

Сатар Тұрсынболат – PhD, ВНС, кафедры химических процессов и промышленной экологии, Казахский национальный исследовательский технический университет им. К. Сатпаева; e-mail: stursynbolat@gmail.com. ORCID: orcid.org/0000-0003-1735-9768.

Амантай Далбанбай – преподаватель кафедры химических процессов и промышленной экологии, Казахский национальный исследовательский технический университет им. К. Сатпаева; e-mail: a.dalbanbay@satbayev.university

Received 28.05.2024

Revised 03.07.2024

Accepted 12.08.2024

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-3\(15\)-42](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-3(15)-42)



FTAXP: 31.17.15

А.С. Дарменбаева^{1*}, Д.М. Аубакирова², А.А. Орынбекова¹, Э.А. Байбазарова¹

¹М.Х. Дулати атындағы Тараз өңірлік университеті,

080000, Қазақстан Республикасы, Тараз қ., Төле би көшесі, 60

²Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті,

070004, Қазақстан Республикасы, Өскемен қ., Серікбаев көшесі, 19

*e-mail: maral88@mail.ru

ТЕМІРҚҰРАМДАС ОКСИДТЕРДІҢ НАНОБӨЛШЕКТЕРІН АЛУ ӘДІСІ ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа: Темірқұрамдас оксидтердің нанобөлшектерінің синтезі оларды әр түрлі технологиялық процестерде қолдану мүмкіндігі бар магниттік, каталитикалық және адсорбциялық сияқты бірегей физика-химиялық қасиеттеріне байланысты медицинада, электроникада, экология салаларында қызығушылық тудырады. Осыған байланысты, бұл мақалада темірқұрамдас оксидтердің нанобөлшектерін алу және олардың физика-химиялық қасиеттерін зерттеу нәтижелері келтірілген. Металл нанобөлшектерін алуда табиғи полимерлермен тұрақтандырудың маңызы зор екені белгілі. Сол себепті, бұл зерттеуде синтездеу калий гуматымен тұрақтандыру арқылы жоғары температурада жүргізіледі. Алынған темірқұрамдас нанобөлшектердің қасиеттерін зерттеу үшін рентгенфазалық талдау, трансмиссиялы электронды микроскопия, инфрақызыл спектроскопия әдістері қолданылады. Физика-химиялық зерттеу нәтижесінде синтезделген металл нанобөлшектерінің гетерогенділігі және монодисперстілігі анықталады. Синтезделген үлгілердің бөлшектерінің орташа өлшемі 8,3 нм құрады, ал кристалдық тордың параметрі 0,8426 нм болды. ИҚ-спектроскопия әдісімен зерттеу нәтижесі үлгілердің тотығуы туралы болжамды растайды. Сонымен қатар, дайындалған үлгілердің кристалдану дәрежесінің жоғары екені анықталады. Трансмиссиялық электронды микроскопия нәтижесінде нанобөлшектердің өлшемдері бойынша айырмашылық анықталмады. Зерттеу жұмысында қолданылған әдіспен темір нанобөлшектерінің синтезі процесінде таза темір оксиді түзілмейді. Зерттеу нәтижесінде алынған темірқұрамдас оксидтер нанобөлшектерінің бірегей қасиеттері қоғамның өмір сүру сапасын жақсартуға және тұрақты дамуына бағытталған инновациялық технологиялар мен шешімдерді құру үшін перспективалы болып табылады.

Түйін сөздер. Темірқұрамдас оксид нанобөлшектері, калий гуматы, гематит, магнетит, маггемит, рентгенфазалық талдау, инфрақызыл спектроскопия.

