оксидінің жұқа қабаты бар талшықты-оптикалық сенсордың бетін белсендіру және функционализациялау үшін қолайлы компоненттер таңдалды. Алынған талшықты-оптикалық сенсорлық сигналдарды шарлы резонатормен анықтау және өңдеу нәтижелері келтірілген.

4. Сезімталдық пен жұмыс параметрлерін оңтайландырумен аскорбин қышқылын анықтау үшін ZnO/GO негізіндегі электрохимиялық биосенсорды жасаңыз. Бұл мәселенің шешімі 4-тарауда көрсетілген. Бұл тарауда ZnO/GO синтезі үшін оңтайлы жағдайлар мен параметрлер таңдалады және шыны көміртекті электродқа (GCE) қолданылатын ZnO, ZnO-GO нанокұрылымдары арқылы аскорбин қышқылын анықтауға арналған электрохимиялық сенсорды зерттеу нәтижелері келтірілген.

#### **Зерттеу әдістері**

Диссертацияда нанокұрылымдық жартылай өткізгіш материалдар негізіндегі биосенсорларды дамыту перспективалары мен кен орнының жай-күйін зерттеу үшін патенттік зерттеулер мен әдебиет көздерін сыни талдау әдістері, сондай-ақ эксперименттік жұмыстарды жоспарлау және жүргізу әдістері, соның ішінде синтездеу, сенсорларды жасау және олардың функционализациясы, қазіргі заманғы аналитикалық құралдар, мысалы, оптикалық рефлексометр, электроскопиялық

сәулеленуі бар рефлекторлар қолданылды микроскоп, Фурье трансформациясының инфрақызыл абсорбциялық спектрофотометрі, рентгендік дифрактометр, электронды сканерлеу микроскопы, спектрометр және бір арналы потенциал-гальваностат.

**Қорғауға ұсынылатын негізгі ережелер (дәлелденген ғылыми гипотезалар және жаңа білім болып табылатын басқа тұжырымдар)**

1. CD44 ақуызын 100 аМ-ден 100 нМ-ге дейін өлшеу үшін арзан золь-гель әдісімен жағылған, қалыңдығы 100 нм мырыш оксидінің (ZnO) жұқа қабатымен қапталған сфералық ұшы бар бірінші талшықты-оптикалық биосенсор енгізілді. Бұл сенсорды жасау оңай, 0.8 фМ анықтау шегі бар ақуыздың өзгеруіне жақсы жауап береді және қоршаған ортаның сыну көрсеткішінің өзгеруіне жоғары сезімталдыққа ие.

2. Негізгі аналитик (CD44 протеині) мен лиганд арасындағы өзара әрекеттесуді қалпына келтіру мүмкіндігі көрсетілді, бұл қайта өлшеу үшін сенсордың функционалды бетін екі рет пайдалануға мүмкіндік береді. Алынған сенсордың сезімталдығы PSA бақылау ақуызының концентрациясына қатысты, сондай - ақ антиденесіз-CD44 сыналды. Био сенсордың сипаттамалары қатерлі ісік диагностикасында маңызды CD44 биомаркерін анықтаудың жаңа перспективалы әдісін ұсынады.

3. Ерітіндіден химиялық тұндыру әдісімен, содан кейін 375°C температурада ауада термиялық өңдеу арқылы 0.386 мАМ<sup>-1</sup>см<sup>-2</sup> аскорбин қышқылына жоғары сезімталдығы бар модификацияланған ZnO-GO/GCE электроды алынды, анықтау шегі 7.3 нМ сәйкес келді, бұл қандағы С витаминінің деңгейін анықтау үшін биосенсордың негізі ретінде пайдалануға мүмкіндік береді. азық-түлік және дәрі-дәрмек.

4. ZnO-go композициясын ауада 375°C температурада термиялық өңдеу ZnO-GO/GCE электродының сезімталдығын арттыруға, сондай-ақ ZnO-GO үлгілерінің люминесценттік және құрылымдық қасиеттерін бақылауға мүмкіндік береді, бұл бұл материалдарды ақ жарық шығаратын диодтар, дисплей құрылғылары, биологиялық таңбалау және басқа да оптикалық наноэлектроника құрылғыларын өндіруде қолдануға перспективалы етеді.

