8D05301 – «Химия» білім беру бағдарламасы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесін алу үшін ұсынылған Мәдиярова Алтынай Мұратқызының «Жаңа күрделі оксидті магниттік заттарды алудың физика -химиялық негіздерін әзірлеу» тақырыбындағы диссертациялық жұмысына

АҢДАТПА

Диссертациялық жұмыс Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрінің 06.01.2025 жылғы №4 бұйрығымен бекітілген ғылыми дәрежелерді беру қағидаларының 5-1. 2) диссертация мазмұнына сәйкес келетін ғылыми салалардың бірінен Clarivate Analytics (Кларивэйт Аналитикс) компаниясының Journal Citation Reports (Жорнал Цитэйшэн Репортс) деректеріне сәйкес импакт-фактор бойынша бірінші және (немесе) екінші квартильге кіретін басылымдарда жарияланған кемінде екі мақала және бір шолу немесе үш мақала сериясы. Мақаланың біреуінде докторант үміткер бірінші автор немесе хат-хабарлардың авторы болу тармағына және №09-02-19/277 (25.05.2025ж.) бұйрығымен бекітілген «Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университеті» КеАҚ диссертациялық кеңес туралы ережесінің 7. Докторлық диссертациялық жұмысты ұсыну, 7.2.1. Ғылыми мақалалар сериясы негізінде қорғау тармақшасына сәйкес докторант жариялаған мақалалар топтамасы түрінде ұсынылды.

Жұмыстың жалпы сипаттамасы

Диссертациялық жұмыс жаңа күрделі оксидті магниттік материалдарды синтездеудің физика-химиялық негіздерін зерттеуге арналған. Зерттеу барысында жаңа шпинель құрылымды ферриттік материалдар синтезделіп, олардың құрылымдық, морфологиялық және электрофизикалық қасиеттері кешенді түрде зерттелді.

Үлгілерді алу үшін золь-гель синтез әдісі қолданылды. Синтезделген қосылыстардың кристалдық құрылымы рентгендік дифракциялық талдау арқылы анықталды, ал морфологиясы мен элементтік құрамы сканерлеуші электрондық микроскопия әдісімен зерттелді. Сонымен қатар олардың диэлектрлік және электрлік қасиеттерінің температура мен жиілікке тәуелділігі анықталды.

Зерттеу нәтижесінде жаңа құрамды күрделі ферриттердің шпинель типті бірфазалы құрылымға ие екендігі анықталып, олардың құрылымдық параметрлері мен физикалық қасиеттері арасындағы өзара байланыстар айқындалды.

Зерттеудің өзектілігі

Қазіргі материалтану ғылымында функционалдық магниттік материалдарды әзірлеу және олардың қасиеттерін басқару маңызды ғылыми бағыттардың бірі болып табылады. Әсіресе ферриттік материалдар жоғары магниттік өтімділігі, төмен диэлектрлік шығындары және жоғары электрлік кедергісі сияқты қасиеттерінің арқасында электроникада, телекоммуникацияда және энергетика салаларында кеңінен қолданылады.

Соңғы жылдары шпинель құрылымды ферриттерге деген ғылыми қызығушылық айтарлықтай артты. Бұл материалдардың қасиеттері олардың химиялық құрамына, кристалдық құрылымына және синтез әдісіне тікелей тәуелді болады. Әсіресе литий негізіндегі ферриттер жоғары магниттік және электрлік қасиеттерімен ерекшеленеді және электрондық құрылғылар мен энергия сақтау жүйелерінде қолдануға перспективалы материалдар болып саналады.

Осыған байланысты жаңа құрамды күрделі ферриттерді синтездеу, олардың құрылымдық ерекшеліктерін және физика-химиялық қасиеттерін зерттеу қазіргі материалтану ғылымының өзекті мәселелерінің бірі болып табылады.

Тақырыптың зерттелу деңгейі

Ферриттік материалдардың құрылымы мен қасиеттерін зерттеу бағытында көптеген ғылыми жұмыстар жүргізілген. Кристалдық құрылымына байланысты ферриттер бірнеше топқа бөлінеді: шпинель ферриттері, гексагональ ферриттер, гранат ферриттері және ортоферриттер.

