

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті»

коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Ө.А. Байқоңыров атындағы Тау-кен-металлургия институты

Химиялық процестер және өнеркәсіптік экология кафедрасы

Ғалымова Нұрсәуле Тайманқызы

«Өндіріс қалдықтарынан темір тотығы негізіндегі пигменттік материалдар алу»

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Білім беру бағдарлама: 6B07116— «Негізгі өндірістер технологиясы және жаңа материалдар»

Алматы 2025

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И.Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамы

О. А. Байқоңыров атындағы тау-кен металлургия институты

«Химиялық процестер және өнеркәсіптік экология» кафедрасы

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
НАО «КазНТУ им.К.И.Сатпаева»
Горно-металлургический институт
им. О.А. Байқоңырова

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

«Химиялық процестер және өнеркәсіптік экология» кафедра меңгерушісі

Т.ғ.к., доцент

Кубекова Ш.Н.
«13» 06 2025 ж.

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

«Өндіріс қалдықтарынан темір тотығы негізіндегі пигменттік материалдар алу» тақырыбында

6B07116 — «Негізгі өндіріс технологиясы және жаңа материалдар»

Орындаған

Ғалымова.Н.Т.

Рецензент

Ғылыми жетекші

« Ә.Б. Бектұров атындағы
ХФИ» АҚ
ж.ғ.к., т.ғ.к.,
қауымдастырылған
профессор

Кайынбаева Р.А.
Кайынбаева Р.А.

Т.ғ.м., аға-оқытушы

Далбанбай А.
Далбанбай А.

«09» 06 2025 ж.

«13» 06 2025 ж.

Алматы 2025

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті»

коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Ө.А. Байқоңыров атындағы Тау-кен-металлургия институты

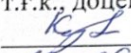
Химиялық процестер және өнеркәсіптік экология кафедрасы

6B07116– «Негізгі өндірістер технологиясы және жаңа материалдар»

БЕКІТЕМІН

«Химиялық процестер және
өнеркәсіптік экология»
кафедра меңгерушісі

Т.Ғ.К., доцент

 Кубекова Ш.Н.
«13» 06 2025 ж.

**Дипломдық жұмысты орындауға
ТАПСЫРМА**

Білім алушы: Ғалымова Нұрсәуле Тайманқызы

Тақырыбы: Өндіріс қалдықтарынан темір тотығы негізіндегі пигменттік материалдар алу
Университет Академиялық мәселелер жөніндегі проректорының 2025 жылғы 29
қаңтардағы № «26-П/Ө» бұйрығымен бекітілген

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі: 13.06.2025 жыл.

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері:

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі

а) ЖЭО күлінің бастапқы морфологиялық және химиялық құрамын анықтау (XRF, XRD, ИК-спектроскопия, микроскопия әдістері арқылы);

б) Күлді көбікті флотация және магниттік байыту әдістерімен алдын ала өңдеу
арқылы темірге бай фракцияларды бөлу;

с) Темір тотығын күл бетіне отырғызу арқылы core/shell типті пигменттерді
синтездеу;

д) Синтезге әсер ететін негізгі факторларды (беттік-активті заттың түрі мен
концентрациясы, күйдіру температурасы) анықтау және оңтайлы шарттарды таңдау;

е) Алынған пигменттердің морфологиясын, құрылымын және термиялық
қасиеттерін кешенді зерттеу (оптикалық микроскопия, SEM, XRD, TGA/DSC);

ф) Core/shell пигменттердің түсіне әсер ететін параметрлерді визуалды және
аналитикалық тұрғыда бағалау;

г) Алынған пигменттердің практикалық қолдану мүмкіндігін (лакпен араластыру,
бетке жағу) бағалау және өнім сапасын сипаттау;

h) Зерттелген жүйенің әрі қарай жетілдіру жолдарын және болашақ зерттеу
бағыттарын ұсыну.

Ұсынылатын негізгі әдебиет

[1] Mohapatra M., Anand S. Synthesis and applications of nano-structured iron
oxides/hydroxides – a review // International Journal of Engineering, Science and Technology, –
2010. – Vol. 2, № 8.

[2] Streltsova T. P., Lesovik V. S., Frolova M. A., Perkova M. V., Belikov D. A. Natural iron oxide pigments for the construction industry // World Applied Sciences Journal. – 2013. – Vol. 25, № 2. – P. 193–201.

[3] Fiuza T. E. R., Borges J. F. M., da Cunha J. B. M., Antunes S. R. M., de Andrade A. V. C., Antunes A. C., de Souza É. C. F. Iron-based inorganic pigments from residue: preparation and application in ceramic, polymer, and paint // Dyes and Pigments. – 2018. – Vol. 148. – P. 319–328.

[4] Khanna R., Konyukhov Y. V., Burmistrov I., Cayumil R., Belov V. A., Rogachev S. O. et al. An innovative route for valorising iron- and aluminium-oxide-rich industrial wastes: recovery of multiple metals // Journal of Environmental Management. – 2021. – Vol. 295. – Art. 113035.

[5] Xu M., Pan G., Shen Q., Guo Y., Zhou M., Liang Q. The color rendering and near-infrared reflection properties of coated iron oxide green pigments // Applied Surface Science. – 2023. – Vol. 641. – Art. 158525.

Дипломдық жұмысты дайындау

КЕСТЕСІ

Бөлім атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге ұсыну мерзімі	Ескерту
Әдебиеттерді шолу және зерттеу мақсатын қалыптастыру	24.04.2025	орындауға Д.А. Далбанбай
Эксперимент жүргізу және мәліметтер жинау	11.04.2025	орындауға Д.А. Далбанбай
Қорытындылау, талдау және рәсімдеу	02.06.2025	орындауға Д.А. Далбанбай

Дипломдық жоба бөлімдерінің кеңесшілері мен
норма бақылаушысының аяқталған жобаға қойған
қолтаңбалары

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер аты, әкесінің аты, тегі (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолтаңба
Нормалық бақылаушы	Далбанбай А., аға оқытушы, техника ғылымдарының магистрі	13.06.2025	Д.А. Далбанбай

Ғылыми жетекші Д.А. Далбанбай А. Далбанбай

Тапсырманы орындауға алған білім алушы Н.Т. Ғалымова Н.Т. Ғалымова

Күні «13» 06 2025ж.

АНДАТПА

Бұл дипломдық жұмыста Алматы ЖЭО-2 күлін қайта өңдеу арқылы темір тотығына негізделген core/shell типті пигменттер алу әдісі ұсынылды. Жұмыстың мақсаты – күлді алдын ала байыту (флотация және магниттік сепарация) арқылы темірге бай фракцияларды бөліп, олардың бетіне Fe_2O_3 қабатын отырғызу арқылы төмен шығынды пигменттер алу. Синтезге әсер ететін факторлар (БАЗ концентрациясы, күйдіру температурасы) зерттеліп, оңтайлы шарттар анықталды. Алынған пигменттердің морфологиясы, құрылымы және термиялық тұрақтылығы микроскопиялық, спектроскопиялық және термоаналитикалық әдістермен бағаланды. Пигменттің практикалық қолдану мүмкіндігі мөлдір лакпен араластырып, тырнақ бояуы ретінде тексерілді. Жұмыс нәтижелері техногенді қалдықтарды экологиялық қауіпсіз бояғыштарға айналдыруға негіз береді.

АННОТАЦИЯ

В данной выпускной квалификационной работе предложен способ получения пигментов типа Core/Shell на основе оксида железа с использованием золы Алматинский ТЭЦ-2 в качестве ядра. Целью исследования является получение малозатратных пигментов путём предварительного обогащения золы и осаждения слоя Fe_2O_3 на её поверхности. Изучено влияние различных факторов (концентрации ПАВ, температуры прокаливания) на свойства синтезированного материала. Полученные пигменты охарактеризованы методами микроскопии, ИК-спектроскопии и термоанализа. Практическая применимость пигмента подтверждена в составе прозрачного лака для ногтей. Работа демонстрирует перспективность переработки золы в экологически безопасные декоративные материалы.