Кіріспе

Соңғы екі онжылдықта нанотехнология зерттеудің бірнеше салаларына үлкен үлес қосты және 21 ғасырдағы революциялық технологияның шлюзі болып саналады. Соңғы уақытта бұл технология ғылымның жаңа саласына, сонымен қатар жаңа нанобөлшектер мен оларды қолданудың қуатты құралына айналды [1]. Нанотехнология ғылымы әртүрлі салаларда маңызды қолданбалы жаңа материалдарды жасау үшін атомдар мен молекулаларды басқаруды қамтиды [2]. Наноматериалдар оптикалық, электрлік, магниттік және каталитикалық қасиеттеріне байланысты көп назар аудартты. Белгілі болғандай, наноматериалдардың қасиеттері және олардың әлеуетті қолданылуы фаза, өлшем және морфология арқылы айтарлықтай әсер етеді. Осылайша, басқарылатын және жаңа

морфологиялары бар наноқұрылымды материалдарды синтездеу әдістеріне көп көңіл бөлінеді [3].

Соңғы жылдары металл оксидтерінің наноөлшемді бөлшектері, оның ішінде гематит, магнетит және маггемитті қоса алғандағы темір оксидтері бірегей электрлік, оптикалық және магниттік қасиеттерді көрсететіндіктен бейорганикалық пигменттерді өндіру, магнитті сақтау ортасы, газ датчиктерін жасау сияқты көптеген қосымшалар, сондай-ақ электронды және оптикалық құрылғылар, ақпаратты сақтау, түрлі-түсті бейнелеу, магнитокалориялық салқындату, биоөңдеу, феррофлюид технологиясы және ағынды суларды тазартуға арналған адсорбенттер өндірістерінде қызығушылығы артып келеді.

Темір оксидінің нанобөлшектері биомедициналық қолданудағы перспективалы материал болып табылады, себебі материалдың төмен цитоуыттылығы, жоғары биоүйлесімділігі және көптеген магниттік материал үміткерлерінің арасында магниттік қасиеттері де жоғары болып табылады [4-6].

Магниттік темір оксиді нанобөлшектерінің беттік ауданы үлкен, сондықтан жоғары беттік энергияға ие. Демек, олар беттік энергияларды азайту үшін біріктіруге бейім. Сонымен қатар, қапталмаған темір оксидінің нанобөлшектері жоғары химиялық белсенділікке ие және ауада (әсіресе магнетит) оңай тотығады, бұл әдетте дисперстілікке және магнетизмнің жоғалуына әкеледі [7]. Сондықтан темір оксидінің магниттік нанобөлшектерінің тұрақтылығын сақтау үшін бетті дұрыс қаптау және кейбір тиімді қорғау стратегияларын әзірлеу өте маңызды. Бұл стратегиялар органикалық молекулаларды, соның ішінде шағын органикалық молекулаларды немесе беттік белсенді заттарды, полимерлер мен биомолекулаларды немесе кремний диоксиді, металл немесе бейметалл қарапайым заттар, металл оксиді немесе металл сульфиді сияқты бейорганикалық қабатпен қаптауды немесе олармен жабуды қамтиды. Іс жүзінде, көптеген жағдайларда қорғаныш қабықтар магниттік темір оксидінің нанобөлшектерін тұрақтандырып қана қоймайды, сонымен қатар одан әрі функционалдық үшін де пайдаланылуы мүмкін [8-10].

Сонымен қатар, магниттік темір оксиді нанобөлшектерінің әр түрлі беттік функционалдық стратегияларының құрылымы мен магниттік қасиеттерін дайындаудағы әртүрлі стратегияларға және олардың сәйкес қолданбаларына, сондай-ақ бүкіл әлем бойынша магниттік темір оксиді нанобөлшектерінің функционализациясы бойынша ғылыми жетістіктердің көптігіне қарамастан, құрылымы және өлшемі алдын ала болжанған темірқұрамдас оксид нанобөлшектерін синтездеу әлі де қосымша зерттеулерді талап етеді. Осыған байланысты қазіргі уақытта жоғарыда қарастырылған қасиеттерге ие темірқұрамдас оксидтердің нанобөлшектерін алу және алынған нанобөлшектердің қасиетін зерттеу өзекті болып табылады.

Бұл зерттеудің мақсаты – синтездеудің заманауи әдістерінің негізінде темірқұрамдас оксидтердің нанобөлшектерін алу және олардың физика-химиялық қасиеттерін зерттеу болып табылады.