Олардың ішінде шпинель құрылымды ферриттер кеңінен зерттелген және функционалдық материалдар ретінде ерекше ғылыми қызығушылық тудырады. Бұл материалдардың жалпы формуласы MFe_2O_4 түрінде болады, мұнда металл катиондары тетраэдрлік және октаэдрлік қуыстарға орналасады. Катиондардың осы орындардағы таралуы ферриттердің магниттік және электрлік қасиеттеріне айтарлықтай әсер етеді.

Соңғы жылдары литий негізіндегі ферриттердің құрылымдық және электрлік қасиеттерін зерттеуге ерекше көңіл бөлінуде. Алайда жаңа құрамды күрделі ферриттердің синтезі мен олардың құрылымдық-функционалдық қасиеттерін зерттеу мәселесі әлі де толық зерттелмеген. Сондықтан жаңа құрамды ферриттік материалдарды алу және олардың қасиеттерін анықтау ғылыми және практикалық тұрғыдан маңызды болып табылады.

Зерттеудің мақсаты

Жаңа күрделі оксидті магниттік материалдарды синтездеудің физика-химиялық негіздерін әзірлеу және олардың құрылымдық, морфологиялық және электрлік қасиеттерін зерттеу.

Қойылған мақсатқа жету үшін келесі міндеттер айқындалды:

– Жаңа құрамды күрделі ферриттік материалдарды синтездеудің тиімді әдістерін таңдау;

– Золь-гель әдісі арқылы күрделі ферриттерді синтездеу;

– Синтезделген материалдардың кристалдық құрылымын рентгендік дифракциялық талдау арқылы анықтау;

– Материалдардың морфологиясын және элементтік құрамын сканерлеуші электрондық микроскопия әдісі арқылы зерттеу;

– Жаңа ферриттердің диэлектрлік және электрлік қасиеттерін зерттеу;

– Синтез параметрлерінің материалдардың құрылымдық және физикалық қасиеттеріне әсерін анықтау.

Зерттеу объектісі - Шпинель құрылымды жаңа күрделі феррит оксидтері.

Зерттеу пәні- Күрделі ферриттердің синтезі, олардың құрылымдық, морфологиялық және электрофизикалық қасиеттері.

Зерттеу әдістері - Диссертациялық зерттеу барысында келесі заманауи физика-химиялық зерттеу әдістері қолданылды: золь-гель синтез әдісі, Рентгендік дифракциялық талдау XRD (MiniFlex-600), Сканерлеуші электрондық микроскопия (SEM), Раман спектроскопиясы, диэлектрлік және электрлік қасиеттерді өлшеу, пиркнометриялық тығыздықты анықтау. Аталған әдістер синтезделген материалдардың құрылымдық және физикалық қасиеттерін кешенді түрде зерттеуге мүмкіндік береді.

Диссертациялық зерттеудің ғылыми жаңалығы

Зерттеу нәтижесінде:

– Алғаш рет жаңа құрамды $Li_{0.5}MnFe_{1.5}O_4$ және $LiCr_{3.4}Fe_{1.6}O_8$ күрделі ферриттер синтезделді;

– синтезделген қосылыстардың шпинель құрылымды бірфазалы күрделі оксидтер екендігі анықталды;

– олардың кристалдық құрылымы, морфологиясы және элементтік құрамы анықталды;

– жаңа синтезделген күрделі оксидтердің электрлік және диэлектрлік қасиеттеріне әсері анықталды.

Диссертациялық зерттеудің ғылыми жаңалығы қорғауға ұсынылатын келесі негізгі қағидалармен айқындалады

– Золь-гель әдісі арқылы жаңа құрамды күрделі ферриттерді синтездеудің ғылыми негізделген әдістемесі ұсынылды.

– Синтезделген ферриттердің шпинель типті кристалдық құрылымы дәлелденді.