ANNOTATION

This bachelor thesis proposes a method for obtaining core/shell-type pigments based on iron oxide using fly ash from Almaty CHP-2 as the core material. The aim is to develop low-cost pigments by enriching the ash and depositing a Fe_2O_3 shell layer. The influence of surfactant concentration and calcination temperature was studied to determine optimal synthesis conditions. The resulting pigments were characterized by microscopy, IR spectroscopy, and thermal analysis. The pigment's applicability was demonstrated by mixing with clear nail polish for decorative use. The results highlight the potential of converting industrial waste into eco-friendly pigment materials.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	3
1 Әдеби шолу	5
1.1 Өндіріс қалдықтарынан темір тотығы негізіндегі пигменттік материалдарды алудың жалпы мәліметтері	5
1.2 Темір тотығы негізіндегі пигменттік материалдар	5
1.2.1 Пигменттік материалдардың түрлері және сипаттамасы	5
1.2.2 Қолдану салалары	6
1.3 Өндіріс қалдықтары және олардың сипаттамасы	6
1.3.1 Металл өңдеу қалдықтарынан темір тотығы алу	6
1.3.2. Көмір күлі және өнеркәсіптік қалдықтарды пайдалану	7
1.4 Темір тотығы пигменттерін алу әдістері	8
1.4.1 Химиялық әдістер	8
1.4.2 Наноөлшемді пигменттер синтездеу	8
1.4.3 Пигменттерді алу және модификациялау стратегиялары	9
1.5 Экологиялық және экономикалық аспектілер	9
1.6 Қазіргі зерттеулер мен болашақ перспективалар	10
2 Эксперименттік бөлім	12
2.1 Қолданылған материалдар	12
2.2 Шикізаттарды және дайын пигментті зерттеу әдістері	12
2.3 Темір тотығы негізіндегі пигментті материал алудың технологиялық басқыштары	14
3 Зерттеу нәтижелері мен оның талқылануы	18
3.1 Күлдің бастапқы құрамын сипаттау	18
3.2 Темір негізіндегі Core/Shell құрлымды пигменттердің түзілуіне органикалық қоспалардың әсері	21
3.3 Темір негізіндегі Core/Shell құрлымды пигменттердің түзілуіне күйдіру температурасының әсері	24
3.4 Алынған пигменттің физика-химиялық қасиеттерін зерттеу	25
Қорытынды	31
Пайдаланылған әдебиеттер	32

КІРІСПЕ

Бүгінгі таңда өнеркәсіптік қалдықтарды, оның ішінде жылу электр станцияларының (ЖЭО) күлін қайта өңдеу – ғылым мен технологияның өзекті бағыттарының бірі болып отыр. ЖЭО күлінің құрамында кремний, алюминий, темір тотығы сияқты бейорганикалық қосылыстардың айтарлықтай мөлшерде болуы бұл қалдықтарды қайталама шикізат көзі ретінде пайдалануға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, күлдің жиналуы экологиялық мәселе тудырып, қоршаған ортаға теріс әсер етуде. Осы себепті қалдықтарды кәдеге жаратып, олардан қосылған құны жоғары өнім алу – қазіргі заманның маңызды ғылыми-техникалық міндеті.

Темір тотығына негізделген пигменттер құрылыс, жол құрылысы, бояу-жабын, керамика, пластмасса өндірісі мен косметика салаларында кеңінен қолданылады. Олар жоғары химиялық және термиялық тұрақтылығы, ультракүлгін сәулеге төзімділігі және экологиялық қауіпсіздігімен ерекшеленеді. Алайда пигменттерді синтездеу көп жағдайда қымбат реагенттер мен күрделі технологияларды қажет етеді. Сондықтан, қалдық шикізаттар негізінде пигменттік материалдар алу – өндіріс шығындарын азайтуға және табиғи ресурстарды үнемдеуге бағытталған тиімді жол болып табылады.

Осы дипломдық жұмыстың өзектілігі – ЖЭО күлін бастапқы шикізат ретінде қолданып, темір тотығына негізделген Core/Shell құрылымды пигменттерді алу және оларды кешенді сипаттау арқылы техногенді қалдықтарды кәдеге жаратуға үлес қосу. Бұл тәсіл күл бөлшектерін өзек (Core) ретінде, ал темір тотығын қабықша (Shell) ретінде пайдалану арқылы пигмент өндірудің жаңа әрі үнемді жолын ұсынады.

Жұмыстың мақсаты – ЖЭО күлінен темір тотығы негізіндегі Core/Shell құрылымды пигменттерді синтездеп, олардың физика-химиялық қасиеттерін және қолдану әлеуетін зерттеу.

Зерттеу міндеттері:

- ЖЭО күлінің құрамын және морфологиясын зерттеу;
- Күлді көбікті флотация және магниттік сепарация әдістерімен байыту;
- Темір тотығын күл бетіне қаптау арқылы Core/Shell құрылымды пигменттер алу;
- Синтезге органикалық қоспалардың және күйдіру температурасының әсерін анықтау;
- Алынған пигменттердің морфологиясы мен құрылымын оптикалық микроскопия, SEM, XRD, FTIR, TGA/DSC әдістерімен зерттеу;
- Пигменттің бояу материалдарындағы қолдану мүмкіндігін бағалау.

Зерттеудің ғылыми жаңалығы – өнеркәсіптік күлді темір тотығының беткі қабатымен қаптау арқылы Core/Shell құрылымды пигменттер алу әдісі және синтездің түске, морфологияға және термиялық тұрақтылыққа әсерін сипаттау. Алынған пигменттер бастапқы материал негізінде синтезделіп, реагент шығынын азайта отырып, мақсатты қасиеттерге ие өнім алуға мүмкіндік береді.

Жұмыстың теориялық және әдіснамалық негізі ретінде физика-химиялық анализ әдістері: энергия-дисперсиялық рентгенфлуоресценция (EDXRF), рентгендік фазалық талдау (XRD), инфрақызыл спектроскопия (FTIR), термогравиметриялық және дифференциалды сканирлеуші калориметрия (TGA/DSC), оптикалық және электронды микроскопия қолданылды. Сонымен қатар, зета-потенциалды өлшеу арқылы бөлшектердің беткі заряды зерттелді.

Жұмыстың тәжірибелік базасы Satbayev University жанындағы Химиялық процестер және өнеркәсіптік экология кафедрасында орналасқан ғылыми-зертханалық кешенде жүзеге асырылды.

Практикалық маңыздылығы – алынған нәтижелер күлді кәдеге жарату, пигмент өндірісін арзандату, экологиялық жағдайды жақсарту және пигменттерді әртүрлі салада (мысалы, бояу, құрылыс, косметика) қолдануға арналған материалдар жасау тұрғысынан маңызды. Сонымен қатар, пигменттің тырнаққа арналған лакпен араласып, тәжірибелік сынақтан сәтті өтуі оны сәндік өнімдерде қолдану мүмкіндігін көрсетеді.

1 Әдеби шолу

1.1 Өндіріс қалдықтарынан темір тотығы негізіндегі пигменттік материалдарды алудың жалпы мәліметтері

Темір тотығы (Fe_2O_3 , Fe_3O_4) негізіндегі пигменттер құрылыс саласында, керамика өндірісінде сондай ақ, бояу, полимер сияқты материалдарды өңдеуде кеңінен қолданылады [1-3]. Табиғи және жасанды темір тотығы пигменттері қоршаған орта әсеріне төзімділігі, түсті тұрақтылығы жақсы, экологиялық тазалығымен ерекшеленеді. Өндіріс қалдықтарын қайта өңдеу арқылы алынған пигменттік материалдар ресурстарды ұтымды пайдалануға және экологиялық әсерді азайтуға ықпал етеді [4-5].

Өндірістік қалдықтарды пайдалану бүгінгі таңда маңызды экологиялық және экономикалық мәселе болып табылады. Көмір жағу, металлургия және химиялық өндіріс қалдықтары көбінесе қайта өңделмей, қоршаған ортаға зиянын тигізеді. Сол себепті қалдықтарды қайта өңдеу және оларды пайдалы өнімдерге айналдыру тұрақты дамудың негізгі бағыттарының бірі болып есептеледі. Өндіріс қалдықтарынан темір тотығы негізіндегі пигменттік материалдар өндіру – экологиялық жағынан тиімді әрі экономикалық тұрғыдан үнемді тәсілдердің бірі [6].

Құрылыс саласында темір тотығы негізіндегі пигменттер бетон, кірпіш, асфальт қоспаларына қосылып, олардың түсін жақсартып, және коррозияға төзімділігін арттыру үшін пайдаланылады. Жол құрылысы саласында бұл пигменттер жол жабындарының беріктігін арттырып, ультракүлгін сәулеге төзімділігін жақсарту үшін қолданылады. Сонымен қатар, олар бояу және жабын материалдары саласында, пластик пен полимерлік бұйымдарды бояуда да кеңінен пайдаланылады [7].

Күл мен металлургиялық қалдықтарды осы мақсатта пайдалану соңғы жылдары ғылыми зерттеулердің басты бағытына айналды. Қазіргі кезде әлемдік зерттеушілер темір тотығын алу және оны түрлі салаларда өндіру жолдарын зерттеуде. Наноөлшемді темір тотығы пигменттерін алу, оның синтезін жетілдіру және экологиялық таза әдістерді дамыту бағытында зерттеулер қарқынды жүргізілуде. Бұл бағыттағы зерттеулер қалдықтарды өңдеу тиімділігін арттырып қана қоймай, жаңа материалдардың қасиеттерін жетілдіруге ықпал етеді [8].

1.2 Темір тотығы негізіндегі пигменттік материалдар

1.2.1 Пигменттік материалдардың түрлері және сипаттамасы

Темір тотығы пигменттері негізінен Fe_2O_3 (гематит), Fe_3O_4 (магнетит), $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ (маггемит) түрлерінде кездеседі. Олардың түсі қызыл, қоңыр, қара және сары болып өзгереді. Бұл пигменттер жоғары химиялық тұрақтылығымен және

ультракүлгін сәулеге төзімділігімен сипатталады [9].

1.2.2 Қолдану салалары

Темір тотығы негізіндегі пигменттер әртүрлі өнеркәсіп салаларында маңызды рөл атқарады. Олардың қолданылуы материалдардың эстетикалық және техникалық сипаттамаларын жақсартуға бағытталған.