Зерттеу әдістері. Синтездеуге қажетті реактивтер келесідей: $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ және $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$; аммоний гидроксиді, 25 масс. % су ерітіндісі; калий гуматы (КГ). Темір оксидінің наноөлшемді үлгісін синтездеу жоғары температурада (80 °C) 1:2 молярлық қатынастағы $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (3,8 г) және $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (11,1 г) тұздарының сулы ерітіндісіне (300 мл) реакция ортасының рН 7,5-7,7 болғанша NH_4OH белгілі көлемін жылдам қосу арқылы сулы моншада жүргізілді. Температураны өлшеу үшін реакциялық қоспаға орналастырылған термометр қолданылды. Ерітіндіде қара тұнба пайда болғаннан кейін алынған коллоидты ерітінді сол температурада жарты сағат ұсталды. Ерітінді бөлме температурасына дейін салқындатылып, темір оксиді нанобөлшектері магнитпен жиналды, одан кейін бірнеше рет тазартылған сумен шайылып, 40°C температурада 4 сағат бойы вакуумда кептірілді.

Рентгенфазалық талдау (РФТ). Үлгілер жалпы мақсаттағы ДРОН-4-0,7 (Ресей) дифрактометрінде зерттелді. Дифрактограмманы жазу үшін қатты және ұнтақ түрдегі үлгілер қолданылды. Рентгендік талдау жазықаралық қашықтықтардың (d) тәжірибелік деректерін және олардың салыстырмалы қарқындылығы «Рентгендік картотекасында» (ASTM) жинақталған ұқсас эталондық деректермен салыстыру арқылы жүргізілді.

Трансмиссиялық электронды микроскопия (ТЭМ). Катализаторлардың электронды микроскопиялық сипаттамалары ЭМК-125 АК микроскопында (1990, КСРО) 32000-160000 үлкейту арқылы алынды. Үлгілер микродифракцияны қолдана отырып, бір сатылы репликалық

экстракция әдісі арқылы дайындалды. Көміртекті қабат ВУП-5 қондырғысында қондырылды, содан кейін тасымалдаушы бір тәулік бойы HF өңделеді. Зерттелетін кешен жабын пленкасына отырғызылды.

Зерттеу нәтижелері және ғылыми нәтижелерді талқылау.

Темірқұрамдас оксидтердің нанобөлшектері ғылым мен техниканың әртүрлі салаларында сұранысқа ие болатын бірегей физика-химиялық қасиеттерге ие. Синтезделген темірқұрамдас оксидтердің нанобөлшектерінің құрылымын, өлшемін және таралуын зерттеу үшін рентген-фазалық талдау (РФТ), трансмиссиялық электронды микроскопия (ТЭМ) және инфрақызыл спектроскопия әдістері қолданылды.

Ең алдымен, мұндай нанобөлшектер кристалдылық пен монофазалықтың жоғары дәрежесін көрсетеді, бұл рентгендік дифракциялық әдістермен расталады. Шағын бөлшектердің өлшеміне және жоғары меншікті бетінің ауданына байланысты олар суперпарамагнетизм сияқты ерекше магниттік қасиеттерді көрсетеді. Бұл оларды магнитті-резонансты бейнелеуге арналған контраст агенттері және дәрі-дәрмектерді мақсатты түрде жеткізуге арналған тасымалдаушылар сияқты медициналық қолданбалар үшін өте қолайлы етеді.