– Жаңа ферриттердің құрылымдық және морфологиялық ерекшеліктері анықталды.

– Күрделі ферриттердің электрлік және диэлектрлік қасиеттерінің температура мен жиілікке тәуелділігі анықталды.

Ғылыми нәтижелер

1. Бірінші мақала бойынша ғылыми нәтижелер

Зерттеу барысында синтез әдісі ретінде золь-гель әдісі қолданылып, $Li_{0.5}MnFe_{1.5}O_4$ құрамды жаңа кешенді ферриттің физика-химиялық табиғаты зерттелді. Синтезделген ферриттің құрылымы мен құрамы рентгендік фазалық талдау әдісі арқылы анықталды. Талдау нәтижелерінде үлгінің Fd3m кеңістіктік тобында кристалданатыны анықталды. Бұл топ шпинель құрылымына тән және атомдардың торда жоғары симметриямен орналасқанын көрсетеді. Тор параметрлері a = b = c = 8.3677 Å, яғни материал қабырғасы центрленген кубтық кристалдық тор түзеді. Элементар ұяшықтың көлемі 585.90 Å³. Сонымен қатар, рентгендік тығыздық (4.678 г/см³) пен пикнометриялық тығыздықтың (4.675 г/см³) жақын болуы материал құрылымында бос орындар мен ақаулардың өте аз екенін және оның жоғары тығыздыққа ие екенін дәлелдейді.

Қосылыстың микрокұрылымы мен құрамындағы элементтердің сандық мөлшері сканерлеуші электрондық микроскоп (SEM) көмегімен зерттелді. СЭМ кескіндерінен материалдың беткі құрылымы ұсақ түйіршікті және бір-бірімен байланысқан бөлшектерден тұратыны байқалады. Бөлшектердің көпшілігі агломерацияланған, яғни бірнеше нанобөлшектер бірігіп, ірілеу құрылымдар түзген. Кескіндегі масштаб бойынша бұл агломераттардың өлшемі шамамен бірнеше микрометр диапазонында, ал оларды құрайтын жеке бөлшектер наноөлшемді болып келеді. Мұндай морфология синтез процесі кезінде нанобөлшектердің бірігіп өсуімен және олардың беткі энергиясының жоғары болуына байланысты агломерациялануымен түсіндіріледі. Сонымен қатар бөлшектердің беті біршама кеуекті және біркелкі таралған, бұл материалдың реакциялық қабілетінің жоғары болуына ықпал етеді.

Зерттеу барысында жаңадан синтезделген кешенді ферриттердің $Li_{0.5}MnFe_{1.5}O_4$ формуласына сәйкес келетіні анықталды. Түзілген бөлшектердің өлшемдері ірі болып, шамамен 50,0 мкм, 20,0 мкм және 10,0 мкм аралығында екені байқалды. EDS спектрінде элементтердің энергия бойынша орналасуы да анық байқалады. Оттек (O) мен литий (Li) төмен энергия аймағында, ал марганец (Mn) және темір (Fe) жоғары энергия аймағында көрінеді.

Электрофизикалық өлшеулер LCR-800 құрылғысында 293–483 К температура аралығында және 1,5 кГц пен 10 кГц жиіліктерде жүргізілді. Зерттеулер нәтижесінде температура 300 К-ден шамамен 380–390 К-ге дейін артқан сайын электрөткізгіштік біртіндеп өсетіні анықталды. Бұл құбылыс температураның жоғарылауына байланысты заряд тасымалдаушылардың белсенділігінің артуымен түсіндіріледі. Температура артқан сайын электрондардың кристалдық тор арқылы қозғалу мүмкіндігі жоғарылап, нәтижесінде материалдың электрөткізгіштігі артады. Алайда шамамен 390–400 К аймағында электрөткізгіштік өзінің ең жоғарғы мәніне жетеді. Осы температурадан кейін өткізгіштік күрт төмендей бастайды. Мұндай өзгеріс материалда құрылымдық немесе магниттік күйдің өзгеруімен, яғни ферримагниттік күйден парамагниттік күйге өтуімен байланысты.