#### **Зерттеудің негізгі нәтижелерінің сипаттамасы**

Ғылыми зерттеу барысында келесі ғылыми нәтижелер алынды:

1. Әдеби шолу сенсорлық құрылғылардың негізі ретінде наноқұрылымды жартылай өткізгіш материалдардың жеткіліксіз зерттелуін көрсетті, бұл CD44 және аскорбин қышқылы сияқты аналитиктерді анықтау үшін сенсорлардың сезімталдығын, селективтілігін және тұрақтылығын арттыру мақсатында қосымша зерттеулер жүргізу қажеттілігін көрсетеді

2. CD44 ақуызын 100 АММ-ден 100 нМ-ге дейін өлшеу үшін арзан золь-гель әдісін қолдана отырып, қалыңдығы 100 нм мырыш оксидінің (ZnO) жұқа қабатымен қапталған сфералық ұшы бар бірінші талшықты-оптикалық биосенсор жасалды. Бұл биосенсордың артықшылықтарына стандартты және арзан телекоммуникациялық талшықтарда бір кадамда өндірудің қарапайымдылығы және қымбат жабдықты пайдаланбай ZnO золь-гель әдісімен жұқа қабатын жағудың қарапайымдылығы жатады.

3. Алынған талшықты-оптикалық шар резонаторы 0.8 фМ анықтау шегі бар CD44 гликопротеинінің өзгеруіне жақсы жауап берді және қоршаған ортаның сыну көрсеткішінің өзгеруіне жоғары сезімталдықты және үш сенсорда көрсетілген

жоғары репродуктивтілікті көрсетті, бұл оны функционализациядан кейінгі биосенсорлық платформа ретінде перспективалы етеді.

4. Сенсордың регенерациясына функционалды бетке зақым келтірместен қол жеткізу мүмкіндігі көрсетілген. Алынған сенсордың сезімталдығы бақылау ақуызының концентрациясына қатысты, сондай — ақ антиденесіз-CD44 тексерілді. Биосенсордың бұл сипаттамалары қатерлі ісік диагностикасында маңызды CD44 биомаркерін анықтаудың перспективалы жаңа әдісін ұсынады.

5. ZnO нанокұрылымды үлгілері мен ZnO-go композиттері ерітіндіден химиялық тұндырудың қарапайым, арзан әдісімен синтезделді. ZnO және ZnO-GO синтезделген үлгілерінің морфологиясы, электрохимиялық және құрылымдық сипаттамалары зерттелді. Sam көмегімен синтезделген үлгілерді зерттеу нәтижелері синтезделген үлгілердің ұзындығы мен биіктігі бірнеше жүз нанометрге және қалыңдығы бірнеше ондаған нанометрге тең екі өлшемді жұқа пластиналар ретінде өсетінін көрсетті.

6. 375 °C температурада ауада синтезделген ZnO-GO нанобөлшектерін термиялық өңдеу оптикалық рекомбинацияның әртүрлі түрлеріне әсер етуі мүмкін екендігі көрсетілген. Ультракүлгін жолақтың қарқындылығы термиялық өңдеуден кейін төмендегені байқалды, бұл донормен байланысты экзитонның ішінара диссоциациясына байланысты болуы мүмкін. ZnO-Go және ZnO нанобөлшектерін синтездеудің ұсынылған әдісі, содан кейін термиялық өңдеу олардың люминесцентті және құрылымдық қасиеттерін басқаруға мүмкіндік береді, бұл бұл материалдарды ақ жарық диодтарын, ақпаратты көрсету құрылғыларын, биологиялық таңбалауды және басқа да оптикалық наноэлектроника құрылғыларын өндіруде қолдануға перспективалы етеді.