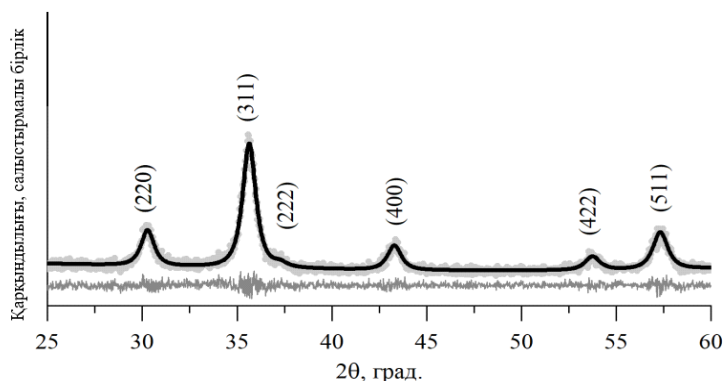
Сонымен қатар, нанобөлшектердің құрылымы мен құрамын температура мен қысым сияқты синтез жағдайларын өзгерту арқылы басқаруға болады. Мысалы, жоғары қысымда синтездеу нәтижесінде жоғары магниттелу мәндері бар фазалар пайда болады, бұл оларды биомедициналық және катализаторлық қолданбаларда пайдалану үшін маңызды. Рентгендік дифракциялық талдау сонымен қатар бөлшектердің өлшемі мен пішінін анықтауға мүмкіндік береді, бұл олардың физикалық-химиялық сипаттамаларын бағалау және одан әрі қолдану үшін өте маңызды.

Алынған үлгілердің дифракциялық профильдері Fe_3O_4 магнетит фазасының кристаллографиялық анықтамалық мәндерімен (1-сурет), атап айтқанда, 30,1, 35,4, 37,1, 43,1, 53,4 және 56,9° рефлекстер сәйкесінше (220), (311), (222), (400), (422), (511) кристаллографиялық жазықтықтарға сәйкес келеді.

Зерттелетін үлгілердің кристалдылық дәрежесінің жоғары екені байқалады, сонымен қоса басқа фазаларға сәйкес келетін шағылысулар анықталмады. Алынған үлгілердің кристалдық құрылымдарының негізгі кристаллографиялық параметрлері тұтас ұнтақ үлгісін модельдеу (WPPM) әдісінің көмегімен есептелді.

Синтезделген темірқұрамдас оксид нанобөлшектерінің кристаллографиялық параметрлері келесідей болды: РФТ әдісімен анықталған бөлшектердің орташа көлемді өлшемі 8,3 нм, ал кристалдық тордың параметрі 0,8426 нм.

1-суреттен көріп отырғанымыздай, тор параметрлерінің мәндері PDF №19-0629 кристаллографиялық картасының анықтамалық мәндеріне сәйкес келмейтіні анық байқалады. Бұл нанобөлшектердің бетінің меншікті ауданының біршама жоғары болуына байланысты оның беттік қабатында атмосфералық оттегінің ішінара тотығуымен түсіндіріледі.



Сурет 1 – Калий гуматымен тұрақтанған темірқұрамдас оксид нанобөлшектерінің дифракциялық профильдері

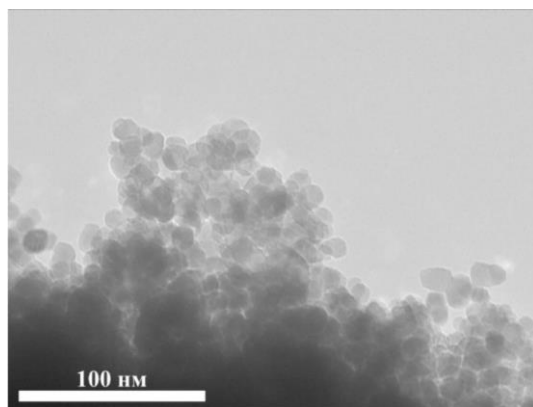
Осылайша, рентгендік фазалық талдау арқылы алынған темірқұрамдас оксидтердің нанобөлшектері тамаша магниттік және құрылымдық қасиеттеріне байланысты медицинада, экологияда және өнеркәсіпте кеңінен қолданылып, технологияларды дамытуға және өмір сүру сапасын жақсартуға жаңа мүмкіндіктер ашады.

ИҚ спектроскопиясы нанобөлшектердің құрылымындағы атомдық байланыстардың тән тербелістерін анықтайды, бұл олардың химиялық құрамы мен функционалдық топтарын анықтауға көмектеседі. Мысалы, зерттеулер магнетит (Fe_3O_4) және гематит ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$) сияқты темір оксидінің нанобөлшектері Fe-O байланысының тербелістеріне сәйкес келетін нақты спектрлік жолақтарын көрсетеді, бұл фазалық күйлерді ажыратуға және олардың құрамы мен тазалығын тазартуға мүмкіндік береді.