2. Екінші мақала бойынша ғылыми нәтижелер

Зерттеу барысында золь-гель әдісі арқылы алынған $LiCr_{3.4}Fe_{1.6}O_8$ құрамды жаңа күрделі ферриттік материалын синтезделіп және оның физика-химиялық сипаттамалары зерттелді. Рентгендік дифракция (XRD) талдауы синтезделген қосылыстың тор параметрлері a = b = c = 8,279 Å, яғни материал қабырғасы центрленген кубтық кристалдық тор түзетінін, бірфазалы екенін, шпинель типті құрылымға ие екенін және құрылымдық модельдің дұрыстығын R-фактордың 0.036 (3.6%) мәні төмендігі алынған қосылыс құрылысының дұрыстығын дәлелдейді. Сонымен қатар, рентгендік (4.694 г/см³) және пикнометриялық (4.695 г/см³) тығыздықтардың жақын болуы материалдың фазалық тазалығын және хром иондарының торға біркелкі енгенін көрсетеді.

Уильямсон – Холл әдісі бойынша графиктегі нүктелердің бір аймақта шоғырлануы дифракциялық шыңдардың параметрлері бір-біріне жақын

екенін көрсетеді. Бұл материалдың құрылымдық біртектілігін және кристаллит өлшемдерінің шамалас екенін білдіреді.

Нүктелер арқылы жүргізілген түзу сызықтың көлбеуі кристалдық тордағы микрокернеуді, ал осьпен қиылысу нүктесі кристаллиттердің орташа мөлшерін анықтауға мүмкіндік береді. Осы график бойынша материалдың кристаллит мөлшері шамамен 9.12 нм, ал микрокернеу 1.71×10^{-3} екені анықталды.

Құрылымның тербелмелі қасиеттерін зерттеу үшін Раман спектроскопиясы қолданылып, Fe – O және Cr – O байланыстарына сәйкес келетін шыңдардың байқалуы қосылыстың шпинель тәрізді құрылымын қосымша растады. Бірінші спектрде 195–206 $см^{-1}$, 509–516 $см^{-1}$, 597–618 $см^{-1}$ және 650–720 $см^{-1}$ аймақтарында орналасқан жолақтар байқалады. Бұл жолақтар шпинель құрылымына тән металл–оттек (Me–O) байланыстарының торлық тербелістерін сипаттайды. Әсіресе 650–720 $см^{-1}$ аймағындағы интенсивті жолақ тетраэдрлік позициядағы металл–оттек байланысының симметриялық тербелісіне сәйкес келеді. Жолақтардың аздап ығысуы хром иондарының кристалдық торға енуімен түсіндіріледі.

Екінші спектрде негізгі жолақтар 348 $см^{-1}$, 400 $см^{-1}$, 851 $см^{-1}$, 892 $см^{-1}$ және 930 $см^{-1}$ аймақтарында байқалады. Мұндағы 851 $см^{-1}$ маңындағы ең күшті жолақ металл–оттек байланысының негізгі симметриялық тербелісіне сәйкес келеді.

Микрокұрылымы мен элементтік құрамы сканерлеуші электрондық микроскоп (SEM) көмегімен зерттелді. $LiCr_{3.4}Fe_{1.6}O_8$ кристалдарының бірнеше аймақтары талданып, біртекті фаза екені анықталды және беткі қабаттың морфологиясы мен химиялық құрамы туралы толық мәлімет алынды. Синтезделген феррит бөлшектерінің өлшемдері салыстырмалы түрде ірі болып, шамамен 5, 30, 100 және 200 мкм аралығында екені анықталды. Бөлшектердің көпшілігі бір-бірімен байланысып, агломерацияланған құрылым түзген. Жоғары үлкейтілген суретте бөлшектердің пішіні негізінен жартылай сфералық және көпқырлы екені көрінеді. Масштабқа сәйкес жеке бөлшектердің өлшемі наноөлшемді, ал олардың бірігуі нәтижесінде микрометрлік агломераттар қалыптасқан. EDS спектрінде элементтердің энергия бойынша орналасуы да айқын байқалады. Төмен энергия аймағында Li және O элементтерінің шыңдары, ал жоғары энергия аймағында Cr және Fe элементтерінің айқын шыңдары көрінеді.