7. Циклдік вольтамметрия әдісі аскорбин қышқылын анықтау кезінде ZnO/GCE және ZnO-GO/GCE электродтарының электрохимиялық қасиеттерін бағалау үшін қолданылады. ZnO-GO-ны ауада 375°C температурада термиялық өңдеу электродтың ZnO-GO/GCE сезімталдығын арттыруға мүмкіндік беретіні көрсетілген, оны үлгідегі ақаулардың азаюымен де, үлгілердің меншікті бетінің ұлғаюына әкелетін күйдіруден кейін графен оксидінің жазықтық аралығының ұлғаюымен де түсіндіруге болады. ZnO-GO/GCE негізіндегі электрохимиялық сенсор  $0.386 \text{ mA} \cdot \text{M}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2}$  жоғары сезімталдықты және 7.3 НМ анықтау шегін көрсетті, бұл оны әртүрлі үлгілердегі, соның ішінде фармацевтикалық препараттар мен тағамдардағы С витаминінің құрамын сандық талдау мен бақылаудың тиімді құралы етеді.

#### **Алынған нәтижелердің жаңалығы мен маңыздылығын негіздеу**

Бұл ғылыми-зерттеу жұмысын жүргізу қажеттілігінің негіздемесі нанокұрылымды жартылай өткізгіш материалдар негізінде биосенсорларды құрудағы зерттеулердің өзектілігі болып табылады.

#### **Жұмыстың жаңалығы**

1. Жасуша бетіндегі метастаз процесін реттейтін адгезия рецепторы болып табылатын көптеген ісіктерде экспрессияланған CD44 интегралды жасушалық гликопротеинін анықтау үшін ~100 нм экологиялық таза күл-гель әдісімен қалыңдығы ~ 100 нм мырыш оксидінің (ZnO) жұқа қабатымен біркелкі қапталған шарлы резонаторға негізделген бірінші талшықты-оптикалық сенсор әзірленді.

2. Алғаш рет негізгі талданатын заттың (CD44 ақуызы) лигандпен өзара әрекеттесуін қалпына келтіру жүргізілді, бұл өлшеу үшін сенсордың функционалды бетін екі рет пайдалануға мүмкіндік берді

3. ZnO-go нанокөмпозиттерін ауада 375 °C температурада термиялық өндеудің олардың оптикалық қасиеттеріне әсері анықталды: ультрафиолет жолағының қарқындылығы төмендейді, бұл донормен байланысты экзитонның ішінара диссоциациясына байланысты. Өндеудің температуралық режимдерін басқару материалдың фотолюминесценттік сипаттамаларын мақсатты түрде өзгертуге мүмкіндік беретіні көрсетілген, бұл оны сенсорлық және оптоэлектрондық жүйелердің бөлігі ретінде қолдануға мүмкіндік береді.

#### **Жұмыстың практикалық маңыздылығы**

Зерттеудің практикалық маңыздылығы төмен температуралы синтез процесінде алынған үлгілердің нанокұрылымдық күйіне байланысты меншікті бетінің жоғарылауы болып табылады. Бұл материалдар бірегей электрохимиялық және құрылымдық қасиеттеріне байланысты сенсорларды, соның ішінде CD44 және аскорбин қышқылы сияқты биомаркерлерді анықтауға арналған құрылғыларды әзірлеу үшін перспективалық негіз болып табылады. Жұмыстың маңызды жетістігі-үш сенсордағы нәтижелердің қайталануын көрсету, бұл олардың нақты жұмыс жағдайында тұрақтылығын растайды. Диссертациялық зерттеуде талдаудың заманауи әдістерін қолдана отырып, алынған нәтижелердің сенімділігі мен сенімділігіне кепілдік беретін нақты өндірістік жағдайларға мүмкіндігінше жақын эксперименттер жүргізілді.

#### **Ғылымның даму бағыттарына немесе мемлекеттік бағдарламаларға сәйкестігі**

CD44 және аскорбин қышқылы сияқты биомаркерлерді анықтау үшін сенсорлық құрылғыларда қолдануға арналған нанокұрылымды жартылай өткізгіш материалдардың қасиеттерін алу және зерттеу ғылым дамуының қазіргі заманғы бағыттарына және медицина, экология және ақпараттық технологиялар саласындағы инновациялық технологияларды қолдауға бағытталған Қазақстан Республикасының мемлекеттік бағдарламаларына (ҚТ) сәйкес келеді. "Цифрлық Қазақстан" мемлекеттік бағдарламасының маңызды элементі медициналық және диагностикалық құрылғыларға жоғары технологияларды енгізу болып табылады, бұл диагностика мен емдеу сапасын жақсартуға ықпал етеді.