Үлгілердің беттік құрылымының гетерогенділігі туралы болжамды растау үшін ИҚ спектроскопия әдісі қолданылды. Зерттеліп отырған үлгіде Fe-O байланыстарына тән жолақтар темір оксидтерінің бірнеше формаларының бар екенін көрсетеді, атап айтқанда, магнетит (570 см^{-1}), маггемит ($430, 620\text{ см}^{-1}$ және 685 және 725 см^{-1} жолақтары), гематит (480 және 540 см^{-1} жолақтары). Осылайша, ИҚ-спектроскопия нәтижелері үлгінің беттік құрылымының ішінара тотығуы туралы болжамды растайды.

Дегенмен, синтездеу процесінде жоғары температураны пайдалану материалдың морфологиясына үлкен әсер етеді. Осылайша, 2-суретте ТЭМ микрофотографиялары және сәйкесінше рентгендік фазалық талдау (WPPM әдісі) нәтижелері бойынша синтезделген нанобөлшектердің өлшемдерінің таралуы көрсетілген.

Трансмиссиялық электронды микроскопия атомдық деңгейге дейін жоғары ажыратымдылықтағы нанобөлшектердің құрылымы мен морфологиясын зерттеуге мүмкіндік береді. Бұл нанобөлшектердің ішкі құрылымының егжей-тегжейлерін, сондай-ақ олардың түзілу және түрлену процестерін ашуға мүмкіндік береді.



Сурет 2 – Синтезделген Fe_3O_4 -терм-КГ үлгілерінің нанобөлшектерінің ТЭМ микрофотографиясы

Жоғары температурада алынған үлгі монодисперсті болып табылады, ал нанобөлшектердің мөлшері $9,3$ -тен $8,7\text{ нм}$ -ге дейін ығысады. Нанобөлшектердің өлшемдерінің таралуы арасында айтарлықтай айырмашылықтың жоқтығына назар аударуға болады. Бұл құбылыс дифракциялық заңдылыққа ықпал етпейтін кристалдық бөлшектердің бетінде аморфты компоненттің болуымен түсіндіріледі.

Зерттеулер көрсеткендей, магнетит (Fe_3O_4) және гематит ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$) сияқты темір нанобөлшектері әртүрлі фазалар мен ақауларды қамтитын күрделі ішкі құрылымдарға ие. ТЭМ темір нанобөлшектерінің бетінде оксид қабықтарының түзілуін және өсуін байқауға мүмкіндік береді, бұл олардың тотығу тұрақтылығы мен функционалдық қасиеттерін түсіну үшін маңызды. Мысалы, қалыңдығы бірнеше нанометрлік оксидті қабықшалар нанобөлшектердің магниттік және каталитикалық қасиеттеріне айтарлықтай әсер етуі мүмкін.

ТЭМ нанобөлшектердің тотығу және түрлену процестерін зерттеу үшін де пайдаланылуы мүмкін. Зерттеулер көрсеткендей, темір нанобөлшектерінің тотығуы асимметриялы түрде, өзегі мен оксид қабықшасы арасында бос орындар пайда болуы мүмкін, бұл нанобөлшектердің магниттік қасиеттерінің өзгеруіне әкеледі.

Қорытынды. Осылайша, бұл мақалада калий гуматымен тұрақтандырылған темірқұрамдас оксидтердің нанобөлшектері синтезделді, алынған нанобөлшектердің физика-химиялық қасиеттері ИҚ-спектроскопия, рентгенфазалық талдау және электронды микроскопия сияқты заманауи әдістердің көмегімен зерттелді. Зерттеу барысында қолданылған әдіс негізінде темірқұрамдас оксидтердің нанобөлшектерінің синтезі процесінде

таза темір оксиді түзілмейді деп қорытындылауға болады. Синтезделген темірқұрамдас оксид нанобөлшектерін катализатор ретінде, сонымен қатар дәрілік заттарды мақсатты жеткізу үшін медицинада пайдалану мүмкіндіктерінің бар екенін атап өтуге болады.