- Құрылыс саласы: Темір тотығы пигменттері бетон, кірпіш, цемент, керамика және асфальт өндірісінде бояғыш материал ретінде пайдаланылады. Олар құрылыс материалдарының түсін ұзақ уақыт сақтауға мүмкіндік беріп, ультракүлгін сәулеге төзімділігін күшейтеді.

- Жол құрылысы: Темір тотығы пигменттері асфальтқа араластырылып, жол төсемдерінің беріктігін және коррозияға төзімділігін жақсартады. Бұл әдетте ыстық климат жағдайында жол жабынының ұзақ мерзімділігін қамтамасыз ету үшін маңызды.

- Бояу және жабындар: Fe_2O_3 негізіндегі коррозияға төзімді бояулар металл құрылымдарын қорғай отырып, олардың қызмет ету мерзімін ұзартады. Олар автомобиль жабындарында, тұрмыстық және өндірістік жабдықтарда кеңінен қолданылады.

- Полимер және пластик өндірісі: Темір тотығы пигменттері пластмасса және резеңке өнімдерінің түс тұрақтылығын қамтамасыз етеді, сонымен қатар олардың механикалық төзімділігін арттырады.

- Қорғаныс жабындары: Темір тотығы негізіндегі материалдар қорғаныс жабындары ретінде радиациядан қорғау, электр өткізгіштігі және жылу тұрақтылығын жақсарту мақсатында қолданылады.

- Темір тотығы негізіндегі материалдар қорғаныс жабындары ретінде радиациядан қорғау, электр өткізгіштігі және жылу тұрақтылығын жақсарту үшін қолданылады. Оларды өнеркәсіптік қалдықтардан өндіру шикізат қорын үнемді пайдалануға және қалдықтарды қайта кәдеге жарату арқылы қоршаған ортаға зиянын азайтуға мүмкіндік береді [10-13].

1.3 Өндіріс қалдықтары және олардың сипаттамасы

Темір тотығы пигменттерін алудың негізгі көзі ретінде металлургиялық қалдықтар, болат өндірісінің жанама өнімдері (мысалы, **окалина**), көмір күлі, химиялық өнеркәсіп қалдықтары пайдаланылады [14-15].

1.3.1 Металл өңдеу қалдықтарынан темір тотығы алу

Металл өңдеу өнеркәсібінде болат өндіру және қайта өңдеу кезінде айтарлықтай мөлшерде темір тотығына бай қалдықтар түзіледі. Бұл қалдықтар,

негізінен, металл бетінде қалыптасқан тотығу өнімдері болып табылады және оларды өңдеу арқылы жоғары сапалы темір тотығы пигменттерін аламыз.

Металл өңдеу қалдықтарынан темір тотығын алу бірнеше кезеңнен тұрады. Бірінші кезеңде қалдықтарды механикалық әдіспен тазарту арқылы ірі қоспалардан бөледі. Кейін оларды термиялық өңдеу арқылы темір оксидтеріне айналдырады. Пирометаллургиялық процестерде жоғары температуралы күйдіру әдісі қолданылады, ал гидрометаллургиялық әдістер қышқылдар мен сілтілерді қолдану арқылы темір тотығын бөліп алуды қамтамасыз етеді.

Металл өңдеу қалдықтарынан алынған темір тотығы жоғары химиялық беріктікпен пен түстің тұрақтылығына ие болғандықтан, оны құрылыс, бояу, пластик өндірісінде кеңінен қолданылады. Бұл әдіс өнеркәсіптік қалдықтарды тиімді пайдаланып, қоршаған ортаға зиянды әсерді азайтуға мүмкіндік береді.

Металлургия өнеркәсібінде болат өндірісі кезінде пайда болатын металл өңдеу қалдықтары (окалина) жоғары темір тотығы құрамына ие және пигмент өндіруге қолайлы шикізат болып табылады [16-20].

1.3.2. Көмір күлі және өнеркәсіптік қалдықтарды пайдалану

Көмір жағу процесінде түзілетін күл – құрамында темір тотығы бар маңызды өнеркәсіптік қалдықтардың бірі. Бұл қалдықтар, әсіресе жылу электр станцияларында кеңінен түзіледі және экологиялық тұрғыдан дұрыс өңделмесе, қоршаған ортаға айтарлықтай зиян келтіруі мүмкін.

Көмір күлі негізінен алюминий, кальций, магний және темір қосылыстарынан тұрады. Темір тотығының жоғары концентрациясына байланысты көмір күлін қайта өңдеу арқылы сапалы пигменттік материалдар алуға болады. Мұндай пигменттер құрылыс материалдары, жол жабындары, бояу өндірісі сияқты салаларда кеңінен қолданылады.

Күлді қайта өңдеудің негізгі әдістері қатарына магниттік бөлу, химиялық еріту және механикалық өңдеу болып табылады. Магниттік бөлу әдісі темір тотығын бөліп алудың тиімді әдісі болып табылады, өйткені бұл процесс үлкен көлемдегі қалдықтарды жылдам өңдеуге мүмкіндік береді. Химиялық еріту кезінде қышқыл ерітінділер пайдаланылады, олар көмір күліндегі темірді ерітіндіге алмастырып, кейін оны темір тотығы ретінде бөліп шығаруға мүмкіндік береді.

Бұл қайта өңдеу әдістері өнеркәсіптік қалдықтарды тиімді пайдаланумен қатар, шикізатты үнемдеуге және экологиялық әсерді төмендетуге мүмкіндік береді.

Көмір жағу кезінде түзілетін күл (fly ash) темір тотығының көзі ретінде қарастырылады. Бұл қалдықтардан темір оксидтерін бөліп алу арқылы құрылыс материалдары мен пигмент өндірісінде қолдануға болады [21-24].

1.4 Темір тотығы пигменттерін алу әдістері

1.4.1 Химиялық әдістер

Темір тотығы пигменттерін алудың химиялық әдістері бірнеше негізгі бағытқа жіктеледі. Гидрометаллургиялық әдістер темір тотығын қышқыл немесе сілтілік ерітінділер көмегімен экстракциялау процесіне негізделген. Бұл әдісте күкірт қышқылы немесе тұз қышқылы сияқты реагенттер қолданылады. Темір оксидтері суда ерімейтін қосылыстар болғандықтан, оларды бірінші ерітіндіге айналдырып, кейіннен химиялық тұндыру арқылы таза темір тотығын бөліп алуға болады.

Пирометаллургиялық әдістер жоғары температурада темір қалдықтарын күйдіру арқылы пигмент өндіру процесіне негізделген. Бұл әдіс, әсіресе, металлургиялық қалдықтар мен өнеркәсіптік шламдарды қайта өңдеуде қолданылады. Жоғары температурада өңдеу барысында органикалық қоспалар жойылып, таза темір тотығы түзіледі. Бұл әдістің басты артықшылығы – өнімнің жоғары тазалығын қамтамасыз етіп, оны кең ауқымда өндіруге мүмкіндік беруі.

Сонымен қатар, химиялық әдістер пигменттің түс тұрақтылығын күшейтіп және оның әртүрлі материалдармен үйлесімділігін жақсарту үшін модификациялау процесін қамтуы мүмкін. Мұндай әдістер арқылы алынған темір тотығы пигменттері жоғары сапалы бояулар, пластиктер мен құрылыс материалдарында қолданылады.

- Гидрометаллургиялық әдістер – күкірт немесе тұз қышқылымен ерітіп, содан кейін тұндыру арқылы Fe_2O_3 алу.

- Пирометаллургиялық әдістер – жоғары температурада қыздыру арқылы темір оксидтерін алу [25-28].

1.4.2 Наноөлшемді пигменттер синтездеу

Темір тотығы пигменттерін нанотехнологиялар негізінде алу – соңғы жылдары қарқынды дамып келе жатқан бағыттардың бірі. Наноөлшемді пигменттер жоғары дисперсиялық қасиеттерімен ерекшеленеді, бұл оларды бояулар, пластик және оптикалық жабындарда кеңінен қолдануға мүмкіндік береді. Нанокұрылымды пигменттер ультракүлгін сәулеге төзімділігімен, түс тұрақтылығымен және механикалық беріктігімен ерекшеленеді.

Наноөлшемді темір тотығын алу үшін гидротермалды және со-гель әдістері жиі қолданылады. Гидротермалды әдіс темір қосылыстарын белгілі бір қысым мен температурада ерітіндіде синтездеуге негізделген. Сол-гель әдісі біркелкі нанокұрылымды пигменттерді алу үшін химиялық реакцияларға негізделген тәсіл ретінде қолданылады.

Нанотехнология арқылы алынған темір тотығы пигменттері ерекше қасиеттерге ие болып, антикоррозиялық жабындарда, медициналық

диагностикалық құралдарда, күн батареяларында және сенсорлық құрылғыларда қолданылуы мүмкін. Бұл әдістер болашақта өндіріс тиімділігін арттырып, экологиялық таза материалдар жасауға мүмкіндік береді.