Электрофизикалық өлшеулер LCR-800 құрылғысында 293–483 K температура аралығында және 1,5 кГц пен 10 кГц жиіліктерде жүргізілді. Графиктерден көріп отырғанымыздай, 300–400 K температура аралығында электрлік кедергі біртіндеп төмендейді. Бұл температура артқан сайын заряд тасымалдаушылардың қозғалысы жеңілдеп, электрондардың кристалдық тор арқылы Fe^{2+}–Fe^{3+} иондары арасында секірмелі (hopping) механизм арқылы тасымалдануымен түсіндіріледі. Яғни температура өскен сайын материалдың өткізгіштігі артып, сәйкесінше электрлік кедергі азаяды.

Шамамен 390–400 K аймағында электрлік кедергі өзінің ең төменгі мәніне жетеді. Осы температурадан кейін температураның әрі қарай өсуімен кедергі

қайтадан арта бастайды. Бұл құбылыс материалда магниттік күйдің өзгеруімен, яғни ферримагниттік күйден парамагниттік күйге ауысумен байланысты.

Зерттеу нәтижелерінде айнымалы ток электрөткізгіштігі төмен жиіліктерде тұрақты болып, материалдың жоғары оқшаулағыш қасиетін көрсетеді, бұл оны резисторлар мен конденсаторларда қолдануға мүмкіндік береді. Температура мен жиілік артқан сайын меншікті кедергі төмендеп, бұл заряд тасымалдаушылардың қозғалғыштығының артуымен түсіндіріледі.

3. Үшінші мақала бойынша ғылыми нәтижелер

Шолу мақаласында шпинель құрылымды феррит нанобөлшектерінің (MFe_2O_4) синтез әдістері, құрылымдық ерекшеліктері және функционалдық қасиеттері жүйелі түрде талданған. Әртүрлі синтез тәсілдерінің, соның ішінде ко-тұндыру, жану, золь–гель, термиялық ыдырау, гидротермиялық, сольвотермиялық, микротолқынды, сонохимиялық, электрохимиялық және қатты фазалық реакция әдістерінің физика-химиялық негіздері, артықшылықтары мен шектеулері салыстырмалы түрде қарастырылған.

Синтез параметрлерінің кристалдық құрылымға, морфологияға, катиондардың тетраэдрлік және октаэдрлік орындар арасында таралуына, сондай-ақ магниттік, диэлектрлік және оптикалық қасиеттерге әсері жан-жақты талданған. Сонымен қатар, рентгендік дифракция (XRD), энергия-дисперсиялық спектроскопиямен біріктірілген сканерлеуші электрондық микроскопия (SEM/EDS), Фурье түрлендірулі инфрақызыл спектроскопия (FTIR), FT-Раман спектроскопиясы, диэлектрлік және магниттік өлшеулер сияқты сипаттау әдістерінің шпинель ферриттерін зерттеудегі мүмкіндіктері толық қорытындыланған.

Қорытынды бөлімде шпинель феррит нанобөлшектерінің электроникада, микротолқынды құрылғыларда, су тазартуда, катализде, сенсорларда және биомедициналық салаларда қолдану әлеуетінің жоғары екені атап өтілген.

Жұмыстың теориялық және практикалық маңыздылығы

– Зерттеу нәтижелері жаңа күрделі ферриттік материалдарды синтездеудің физика-химиялық заңдылықтарын анықтауға мүмкіндік береді;

– Алынған нәтижелер функционалдық магниттік материалдарды әзірлеу, электрондық құрылғылар өндірісі, сенсорлық технологиялар және энергия сақтау жүйелерін дамыту бағытында қолданылуы мүмкін.