Әдебиеттер тізімі

1. Nattah A.M. An Overview of Iron Oxide Nanoparticles: Characterisation, Synthesis, and Potential Applications / A.M. Nattah, A. Hashim // Nanosistemi, Nanomateriali, Nanotehnologii. – 2022. – Vol. 20, № 1. – P. 56-58.
2. Recent progress in the synthesis of inorganic nanoparticles / C.N.R. Rao et al. // Dalton Transactions. – 2012. – Vol. 41, № 17. – P. 5089-5120.
3. Size-Controlled Synthesis of Superparamagnetic Iron Oxide Nanoparticles and Their Surface Coating by Gold for Biomedical Applications / H. Maleki et al // Journal of Magnetism and Magnetic Materials. – 2012. – Vol. 324, № 23. – P. 3997-4005.
4. Superparamagnetic iron oxide nanoparticles-Current and prospective medical applications / J. Dulińska-Litewka et al. // Materials. – 2019. – Vol. 12, № 4. – C. 617.
5. The Preparation of Magnetic Nanoparticles for Applications in Biomedicine / P. Tartaj et al // Journal of Physics D: applied physics. – 2003. – Vol. 36. – P. 49-51.
6. A review on synthesis, characterization and potential biological applications of superparamagnetic iron oxide nanoparticles / A.V. Samrot et al // Current Research in Green and Sustainable Chemistry. – 2021. – Т. 4. – C. 100042.
7. Magnetic iron oxide nanoparticle (IONP) synthesis to applications: present and future / N. Ajinkya et al // Materials. – 2020. – Vol. 13, № 20. – P. 4644.
8. Surface modification of magnetic iron oxide nanoparticles / N. Zhu et al // Nanomaterials. – 2018. – Vol. 8, № 10. – C. 810.
9. Comparative characterization of aqueous suspensions of magnetic iron oxide nanoparticles with different phase compositions / A.S. Kovalenko et al // Colloid Journal. – 2023. – Vol. 85, № 3. – P. 389-397.
10. Sangaiya P. A review on iron oxide nanoparticles and their biomedical applications / P. Sangaiya, R. Jayaprakash // Journal of Superconductivity and Novel Magnetism. – 2018. – Vol. 31. – P. 3397-3413.

А.С. Дарменбаева^{1*}, Д.М. Аубакирова², А.А. Орынбекова¹, Э.А. Байбазарова¹

¹Таразский региональный университет имени М.Х. Дулати,
080000, Республика Казахстан, г. Тараз, ул. Толе би, 60

²Восточно-Казахстанский технический университет имени Д. Серикбаева, 070004, Республика
Казахстан, г. Усть-Каменогорск, улица Серикбаева, 19

*e-mail: maral88@mail.ru

МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ НАНОЧАСТИЦ ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ ОКСИДОВ И ИЗУЧЕНИЯ ИХ СВОЙСТВ

Синтез наночастиц железосодержащих оксидов представляет интерес в медицине, электронике и экологии благодаря их уникальным физическим и химическим свойствам, таким как магнитные, каталитические и адсорбционные свойства, которые позволяют использовать их в различных технологических процессах. В связи с этим в данной статье представлены результаты получения наночастиц железосодержащих оксидов и исследования их физических и химических свойств. Известно, что стабилизация природными полимерами имеет большое значение при получении наночастиц металлов. Поэтому в данной работе синтез проводится при высокой температуре путем стабилизации гуматом калия. Для изучения свойств полученных железосодержащих наночастиц использованы методы рентгенофазового анализа, просвечивающей электронной микроскопии и инфракрасной спектроскопии. В результате физико-химических исследований установлена гетерогенность и монодисперсность синтезированных наночастиц металлов. Средний размер частиц синтезированных образцов составил 8,3 нм, параметр кристаллической решетки 0,8426 нм. Результат исследования методом ИК-спектроскопии подтверждает предположение об окислении образцов. Кроме того, установлено, что приготовленные образцы имеют высокую степень кристаллизации. В результате просвечивающей электронной микроскопии различий в размерах наночастиц не обнаружено. Чистый

оксид железа в процессе синтеза наночастиц железа методом, использованным в исследовательской работе, не образуется. Полученные в результате исследований уникальные свойства наночастиц железосодержащих оксидов перспективны для создания инновационных технологий и решений, направленных на улучшение качества жизни и устойчивое развитие общества.