Темір тотығының наноөлшемді бөлшектері жоғары дисперсиялық қасиеттерге ие, сондықтан олар бояулар, пластик және оптикалық жабындарда кеңінен пайдаланылады [30-31].

1.4.3 Пигменттерді алу және модификациялау стратегиялары

Темір оксиді пигменттерінің қасиеттерін жетілдіру және олардың функционалдығын күшейту үшін әртүрлі модификациялау әдістері қолданылады.

Функционалды пигменттерді жасау: Пигменттерге арнайы қасиеттер беру үшін оларды басқа қосылыстармен модификациялау әдістері қолданылады. Мысалы, темір тотығы пигменттеріне гидрофобтық немесе гидрофильдік қасиеттер беру үшін беткі модификация қолданылады. Бұл тәсіл олардың жабын материалдарында, бояуларда және композиттік материалдарда біркелкі таралуын қамтамасыз етеді.

Core/Shell стратегиясы: Core/Shell құрылымы екі қабатты пигменттер алуға мүмкіндік береді. Бұл әдісте негізгі пигменттің (Core) бетіне қосымша қорғаныс қабаты (Shell) қолданылады. Мұндай пигменттер коррозияға төзімділігі жоғары, жылу тұрақтылығы жақсы және механикалық беріктігі жоғары болады. Core/Shell технологиясы темір тотығы пигменттерін антикоррозиялық жабындарда, оптикалық құрылғыларда және электронды материалдарда қолдануға мүмкіндік береді.

Допинг және легирлеу: Темір тотығының қасиеттерін жақсарту үшін оған басқа элементтер қосу әдісі пайдаланылады. Мысалы, алюминий, титан немесе цирконий қосу арқылы пигменттің түсін өзгертуге, оның жылу тұрақтылығын және коррозияға төзімділігін арттыруға болады. Бұл әдістер заманауи бояу өндірісінде және жоғары сапалы құрылыс материалдарын жасауда пайдаланылады.

Бұл тәсілдер темір оксиді пигменттерінің қолдану аясын кеңейтіп, олардың сапасын жақсартуға әрі өнеркәсіптік қайта өңдеу үдерісін тиімді етуге мүмкіндік береді [32-34].

1.5 Экологиялық және экономикалық аспектілер

Темір тотығы пигменттерін өндіру барысында өнеркәсіптік қалдықтарды қайта өңдеу қоршаған ортаға әсерді төмендетеді. Бұл әдіс қалдықтардың жиналуын азайтып, шикізат көздерін тиімді пайдалануға мүмкіндік береді. Қалдықтарды қайта өңдеу арқылы алынған темір тотығы пигменттері өндіріс шығындарын азайтып қана қоймай, табиғи ресурстарды сақтауға ықпалын

тигізеді.

Экологиялық тұрғыдан, темір тотығы негізіндегі пигменттерді алу процесінде зиянды шығарындылар мен қалдықтар мөлшері төмендейді. Көмір күлі, металлургиялық қалдықтар және басқа да өндірістік жанама өнімдер өңделіп, шикізат ретінде қайта қолданылады. Бұл әдістер қоршаған ортадағы ауыр металдар мен улы қосылыстардың мөлшерін төмендетуге көмектеседі.

Экономикалық жағынан алғанда, қалдықтарды қайта өңдеу арқылы алынған пигменттер табиғи минералдарға қарағанда тиімді әрі қолжетімді болады. Бұл оларды құрылыс, бояу және пластик өндірістерінде кеңінен пайдалануға мүмкіндік береді. Қалдықтарды өңдеу технологияларының жетілдірілуі өндіріс тиімділігін арттырып, шығындарды азайтады. Бұл кәсіпорындарға өндіріс процестерін оңтайландыруға және экологиялық тұрақтылықты қамтамасыз етуге мүмкіндік береді [35].

Өнеркәсіптік қалдықтарды өңдеу және оларды темір тотығы пигменттеріне айналдыру тұрақты даму қағидаларына сай жүзеге асырылады. Бұл әдістер тек экономикалық пайда әкеліп қана қоймай, экологиялық проблемаларды шешуге де үлкен үлес қосады. Болашақта жасыл технологиялар мен энергия үнемдейтін әдістерді енгізу арқылы темір тотығы пигменттерін өндірудің тиімділігін одан әрі арттырады.

Темір тотығы пигменттерін өндіру барысында өнеркәсіптік қалдықтарды қайта өңдеу қоршаған ортаға әсерді төмендетеді. Бұл әдіс қалдықтардың жиналуын азайтып, шикізат көздерін тиімді пайдалануға мүмкіндік береді.

1.6 Қазіргі зерттеулер мен болашақ перспективалар

Қазіргі зерттеулер темір тотығы негізіндегі пигменттерді алу барысында инновациялық технологияларды дамытуға, экологиялық таза өндіріс әдістерін жетілдіруге және олардың функционалдық қасиеттерін жақсартуға бағытталған. Ғалымдар мен инженерлер темір тотығы пигменттерінің құрылымын жетілдіру, олардың қолдану аясын кеңейту және өндіріс процестерін оңтайландыру бағытында жұмыс істеуде.

Экологиялық таза әдістер: Қалдықтарды қайта өңдеу негізінде энергия үнемдейтін және экологиялық таза өндіріс әдістерін дамыту – заманауи зерттеулердің басты бағыттарының бірі. Қышқылсыз және төмен температуралы синтез әдістерін қолдану өндіріс кезінде зиянды қалдықтар мен парниктік газдардың мөлшерін азайтуға бағытталған. Сонымен қатар, биотехнологиялық тәсілдер, мысалы, микроорганизмдер көмегімен темір тотығын бөліп алу әдістері зерттелуде [36-37].

Нанотехнологиялар мен жаңа материалдар: Темір тотығы негізіндегі нанобөлшектердің синтезі мен қолданылу мүмкіндіктері кеңейтілуде. Наноөлшемді пигменттер жоғары ультракүлгін төзімділікке, антибактериалды қасиеттерге ие болып, медицинада, электроникада, күн батареяларында және катализаторлар өндірісінде кеңінен қолданылады. Бұл бағыттағы зерттеулер

жоғары тиімділікке ие наноматериалдарды алуға бағытталған.

Қолдану салаларын кеңейту: Темір тотығы негізіндегі пигменттердің қолдану аясын кеңейту бойынша зерттеулер жүргізіліп жатыр. Оларды биоүйлесімді бояғыштар, антибактериалды жабындар, интеллектуалды материалдар жасау үшін пайдалану зерттелуде. Сонымен қатар, олардың радиациялық қорғаныс және жылу оқшаулау қасиеттерін арттыруға арналған технологиялар жетілдірілуде.

Болашақ перспективалар: Зерттеушілер темір оксиді пигменттерін алудың үнемді әрі экологиялық таза әдістерін жетілдірумен қатар, олардың сапасын арттыруға бағытталған жобаларды іске асыруда. Өнеркәсіптік деңгейде масштабтау, ресурс үнемдеу және қалдықсыз технологияларды енгізу болашақтағы басты мақсаттардың бірі болып келеді. Бұл жетістіктер болашақта құрылыс, көлік, медицина және электроника салаларында кеңінен қолданылатын жоғары сапалы материалдарды өндіруге жол ашады.

– Экологиялық таза әдістер – қалдықтарды қайта өңдеу арқылы энергия шығынын азайтып, және экологиялық таза өндірістік әдістерді дамыту.

– Жаңа наноматериалдар – темір тотығы негізіндегі жоғары тұрақтылыққа ие, мөлдір және ультракүлгінге төзімді нанопигменттер жасау [37-40].

2 Эксперименттік бөлім

2.1 Қолданылған материалдар

Зерттеу барысында келесі бастапқы материалдар мен химиялық реагенттер қолданылды:

Ұшпа күл – Алматы қаласындағы ЖЭО-2-ден алынған, алдын ала кептіріліп және електен өткізілген (≤ 400 мкм фракция).

Натрий додецилсульфаты ($C_{12}H_{25}SO_4Na$) – беттік-активті зат, тазалығы 99,9%.

Карбоксиметилцеллюлоза $[C_6H_7O_2(OH)_2CH_2COONa]_n$ – ионды емес полисахаридті қоспа, тазалығы 99,9%.

Поливинилпирролидон $[C_6H_9NO]_n$ – синтетикалық суда еритін полимер, тазалығы 99,9%.

ДЦУ – катионды активті еритін полимер (отандық өндіріс), тазалығы 99,9%.

Темір(III) хлорид гексагидраты ($FeCl_3 \cdot 6H_2O$) – темір тұзы, реактивтік тазалығы 99,9%.

Натрий лаурилсульфаты ($C_{12}H_{25}SO_4Na$) – беттік-активті зат (аналог $DodSNa$), тазалығы 99,9%.

Дистилденген су (H_2O) – барлық тәжірибелерде қолданылды, тазалығы 99,9%.

Натрий гидроксиді ($NaOH$) – сілті, ерітінді дайындауға қолданылды, тазалығы 99,9%.