#### **Докторанттың әрбір жарияланымды дайындауға қосқан үлесі**

Ғылыми нәтижелерді алуға докторанттың жеке қатысуы жоспар құру мен эксперименттер жүргізуден, теориялық және эксперименттік зерттеулерді орындаудан, сондай-ақ алынған мәліметтерді талқылаудан және қорытындылаудан тұрады.

Диссертациялық жұмыс тақырыбы бойынша 19 ғылыми жұмыс жарияланды, оның ішінде: 1 (бір) мақала рецензияланатын ғылыми басылымда диссертация тақырыбының ғылыми бағыты бойынша индекстелетін Science Citation Index expanded Web of Science (Clarivate Analytics) базасында және CiteScore бойынша Scopus (Elsevier) базасында  $if = 5.4$  Квартиль (Web of ғылым) - Q1, Scopus Процентилі-89%, ҚР БҒМ КОКСОН ұсынған физика, Наноматериалдар және нанотехнологиялар саласындағы отандық басылымдардағы 4 (төрт) мақала, халықаралық конференциялар жинақтарындағы 14 (он төрт) жұмыс және өнертабысқа 1 (бір) патент алынды.

*Диссертациялық жұмыс материалдары бойынша 19 баспа жұмысы жарияланды, оның 1-бабы Scopus және Web of Science ДБ кіретін халықаралық рецензияланатын ғылыми журналда:*

1. **Paltusheva Zh.U.**, Ashikbayeva Zh., Tosi D., Gritsenko L.V. Highly Sensitive Zinc Oxide Fiber-Optic Biosensor for the Detection of CD44 protein// Biosensors. – 2022. - V.12. - Issue11. - P.1015. (Q1, процентиль 89%)

*Scopus/Web of Science ДБ кіретін ҚР БҒМ Білім және ғылым саласындағы сапаны қамтамасыз ету Комитеті ұсынған басылымдардағы 4 мақала:*