Ключевые слова: Наночастицы железосодержащих оксидов, гумат калия, гематит, магнетит, маггемит, рентгенофазовый анализ, инфракрасная спектроскопия.

A.S. Darmenbayeva^{1*}, D.M. Aubakirova², A.A. Orynbekova¹, E.A. Baybazarova¹

¹ M.Kh. Dulaty Taraz Regional University,
080000, Republic of Kazakhstan, Taraz, Tole bi st., 60

² D. Serikbayev East Kazakhstan Technical University,
070004, Republic of Kazakhstan, Ust-Kamenogorsk, Serikbaev st., 19

*e-mail: maral88@mail.ru

METHOD FOR OBTAINING NANOPARTICLES OF IRON-CONTAINING OXIDES AND STUDYING THEIR PROPERTIES

The synthesis of iron-containing oxide nanoparticles is of interest in medicine, electronics and ecology due to their unique physical and chemical properties, such as magnetic, catalytic and adsorption properties, which allow their use in various technological processes. In this regard, this article presents the results of obtaining nanoparticles of iron-containing oxides and studying their physical and chemical properties. It is known that stabilization with natural polymers is of great importance in the production of metal nanoparticles. Therefore, in this work, the synthesis is carried out at high temperature by stabilization with potassium humate. To study the properties of the resulting iron-containing nanoparticles, methods of X-ray phase analysis, transmission electron microscopy and infrared spectroscopy were used. As a result of physicochemical studies, the heterogeneity and monodispersity of the synthesized metal nanoparticles was established. The average particle size of the synthesized samples was 8.3 nm, the crystal lattice parameter was 0.8426 nm. The result of the study using IR spectroscopy confirms the assumption of oxidation of the samples. In addition, it was found that the prepared samples have a high degree of crystallization. Transmission electron microscopy revealed no differences in the sizes of nanoparticles. Pure iron oxide is not formed during the synthesis of iron nanoparticles using the method used in the research work. The unique properties of iron-containing oxide nanoparticles obtained as a result of research are promising for the creation of innovative technologies and solutions aimed at improving the quality of life and sustainable development of society.

Key words: Nanoparticles of iron-containing oxides, potassium humate, hematite, magnetite, maghemite, X-ray phase analysis, infrared spectroscopy.

Авторлар туралы мәліметтер

Ақмарал Сабетбекқызы Дарменбаева* – PhD, М.Х. Дулати атындағы Тараз өңірлік университеті, «Химия және химиялық технология» кафедрасының қауымдастырылған профессоры, Қазақстан Республикасы, e-mail: maral88@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2974-0398>.

Данагуль Машановна Аубакирова – PhD, Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университетінің ғылыми қызметкері, Қазақстан Республикасы, e-mail: d_8406@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9818-9854>.

Ақмарал Абаевна Орынбекова – М.Х. Дулати атындағы Тараз өңірлік университеті, «Химия және химиялық технология» кафедрасының магистранты, Қазақстан Республикасы; e-mail: maralzhanno@gmail.com

Эльвира Адильбековна Байбазарова – М.Х. Дулати атындағы Тараз өңірлік университеті, «Химия және химиялық технология» кафедрасының аға оқытушысы, Қазақстан Республикасы, e-mail: evisko_87_87@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7059-9093>.

Сведения об авторах

Ақмарал Сабетбекқызы Дарменбаева* – PhD, ассоциированный профессор кафедры «Химия и химическая технология» Таразского регионального университета им. М.Х. Дулати, Республика Казахстан, e-mail: maral88@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2974-0398>.