2.2 Шикізаттарды және дайын пигментті зерттеу әдістері

Рентгенфлуоресценттік талдау әдісі (EDXRF)

Элементтік құрамды анықтау мақсатында энергия-дисперсиялық рентгенфлуоресценттік спектроскопия (EDXRF) әдісі қолданылды. Зерттеу Rigaku NEX CG II рентгенфлуоресценттік спектрометрінде жүргізілді. Бұл құрылғыда 5 екінші реттік нысана пайдаланылды: алюминий (Al), молибден (Mo), мыс (Cu), RX9 және кремний (Si). Түтікше кернеулері сәйкесінше 50, 50, 50, 25 және 25 кВ болды, ал ток күштері 1, 1, 1, 2 және 2 мА-ға тең. Әрбір нысана үшін экспозиция уақыты 100–200 секунд аралығында белгіленді.

Үлгілер алдын ала FULVERISETTE 2 маркалы тоттанбайтын болаттан жасалынған автоматты келі-келсап ұнтақтағышта ұсақталды. Талдау үшін үлгілер 4 мкм полипропилен пленкасы астына орналастырылып, порошок күйінде өлшенді.

Аталған әдіс құрамында Fe, Al, Si, Ca, Ti, Zn, Cu, Mn және басқа да микроэлементтер бар пигменттік материалдар мен өнеркәсіп қалдықтарының химиялық құрамын дәл әрі жедел анықтауға мүмкіндік береді.

Рентгендік фазадық талдау (РФА)

Үлгілердің кристалдық фазалық құрамын анықтау үшін PANalytical фирмасының X'Pert Pro рентгендік дифрактометрі қолданылды. Зерттеу $\text{CuK}\alpha$ сәулесімен ($\lambda = 1.5406 \text{ \AA}$) жүргізілді. Өлшеу диапазоны $2\theta = 5^\circ - 80^\circ$ аралығында, сканерлеу қадамы – 0.02° , ал әрбір нүктедегі экспозиция уақыты – 1 секунд болды.

Алынған дифрактограммаларда байқалған дифракциялық сызықтар JCPDS мәліметтер базасымен салыстырылып, негізгі кристалдық фазалар анықталды. Бұл әдіс кристалды және аморфты құрам бөліктерді сапалы анықтауға, сондай-ақ фазалық ауысуларды бағалауға мүмкіндік береді.

Термогравиметриялық (TGA) және дифференциалдық сканирлеуші калориметриялық (DSC) талдау

Үлгілердің термиялық тұрақтылығы мен фазалық ауысуларын зерттеу үшін Mettler Toledo TGA/DSC 3+ (Швейцария) аспабы қолданылды. Зерттеу атмосфералық жағдайда (ауада) жүргізілді. Жылыту жылдамдығы $10^\circ\text{C}/\text{мин}$ құрады. Өлшеу температурасы 25°C -тан 1000°C -қа дейінгі диапазонда жүргізілді.

Бұл әдіс арқылы үлгінің масса жоғалту сатылары, дегидратация, органикалық қосылыстардың ыдырауы және кристалдану немесе балқу процестері анықталды. Сонымен қатар, DSC қисығы арқылы эндотермиялық және экзотермиялық реакциялар тіркеліп, олардың температуралық интервалдары мен жылу эффектілері бағаланды.

Инфрақызыл (ИК) спектроскопия

Үлгілердің функционалдық топтарын анықтау үшін Shimadzu FTIR-8600 (Жапония) инфрақызыл спектрометрі қолданылды. Спектрлер $4000 - 400 \text{ см}^{-1}$ аралығындағы диапазонда жазылды. Өлшеу үшін KBr таблетка әдісі пайдаланылды: ұнтақталған үлгі KBr (спектрофотометриялық таза) қосып, престеу арқылы диаметрі шамамен 3 мм болатын мөлдір таблетка дайындалды.

Бұл әдіс материал құрамындағы негізгі байланыстар мен функционалдық топтарды (мысалы, $-\text{OH}$, $-\text{CO}_3^{2-}$, $-\text{Si}-\text{O}-$, $-\text{Fe}-\text{O}-$ және т.б.) анықтау үшін тиімді. Спектрлік деректер үлгілердің химиялық құрамындағы өзгерістерді сапалы бағалауға мүмкіндік береді.

Зета-потенциалды өлшеу

Malvern Zetasizer Nano ZS90 (Ұлыбритания) құрылғысының көмегімен жүргізілді. Бұл аспап электрофоретикалық жарық шашырауы (ELS) және динамикалық жарық шашырауы (DLS) әдістерін қолдану арқылы дисперстік жүйелердегі бөлшектердің өлшемі, зарядталуы және қозғалғыштығы туралы мәлімет алуға мүмкіндік береді.

Өлшеу үшін қатты заттар негізінде массалық үлесі бойынша 2% су суспензиясы дайындалды. Әрбір үлгі үшін 12 сканерлеу орындалып, бұл бір прогон ретінде есептелді. Жалпы үш прогон өткізілді. Әр тәжірибе кемінде үш рет қайталанды. Зета-потенциал мәндері Malvern құрылғысының стандартты бағдарламалық қамтамасыз етуі арқылы өңделіп, кателік шектері автоматты түрде есептелді.

Zetasizer құрылғысы бөлшектердің электрофоретикалық жылдамдығын өлшеу арқылы олардың зета-потенциалын есептейді, ал өлшеу нәтижесі нанометрден микрометрге дейінгі ауқымдағы бөлшектерге тән болады. Бұл әдіс әсіресе дисперсия тұрақтылығын бағалау үшін тиімді саналады.

Оптикалық микроскопия

Ұнтақтардың морфологиясын бақылау және алғашқы құрылымдық сипаттамаларын бағалау үшін Leica DM4 P (Германия) поляризациялық оптикалық микроскопы қолданылды. Бұл микроскоп жоғары ажыратымдылықтағы суреттер алу мүмкіндігін береді және ұсақ бөлшектердің пішіні мен таралуын визуалды түрде талдауға мүмкіндік жасайды.

Зерттеу барысында ұнтақ үлгілері шыны пластинаға салынып, жіңішке қабат түрінде дайындалды. Суреттер әртүрлі үлкейту режимдерінде алынып, бөлшектердің мөлшері, формасы және агрегациясы сапалы түрде сипатталды. Сонымен қатар, құрылымның гетерогендігі мен фракциялық құрамын визуалды бағалау жүргізілді.

Сканерлеуші электроднды микроскопия

Үлгілердің морфологиялық құрылымын зерттеу үшін JSM-6490LA (JEOL, Жапония) сканерлеуші электронды микроскопы қолданылды. Бұл құрылғы жоғары вакуум жағдайында жұмыс істейтін вольфрамды катодпен жабдықталған және үлгі бетінің жоғары ажыратымдылықтағы кескіндерін алуға мүмкіндік береді.

Зерттеу барысында үлгілердің беткі морфологиясы мен бөлшектер пішіні, құрылымы мен өлшемдері анықталды. Үлгілер алдын ала алтынмен жабылып, ток өткізгіш қабатпен қапталды (sputter coating), бұл бейнелеу сапасын арттыруға мүмкіндік берді. Талдау әртүрлі үлкейту режимдерінде жүргізілді.

2.3 Темір тотығы негізіндегі пигментті материал алудың технологиялық басқыштары

ЖЭО күлінің минералдық және химиялық құрамы әртекті болғандықтан, ондағы бағалы компоненттерді тиімді түрде бөліп алу үшін алдын ала байыту сатыларын жүргізу қажет. Күл құрамында жанбаған көміртекті қалдықтар, темір қосылыстары және балластты материалдар қатар кездеседі. Бұл компоненттерді бірден пигмент өндіру мақсатында пайдалану қиындық туғызады, себебі олар аралас күйде болады және өңдеуге жарамдылық көрсеткіштері әртүрлі.

Алдын ала байыту кезеңдерінің бірі – көбікті флотация процесі, бұл әдіс арқылы негізінен жанбаған көміртекті фракциялар күлден бөлініп алынады. Олар көбікпен бірге бөлініп, одан әрі жеке өңделуге жіберіледі. Бұл фракцияларды қосымша технологиялық жолмен қайта өңдеп, жанармай немесе адсорбент секілді өнімдер алуға болады.

Келесі кезең – магниттік байыту, бұл сатыда флотациядан қалған қалдықтар магнит өрісінде өңделіп, құрамында темір тотығы бар фракцияны

бөліп алуға мүмкіндік береді. Бұл магнитті фракцияны әрі қарай қышқылды шаймалау әдісі арқылы өңдеп, алынған ерітіндіні темір тотығы пигментін өндіруде немесе басқа өндірістік мақсаттарда қолдануға болады.

Осылайша, көмір күлін алдын ала сатылы байыту – қоршаған ортаға зиянды қалдықтарды азайтуға, сонымен қатар техногенді шикізат көзін тиімді пайдалануға мүмкіндік береді.