Зерттеудің практикалық нәтижелерін апробациялау

Диссертациялық жұмыстың негізгі нәтижелері халықаралық ғылыми конференцияларда баяндалып, ғылыми қауымдастықта талқыланды.

1. Қырғызстан Республикасының ҰҒА академигі Сулайманқұлов Какина Сулайманқұлұлы туғанына 90 жыл толуына арналған «Химия мен инновациялық технологиялардың дамуының іргелі және қолданбалы аспектілері» атты халықаралық конференция. Бішкек. Қырғызстан. 2023ж.

2. Перспективалы ғылыми бағыттарды, табиғи және синтетикалық полимерлер өндірісін, композициялық материалдарды ұйымдастыру және химия ғылымы мен білім беруді интеграциялау мәселелерін интеграциялау үшін жоғары молекулалық қосылыстар химиясы саласындағы зерттеулердің

ағымдағы жай-күйі мен даму үрдістерін талқылауға арналған "Полимерлер туралы ғылымның заманауи мәселелері" Қазақ-Өзбек Симпозиумы. Алматы. Қазақстан. 2023ж.

Зерттеудегі жарияланымдар және автордың жеке үлесі

Диссертациялық зерттеудің негізгі нәтижелері жарияланған 7 жұмыста көрсетілген, оның ішінде 3 мақала Clarivate Analytics (Clarivate Analytics) Web of Science базасы бойынша импакт-фактор бірінші және/немесе екінші квартильге енгізілген ғылыми жарияланымдарда және Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім саласындағы сапаны қамтамасыз ету комитетінің тізіміне енгізілген ғылыми басылымдарда 2 мақала және Ресейлік ғылыми дәйексөздер индексінде (РИНЦ) 1 мақала жарияланды.

1. Mataev M., **Madiyarova A.,** Patrin G., Abdraimova M., Nurbekova M., Durmenbayeva Z. Synthesis of New Complex Ferrite $Li_{0.5}MnFe_{1.5}O_4$: Chemical–Physical and Electrophysical Research. Materials 2024, 17, 3754. https://doi.org/10.3390/ma17153754. Авторлық мәртебесі: докторант корреспондент автор. Журнал көрсеткіштері (2024): импакт-фактор 3.2; Металлургия және металлургиялық инженерия бойынша Q2. CiteScore (2024): 6.4; Жалпы материалтану бойынша 71-пайыздық көрсеткіш. Докторанттың үлесі: эксперименттер жүргізді, алынған нәтижелерді интерпретациялады; мақаланың түпнұсқа жобасын дайындап, ресімдеді; журнал талаптарына сәйкес мақаланы толық дайындауға қатысты. Жеке авторлық үлесім – 70%.

2. Mataev, M.; **Madiyarova, A.;** Abdraimova,M.; Nurbekova,M.; Seibekova, K.; Tursyn, Z.; Kezdykbayeva, A.; Ramachandran, K.; Keskin, B. Novel Spinel Li–Cr Nano-Ferrites: Structure, Morphology, and Electrical/Dielectric Properties. Int. J. Mol. Sci. 2025, 26, 10409. https://doi.org/10.3390/ijms262110409

Авторлық мәртебесі: докторант корреспондент автор. Журнал көрсеткіштері (2025): импакт-фактор 4.9; Бейорганикалық химия бойынша Q1. CiteScore (2025): 9.9; Бейорганикалық химия бойынша 85-пайыздық көрсеткіш. Докторанттың үлесі: эксперименттер жүргізді, алынған нәтижелерді интерпретациялады; мақаланың түпнұсқа жобасын дайындап, ресімдеді; журнал талаптарына сәйкес мақаланы толық дайындауға қатысты. Жеке авторлық үлесім – 70%.