Данагуль Машановна Аубакирова – PhD, научный сотрудник Восточно-Казахстанского технического университета им. Д. Серикбаева, Республика Казахстан, e-mail: d_8406@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9818-9854>.

Ақмарал Абаевна Орынбекова – магистрант кафедры «Химия и химическая технология» Таразского регионального университета им. М.Х. Дулати, Республика Казахстан. e-mail: maralzhanno@gmail.com

Эльвира Адильбековна Байбазарова – старший преподаватель кафедры «Химия и химическая технология» Таразского регионального университета им. М.Х. Дулати, Республика Казахстан, e-mail: evisko_87_87@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7059-9093>.

Information about the authors

Akmaral Darmenbayeva* – PhD, Associate Professor of the Department of Chemistry and Chemical Technology, M.Kh. Dulaty Taraz Regional University, Republic of Kazakhstan, e-mail: maral88@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2974-0398>.

Danagul Aubakirova – PhD, researcher at D. Serikbayev East Kazakhstan Technical University, Republic of Kazakhstan, e-mail: d_8406@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9818-9854>.

Akmaral Orynbekova – master's student of the department of «Chemistry and Chemical Technology» of M.Kh. Dulaty Taraz Regional University, Republic of Kazakhstan. e-mail: maralzhanbo@gmail.com

Elvira Baybazarova – senior lecturer at the Department of Chemistry and Chemical Technology, M.Kh. Dulaty Taraz Regional University, Republic of Kazakhstan, e-mail: evisko_87_87@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7059-9093>.

Редакцияға енуі 28.06.2024

Өңдеуден кейін түсуі 28.08.2024

Жариялауға қабылданды 29.08.2024

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-3\(15\)-43](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-3(15)-43)



MPHTI: 61.53.91

Е.И. Иманбаев^{1*}, Е. Тилеуберди¹, Д. Мукталы¹, А.Н. Боранбаева², Б. Серкебаева³

¹Институт проблем горения, Алматы,

050012, Республика Казахстан, г. Алматы, ул. Богенбай батыра, 172

²Университет Есенова,

130000, Республика Казахстан, г. Актау, микр-н 32

³Филиал ТОО «КМГ Инжиниринг» «КазНИПИМунайгаз»,

R00P0D6, Республика Казахстан, Мангистауская область, г. Актау, 35 мкр, участок 6/1

*e-mail: erzhan.imanbayev@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ МОДИФИКАЦИИ БИТУМОВ НЕФТЕШЛАМАМИ

Аннотация: В настоящее время в мире ученые рассматривают возможность использования нефтешламов в качестве вторичного сырья для различных целей. Известно, что применяемые в стране методы переработки некоторых нефтеотходов экономически неэффективны. Применение нефтешламов как вторичного сырья представляется одним из основных направлений в использовании их при модификации битумов и имеет большое практическое значение. В научно-исследовательской работе изучался состав и свойства нефтяных шламов Мангистауской области и возможность их потенциального использования для получения модифицированных битумов. Из проведенного лабораторного исследования установлено, что можно применять нефтешламы в качестве наполнителя при модификации битумов в сочетании со специальными модификаторами. В полученных образцах выявлено улучшение качества полученной смеси. Такой подход решает экологические проблемы по утилизации нефтеотходов. Результаты исследования подтверждают, что выбранные нефтешламы по своим физико-химическим характеристикам пригодны для использования в модифицировании дорожностроительных материалов. Представленная принципиальная технологическая схема модификации битумов нефтешламами позволяет нивелировать проблему утилизации нефтяных отходов с получением полимерно-битумного вяжущего и позволяет включить заключенный в нефтешламах ресурсный потенциал в технологический процесс.

Ключевые слова: нефтешламы, нефтяной битум, модификация, физико-химические характеристики, модификаторы.

Введение

Вместе с увеличением объема промышленного производства растёт количество промышленных отходов. Проблема ликвидации отходов, накопленных в результате деятельности предприятий нефтегазового комплекса, стоит достаточно остро, что в первую очередь связано с существенным ростом объемов добычи нефти и газа. Экологические