1-сурет – Флотомашина ФМЛ-1

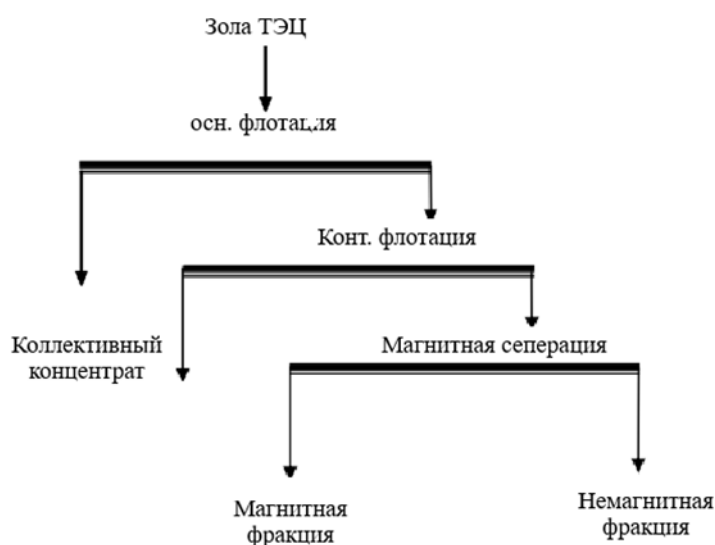
1) Көбікті флотация - Темір тотығы пигментін алу үшін ЖЭО-3 күлін флотациялық әдіспен байыту ФМЛ-1 флотомашинасында жүргізілді (1 сурет). Ол үшін күл майдаланып ($-0,4$ мм), 1:7 қатынаста суға араластырылды. 5 минут бойы 4,5 л/мин ауа беріліп, Т-80 көбіктүзгішімен флотация жүргізілді. Алдымен негізгі, кейін бақылау флотациясы орындалды. Көбікті қабаттағы концентрат бөлініп, кептірілді. Флотация нәтижесінде алынған коллективті концентрат құрамында көміртектің мөлшері бастапқы 5%-дан 18%-ға дейін артты, ал көміртекті заттарды флотация арқылы бөліп алу дәрежесі 50% құрады.

2) Магнитті байыту - Флотациядан кейін қалған қалдықтар (хвостар) қосымша өңдеуге жіберіліп, магниттік байыту әдісімен талданды. Бұл процесс электромагниттік 298СЭ анализаторында (2 сурет), магнит өрісінің кернеулігі 4000 Э (7,5 А ток күші) жағдайында жүргізілді. Магниттік сепарация нәтижесінде құрамында темір оксидтері бар магнитті фракция бөлініп алынды. Анықталғандай, бұл магнитті фракциядағы темір оксидтерінің мөлшері бастапқы күлдегі 5,54%-дан 49%-ға дейін артты. Сонымен қатар, темір оксидтерін магниттік әдіспен бөліп алу дәрежесі 50% құрады, бұл олардың байытудың осы сатысында тиімді түрде шоғырландырылғанын көрсетеді.

Байытудың технологиялық сұлбасына сәйкес (3 сурет) байыту сатысынан қалған қалдық темір оксидтерімен қапталған Core/Shell құрылымды пигмент алуға қолданылады.



2-сурет – Магнитті анализатор 298СЭ



3-сурет – Темір тотығы негізіндегі пигментті материал алу үшін күлді байытудың технологиялық схемасы

Байыту сатыларынан кейін қалған күл қалдықтарын тиімді түрде қайта өңдеу арқылы олардың құрамындағы белсенді компоненттерді пайдалану мүмкіндігі артады. Бұл қалдықтар Core/Shell (өзек/қабық) құрылымды пигменттерді синтездеуде арзан әрі экологиялық тиімді шикізат ретінде қолданылуы мүмкін. Мұндай тәсіл арқылы пигмент өндірісінде темір тотығының мөлшерін үнемдеу мүмкіндігі туады, себебі пигменттің негізін күл түйіршіктері (Core) құрайды, ал темір тотығы тек жұқа қабат ретінде олардың бетіне (Shell) түседі.

Процесс барысында күлдің бетінде темір гидроксидтері түзіледі. Олар микроскопиялық деңгейде бөлшектеніп, күл бөлшектерінің бетіне жұқа қабат түрінде жабысады. Бұл құрылым пигменттің оптикалық қасиеттерін сақтап қалуға мүмкіндік береді, ал бастапқы темір тұздарының шығыны айтарлықтай азаяды.

Сонымен қатар, бұл тәсіл экологиялық тұрғыдан маңызды, себебі өнеркәсіптік қалдық болып табылатын күлді жоғары қосылған құны бар өнімге айналдыру арқылы қоршаған ортаға түсетін техногендік жүктеме төмендейді. Осылайша, Core/Shell типті пигменттерді алу күлді қайта өңдеудің тиімді әрі тұрақты бағыты болып саналады.

3) Гидроксидті тұндыру- Пигменттік материалдарды синтездеу үшін гидроксидті тұндыру әдісі қолданылды. Тұндыру процесі 60 °C температурада жүргізілді.

Алдымен, 0,1 М концентрациядағы темір(III) хлорид гексагидраты ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) ерітіндісінің 50 мл көлемі колбаға құйылып, қыздырылатын магнитті араластырғышта 10 минут бойы араластырылды. Осы ерітіндіге әртүрлі концентрацияда органикалық беттік-активті заттар (БАЗ) қосылды (мысалы: натрий додецилсульфаты, поливинилпирролидон және т.б.).

10 минут өткен соң, 0,1 М натрий гидроксиді (NaOH) ерітіндісінің 200 мл көлемі реакциялық жүйеге тамшылатып қосылды. Бұл кезеңде 30 минут бойы қарқынды араластыру жүргізілді.

Содан кейін, алынған реакциялық қоспаға 1 г ұнтақталған күл қалдығы (шикізат) қосылып, жүйе тағы 1 сағат бойы араластырылды. Нәтижесінде, әртүрлі БАЗ қатысында тұнған темір гидроксиді негізіндегі пигменттік тұнбалар алынды.

Тұнбалар фильтрация әдісімен бөлініп, кейіннен кептіруге жіберілді.

4) Кептіру – Филтрациядан кейін алынған тұнбалар SNOL маркалы зертханалық кептіргіш пеште 120 °C температурада 1 сағат бойы кептірілді. Бұл кезеңде тұнба құрамындағы ылғал толықтай буланып, материал құрғақ күйге келтірілді. Кептіру процесі алынған пигменттік өнімнің құрылымын сақтай отырып, әрі қарайғы термиялық немесе морфологиялық зерттеулерге дайындау мақсатында жүргізілді.

5) Күйдіру – Кептірілген тұнбалар муфельді электр пешінде үш түрлі температурада – 600 °C, 700 °C және 800 °C – 1 сағат бойы күйдірілді. Күйдіру процесі қатты затты жоғары температурада термиялық өңдеу арқылы оның физикалық және химиялық қасиеттерін өзгертуге бағытталды. Бұл кезеңде органикалық қалдықтар толық жойылып, темір гидроксидтерінің фазалық өзгеруі нәтижесінде тұрақты пигменттік оксидтер (мысалы, Fe_2O_3) түзілуі қамтамасыз етілді.

6) Ұнтақтау – Күйдіруден өткен қатты заттар Pulverisette маркалы зертханалық ұнтақтағыш құрылғыда жеке-жеке жоғары дәлдікпен ұнтақ күйге келтірілді. Бұл процесс үлгілердің біртекті дисперстік құрамын қамтамасыз ету және оларды әрі қарай физика-химиялық зерттеу әдістеріне дайындау мақсатында жүргізілді.

3 Зерттеу нәтижелері мен оның талқылануы

3.1 Күлдің бастапқы құрамын сипаттау

Бұл зерттеуде ЖЭО-2 күлінің бастапқы физика-химиялық сипаттамаларын анықтау мақсатында EDXRF, оптикалық микроскопия және сканерлейтін электронды микроскопия (SEM) әдістері қолданылды. Бұл әдістер күлдің элементтік құрамын, морфологиялық құрылымын және беттік ерекшеліктерін кешенді түрде талдауға мүмкіндік береді.

EDXRF әдісімен элементтік құрамын анықтау

Рентген-флуоресценттік талдау (EDXRF, Rigaku NEX CG II) нәтижелері күлдің құрамында негізінен SiO_2 (65.9%), Al_2O_3 (22.5%), және Fe_2O_3 (5.54%) оксидтері басым екенін көрсетті. Бұдан басқа, күл құрамында TiO_2 (1.11%), CaO (1.94%), MgO (0.572%), Na_2O (0.913%), K_2O (0.559%), және микроқосылыстар (Pb , Zn , Cu , As , Se , Ga , La , Ce және т.б.) аз мөлшерде кездеседі.