3. Mataev, M.; **Madiyarova, A.;** Abdraimova,M.; Tursyn, Z.; Ramachandran, K. Structure Property–Application Relationships of Spinel Ferrite Nanoparticles: From Synthesis to Functional Systems. Int. J. Mol. Sci. 2026, 27, 2096. https://doi.org/10.3390/ijms27052096. Авторлық мәртебесі: докторант корреспондент автор. Журнал көрсеткіштері (2026): импакт-фактор 4.9; Бейорганикалық химия бойынша Q1. CiteScore (2026): 9.9; Бейорганикалық химия бойынша 85-пайыздық көрсеткіш. Докторанттың үлесі: эксперименттер жүргізді, алынған нәтижелерді интерпретациялады; мақаланың түпнұсқа жобасын дайындап, ресімдеді; журнал талаптарына сәйкес мақаланы толық дайындауға қатысты. Жеке авторлық үлесім – 70%.

4. M.M.Mataev, A.M.Madiyarova, G.S.Patrin, M.R.Abduraimova, M.A.Nurbekova, Zh.I.Tursunova. Synthesis and physico – chemical characteristics of complex ferrite $CrNaFe_2O_5$. Chem. J. Kaz., 2024, 1(85), 109-118. DOI:

https://doi.org/10.51580/2024-1.2710-1185.11 Докторанттың үлесі: эксперименттер жүргізді, алынған нәтижелерді интерпретациялады; мақаланың түпнұсқа жобасын дайындап, ресімдеді; журнал талаптарына сәйкес мақаланы толық дайындауға қатысты. Жеке авторлық үлесім – 70%.

5. M.M. Mataev, A.M. Madiyarova, G.S. Patrin, M.R. Abdraimova, M.A. Nurbekova. Synthesis and physico-chemical properties of a new complex ferrite. Of the national academy of sciences of the republic of Kazakhstan. Series Chemistry and Technology. Volume 3. Number 460 (2024), 137–146 https://doi.org/10.32014/2024.2518-1491.242. Докторанттың үлесі: эксперименттер жүргізді, алынған нәтижелерді интерпретациялады; мақаланың түпнұсқа жобасын дайындап, ресімдеді; журнал талаптарына сәйкес мақаланы толық дайындауға қатысты. Жеке авторлық үлесім – 70%.

6. М.М.Матаев, М.Р.Абдраймова, **А.М.Мадиярова**, Г.С.Патрин. Синтез сложного феррита $CrLiFe_2O_5$, рентгенографическое и электронно-микроскопическое исследование. Известия национальной академии наук Кыргызской Республики. Кыргызстан. Бишкек 2023. ISSN 0002-3221. Докторанттың үлесі: эксперименттер жүргізді, алынған нәтижелерді интерпретациялады; мақаланың түпнұсқа жобасын дайындап, ресімдеді; журнал талаптарына сәйкес мақаланы толық дайындауға қатысты. Жеке авторлық үлесім – 70%.

7. Матаев М.М., Патрин Г.С., Мәдиярова А.М., Абдраймова М.Р. $CrNaFe_2O_5$ күрделі ферритін синтездеу және физика – химиялық сипаттамалары. Казахско-Узбекского Симпозиума «Современные проблемы науки о полимерах». Алматы 2024ж. Докторанттың үлесі: эксперименттер жүргізді, алынған нәтижелерді интерпретациялады; мақаланың түпнұсқа жобасын дайындап, ресімдеді; журнал талаптарына сәйкес мақаланы толық дайындауға қатысты. Жеке авторлық үлесім – 70%.

Жұмыстың ұлттық ғылыми бағдарламалармен байланысы

- Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің 2025–2027 жылдарға арналған ғылыми және (немесе) ғылыми-техникалық жобалар бойынша гранттық қаржыландыруы: «Синтез и изучение свойств многокомпонентных перовскитов для создания магниточувствительных сред с контролируемыми физико - химическими характеристиками» ИРН AP26198947;

- Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университетінің 26 сәуір 2023 жылдың №236 бұйрығына сәйкес ішкі қаржыландырылуы: «Синтез и физические основы новых композитных мультиферроиков для спинтроники»

Ғылыми жетекшісі:
«ҚазҰҚызПУ» КЕ АҚ
х.ғ.д., профессоры **М. Матаев**

PhD, қауымдасытырылған
профессор м.а. **М.Абдраймова**