2. **Paltusheva Zh.U.**, Alpysbaiuly N., Kedruk Y.Y., Zhaidary A.D., Aitzhanov M.B., Gritsenko L.V., Abdullin Kh.A. Photocatalytic activity of zinc oxide – graphene oxide composites// Bulletin of the university of Karaganda-physics. - 2022. - V.2. -P.102-110. *Web of science*.
3. Gritsenko L.V., Kedruk Y.Y., **Paltusheva Zh.U.**, Syritski V. Structural properties of ZnO nanopowders synthesized by thermal decomposition// [Physical sciences and technology](#). - 2023. - V. 10. - P.3-4. *Scopus*.
4. **Paltusheva Zh.U.**, Gritsenko L.V., Kedruk Y.Y., Abdullin Kh. A., Aitzhanov M.B., Kalkozova Zh.K. [Электрохимический сенсор аскорбиновой кислоты на основе наноструктур оксида цинка](#)// Recent Contributions to Physics - 2023. - V.86.-№3. - P.49-56. *Web of science*.
5. **Paltusheva Zh.U.**, Kedruk Y.Y., Gritsenko L.V., Tulegenova, Syritski V., Abdullin Kh.A. The influence of synthesis parameters and thermal treatment on the optical and structural properties of zinc oxide- based nanomaterials// Physical Sciences and Technology. – 2024. – V.11, №1-2. – P. 49-57. *Scopus*.  
*Халықаралық ғылыми-практикалық конференциялардың 14 еңбегі:*
6. Кедрук Е.Ю., Айтжанов М.Б., **Палтушева Ж.У.**, Гриценко Л.В., Абдуллин Х.А. Влияние термической обработки на фотокаталитические свойства наностержней оксида цинка //Труды Сатпаевских чтений. – Алматы, 2021. - С. 1094–1097.
7. **Палтушева Ж.У.**, Гриценко Л.В. Применение наноструктурированного оксида цинка в биосенсорных устройствах// Труды Сатпаевских чтений. – Алматы, 2021. - С. 1101–1105.
8. Кедрук Е.Ю., **Палтушева Ж.У.**, Гриценко Л.В., Абдуллин Х.А. Разложение органических соединений под действием фотокаталитически активного ZnO//Аморфные и микрокристаллические полупроводники: сборник тезисов Международной конференции. – Санкт-Петербург, 2021 г. - С. 130–131.
9. Гриценко Л. В., **Палтушева Ж.У.**, Кедрук Е.Ю., Абдуллин Х.А. Исследование фотокаталитической активности наноструктурированного оксида цинка// Физика.СПб: тезисы докладов международной конференции. – Санкт-Петербург, 2021 г. - С. 120–121.
10. **Палтушева Ж.У.**, Кедрук Е.Ю., Жайдары А.Д., Гриценко Л. В. Структурные свойства композитов ZnO-GO// Международная конференция студентов и молодых ученых «Фараби әлемі», Алматы. – 2023. – С. 88.
11. Толубаева Д.Б., **Палтушева Ж.У.**, Жайдары А., Гриценко Л.В. Электрохимические свойства наностержней оксида цинка// Международная конференция студентов и молодых ученых «Фараби әлемі», Алматы. – 2023. – С. 96.
12. **Палтушева Ж.У.**, Гриценко Л. В., V. Syritski. Волоконно-оптический биосенсор на основе оксида цинка// Сборник докладов «65-й Всероссийской научной конференции МФТИ». – Москва, 2023 г. - С.74-76.
13. Кедрук Е.Ю., **Палтушева Ж.У.**, Гриценко Л. В., Абдулли Х.А. Влияние концентрации сульфата меди в растворе роста на морфологию композитов ZnO–CuO // Сборник докладов «65-й Всероссийской научной конференции МФТИ». – Москва, 2023 г. - С.70-72.
14. **Paltusheva Zh.U.**, Gritsenko L.V. Electrochemical sensor based on zinc oxide-graphene oxide composites // Международная конференция студентов и молодых ученых «Фараби әлемі», Алматы. – 2024. – С. 114.
15. **Палтушева Ж.У.**, Гриценко Л. В., Syritski V. Структурные свойства оксида цинка, синтезированного золь-гель методом// ICHEPMS: Сборник тезисов II Международной конференции по физике высоких энергий, материаловедению и нанотехнологиям. - Алматы, 2024г. - С.67-68.
16. **Палтушева Ж.У.**, Гриценко Л.В., Syritski V. Физико-химические свойства оксида цинка для сенсорных приложений// Труды международной научно-практической конференции: Ресурсосберегающие технологии в минерально-индустриальном мегакомплексе в условиях устойчивого развития экономики. - Алматы, 2024. - С. 416–418.
17. **Палтушева Ж.У.**, Гриценко Л. В. Сенсор на основе оксида цинка// Международная конференция студентов и молодых ученых «Фараби әлемі». – Алматы, 2024. - С.106.
18. Л. В. Гриценко, **Ж.У. Палтушева** Электрохимические свойства наноструктур ZnO/GO // Сборник докладов Международной конференции «Наноглерод и Алмаз» (НИА'2024), Россия, Санкт-Петербург, 1 – 5 июля 2024г. – С. 221.
19. Гриценко Л.В., Толубаева Д.Б., **Палтушева Ж.У.**, Калкозова Ж.К. Структурные свойства наноструктурированных слоев оксида цинка, Материалы Международной конференции "Физика.СПб", Россия, Санкт-Петербург, 21–25 октября 2024 г., С. 121-122.  
*Өнертабысқа Патент:*
- Өнертабысқа патент алынды Абдуллин Х. А., Гриценко Л.В., Кедрук Е. Ю., Палтушева Ж. У. "Способ получения фотокаталитически активных порошков оксида цинка" №35707, шығару. 10.06.2022, өтінім № 2021/0249.