Кесте 1 – бастапқы және байытудан кейінгі материалдардың құрамы

Компонент	Бастапқы күл	Флотация концентраты	Магнитті фракция	Магнитті емес фракция
Fe_2O_3	5,54	3,72	48,1	3,72
SiO_2	65,9	67,9	31,1	67,7
Al_2O_3	22,5	22,4	11,5	23,1
CaO	1,94	1,45	4,47	1,79
MgO	0,572	0,521	2,26	0,494
TiO_2	1,11	1,16	0,474	1,19
Na_2O	0,913	1,09	0	1,017
K_2O	0,559	0,653	0,0804	0,582
P_2O_5	0,476	0,574	0,911	0,459

Жүргізілген рентген-флуоресценттік (XRF) талдау нәтижелері күлді байыту сатыларының тиімділігін анықтауға мүмкіндік берді (1 кесте). Бастапқы күл құрамында темір тотығы (Fe_2O_3) 5,54% мөлшерінде болса, флотация нәтижесінде алынған коллективті концентратта бұл көрсеткіш 3,72%-ға дейін төмендеген, бұл көміртекті фракциялардың флотациялық әдіспен бөлінгенін көрсетеді. Магниттік сепарациядан кейін алынған магнитті фракцияда Fe_2O_3 мөлшері 48,1%-ға дейін артқан, бұл темірдің жоғары дәрежеде шоғырланғанын және байытудың тиімділігін дәлелдейді. Ал магнитті емес фракцияда темір тотығы мөлшері қайтадан 3,72%-ға дейін төмендеген, бұл қалдықта темірдің аз қалғанын білдіреді.

SiO_2 және Al_2O_3 күлдің негізгі компоненттері болып табылады және олардың мөлшері бастапқы күлде тиісінше 65,9% және 22,5% құрайды. Бұл компоненттер магнитті фракцияда айтарлықтай төмендеген (31,1% және 11,5%), ал магнитті емес фракцияда бастапқы деңгейге жуық сақталған. Бұл мәліметтер

силикатты және алюмосиликатты фазалардың магниттік емес бөлікте қалатынын көрсетеді. Сонымен қатар, кальций, магний және фосфор оксидтері сияқты компоненттер магнитті фракцияда шоғырланып, темірмен бірге бөліну үрдісін көрсетеді. Жалпы алғанда, XRF нәтижелері күлді сатылы өңдеу арқылы оның құрамындағы темір тотығын тиімді бөліп алуға және қалған фракцияларды мақсатты түрде қолдануға болатынын дәлелдейді.

Бұл деректер күлдің алюмосиликаттық табиғатын растайды және темір тотығының болуын байыту және пигмент ретінде пайдалану үшін перспективалы екенін көрсетеді.

Күлдің XRD нәтижелерін талдау

Зерттелген күл үлгісінің рентгендік дифракциялық (XRD) деректері оның минералдық құрамының күрделі және көпфазалы екенін көрсетті. 2 θ аралығында алынған негізгі интенсивті шыңдар шамамен 20,7°, 22,3°, 24,7°, 26,3°, 27,3°, 29,2°, 31,0°, 32,6°, 33,1°, 35,2°, 36,5°, 38,4°, 40,3°, 41,1°, 43,2°, 49,6° және 54,1° маңайында орналасқан (4- сурет).

Бұл дифракциялық максимумдар күл құрамында келесі негізгі фазалардың бар екенін болжауға мүмкіндік береді:

- Кварц (SiO_2) – 26,6°, 20–22° және 50° маңындағы шыңдармен сипатталады; ол күлдегі ең тұрақты және кристалданған компонент болып табылады;

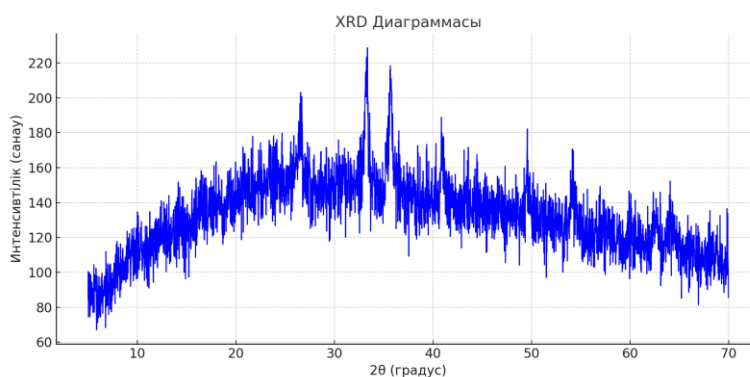
- Муллит ($3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$) – 16–26° және 31–34° диапазонында пайда болатын кең және бірқалыпты шыңдар бұл алюмосиликат фазаның болуын көрсетеді;

- Гематит (Fe_2O_3) – шамамен 33°–36° және 54° аралығындағы шыңдармен сипатталады; бұл темірдің тотыққан кристалды фазасының белгісі;

- Магнетит (Fe_3O_4) немесе басқа темір фазалары – 43° маңындағы шың темірдің жартылай тотыққан немесе магниттік күйдегі фазаларын білдіруі мүмкін;

- Титан диоксиді (TiO_2 – анатаз немесе рутил түрінде) – 27° маңындағы әлсіз максимумдар TiO_2 фрагменттерінің болуын көрсетеді;

- Кальций фазалары (мысалы, кальцит, CaCO_3) – 29° маңындағы шыңдар карбонатты фазалардың ізін көрсетуі мүмкін, олар жану кезінде күлге түсуі ықтимал.



4-сурет – Күлдің XRD графигі

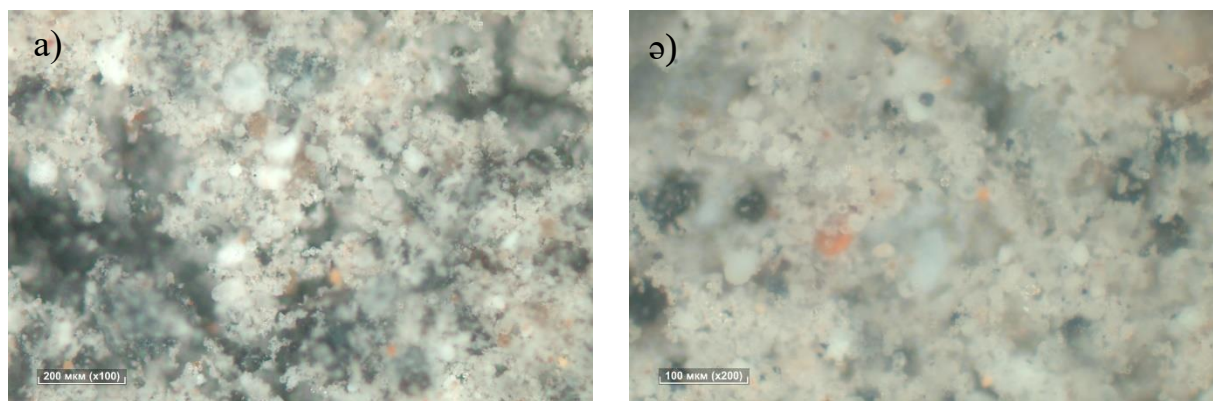
Жалпы алғанда, күлдің XRD бейнесі оның негізінен аморфты–кристалды табиғатта екенін және құрамында алюмосиликат, темір тотығы және кварц фазаларының басым екенін көрсетеді. Бұл фазалық құрам күлді әрі қарай темір тотығы пигменттерін өндіруде, құрылыс материалдарында немесе сорбент ретінде қолдануға болатындығын дәлелдейді.

Оптикалық микроскопия және SEM зерттеулері

Күлдің морфологиялық құрылымы оптикалық микроскопия әдісімен өтетін жарық режимінде зерттелді. 100 (5а сурет) және 200 (5ә сурет) есе үлкейту арқылы алынған микросуреттерде күл бөлшектерінің жоғары дәрежедегі әртектілігі анық байқалды. Бөлшектердің пішіні негізінен дөңгелек, сопақ және бұрышты емес, ал кейбір бөлшектер аморфты немесе агрегатталған күйде кездеседі. Бұл олардың термиялық ыдырау және жану процесінен өткенін көрсетеді.

Жарық және күңгірт түсті аймақтар күлдің көпфазалы табиғатын көрсетеді. Жарқын бөлшектер көбінесе алюмосиликат немесе кварц негізді фазалар болуы мүмкін, ал қара және қоңыр түсті дақтар жанбаған көмір қалдықтары немесе темір тотығының бөлшектері болуы ықтимал. Сонымен қатар, бөлшектердің беті кедір-бұдыр және кеуектілік элементтері бар, бұл оның жалпы беттік ауданының жоғары екенін білдіреді.

Бұл морфологиялық ерекшеліктер күлді адсорбциялық материал ретінде немесе Core/Shell құрылымды пигмент негізі ретінде қолдану үшін қолайлы етеді. Бөлшектердің ұсақ және біркелкі таралуы, сондай-ақ беткі кеуектілігі кейінгі химиялық немесе физикалық модификацияларға мүмкіндік береді. Осылайша, оптикалық микроскопия нәтижелері күлдің құрылымын сапалы түрде бағалап, оның әрі қарай қолдану әлеуетін анықтауға негіз береді.

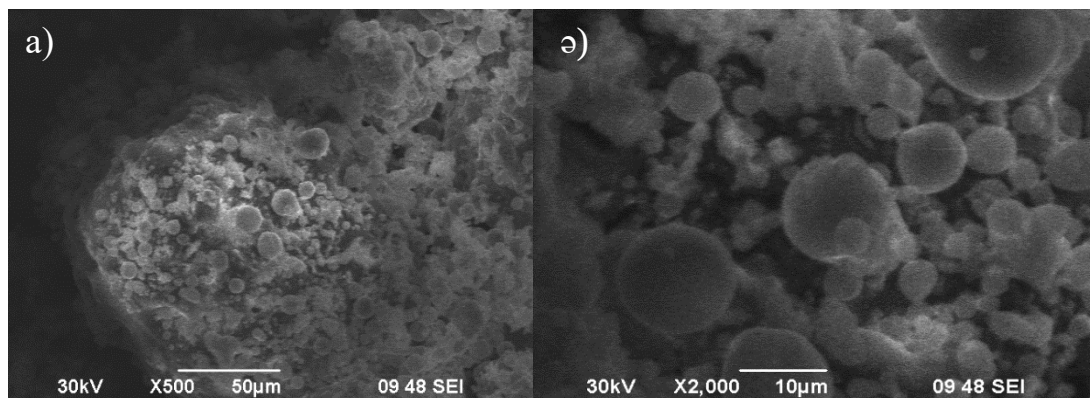


5-сурет – Күлдің оптикалық микроскопиялық кескіні: а) 100 есе ә) 200 есе

Күлдің морфологиясын SEM әдісімен зерттеу нәтижелері

Күлдің беткі құрылымы сканерлейтін электронды микроскопия (SEM) әдісімен зерттелді (үлкейту 500× және 2000×). SEM микросуреттері күл бөлшектерінің күрделі, көпқырлы және агрегатталған құрылымын көрсетті. 500 есе (6а сурет) үлкейту кезінде бөлшектердің өлшемі мен пішіні бойынша айқын әртектілік байқалды – бұл бастапқы материалдың жану кезіндегі фазалық

өзгерістерге ұшырағанын білдіреді. Жекелеген бөлшектер домалақ, бірақ көпшілігі сынған, кедір-бұдыр және бір-бірімен қосылған күйде орналасқан.



6-сурет- Күлдің микро-морфологиясы: а) 500 есе ә) 2000 есе

2000 есе (6ә сурет) үлкейтілген бейнеде бөлшектердің беткі құрылымы нақтырақ көрінеді. Бетінде микрокеуектер мен жарықшақтар анық байқалады, бұл күлдің жоғары беттік ауданы мен потенциалды адсорбциялық қабілетін көрсетеді. Сонымен қатар, бөлшектер арасындағы бос кеңістіктер күлдің кеуекті құрылымын растайды. Мұндай морфология күлді әрі қарай модификациялауға және қолдануға қолайлы етеді – мысалы, Core/Shell құрылымды пигмент негізі ретінде немесе сорбент ретінде.

Жалпы алғанда, SEM нәтижелері күлдің микрометрлік және субмикрон деңгейіндегі құрылымын сипаттай отырып, оның адсорбциялық, реакциялық немесе беткі модификацияға бейімділігін дәлелдейді. Бұл оны техникалық және экологиялық тұрғыда бағалы материал ретінде қарастыруға мүмкіндік береді.

3.2 Темір негізіндегі Core/Shell құрылымды пигменттердің түзілуіне органикалық қоспалардың әсері

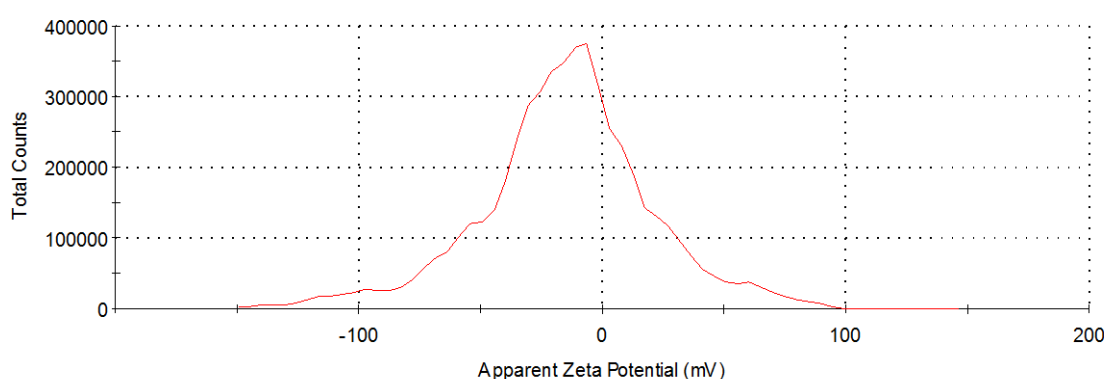
Темір тотығы негізіндегі Core/Shell құрылымды пигменттерді синтездеу кезінде органикалық беттік-активті заттардың (БАЗ) әсерін зерттеу маңызды бағыт болып табылады. Бұл зерттеуде күл негізінде алынған бөлшектердің бетіне Fe^{3+} иондарының қапталуы және алынған пигменттердің визуалды түсі түрлі БАЗ (SDS, PVP, КМЦ, ДЦУ) қатысында және оларсыз салыстырылды. Барлық жүйелерде беттік-активті заттар 0,1 г/л концентрацияда енгізілді.



7-сурет - Әр түрлі БАЗ қатысымен алынған пигменттер

Тәжірибе нәтижесінде алынған пигменттердің түсі айтарлықтай өзгергені байқалды (Сурет 7). Әсіресе, SDS (аниондық БАЗ) қосылған жүйеде пигменттің түсі ашық қызыл-қоңыр реңкке ие болды, ал қалған органикалық қоспалармен немесе БАЗ қолданылмаған үлгілерде түс қара қоңыр, қою болған. Бұл айырмашылық пигмент бөлшектерінің бетінде $\text{Fe}(\text{OH})_3$ немесе басқа темір қосылыстарының қалай және қаншалықты біртекті қапталғанына байланысты деп түсіндіріледі.

Күлдің зета-потенциалының таралуы шамамен – 15,3 мВ маңында максимум көрсетіп, оның әлсіз теріс зарядталған екенін көрсетті (8 сурет). Мұндай жағдайда жүйеге енгізілген оң зарядталған Fe^{3+} иондары немесе олардың гидроксидтері күл бетіне оңай адсорбцияланады. SDS сияқты аниондық БАЗ бұл жүйеде екі түрлі рөл атқарады: біріншіден, ол Fe^{3+} иондарымен комплекстер түзеді, екіншіден, оларды коллоидтық түрде тұрақтандырып, біртекті және жұқа shell қабаттың түзілуін қамтамасыз етеді. Бұл жарықтың біркелкі шашырауына ықпал етіп, пигменттің ашық түсіне себеп болады.

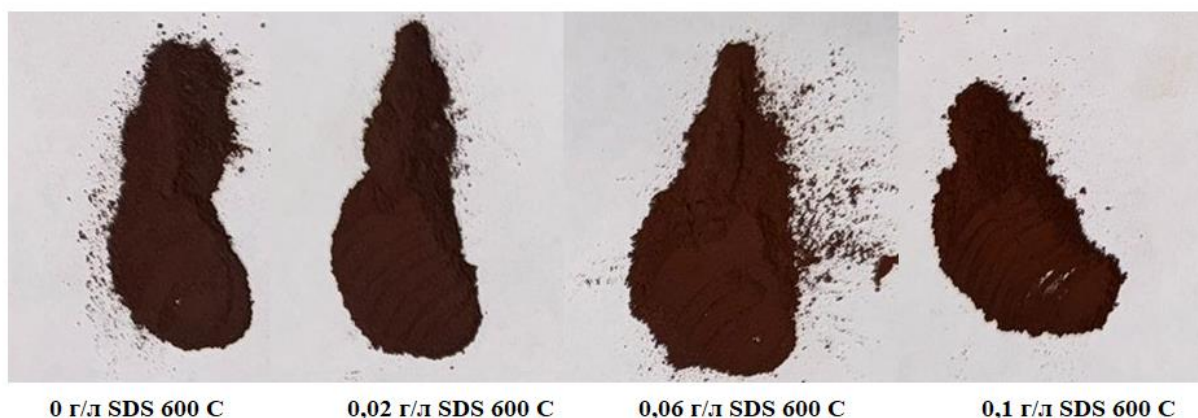


8-сурет – Күл қалдығының дистилденген судағы зета потенциал таралуы

Ал PVP, КМЦ және ДЦУ сияқты бейиондық немесе иондық емес БАЗ-тар темірдің беттік қапталуын тұрақтандыра алмайды, нәтижесінде қалың, бейберекет және шоғырланған shell қабаты түзіледі. Мұндай құрылым жарықтың жұтылуын күшейтіп, пигментке күңгірт түс береді. Ешқандай БАЗ

қолданылмаған үлгіде бұл эффект барынша байқалады – түсі қаралау, ал бөлшек морфологиясы шоғырланған және біркелкі емес.

Жалпы, алынған нәтижелер күл бетінің электрохимиялық қасиеті (зета-потенциалы) мен органикалық қоспалардың үйлесімді әрекеті темір фазасының адсорбция механизміне және пигмент түсінің қалыптасуына тікелей әсер ететінін көрсетті. Core/Shell пішінді пигменттердің ашық түсті және біртекті құрылымды болуы үшін аниондық БАЗ (мысалы, SDS) пайдаланудың тиімді екені дәлелденді.



9-сурет - Әр түрлі SDS концентрациясы қатысымен алынған пигменттер

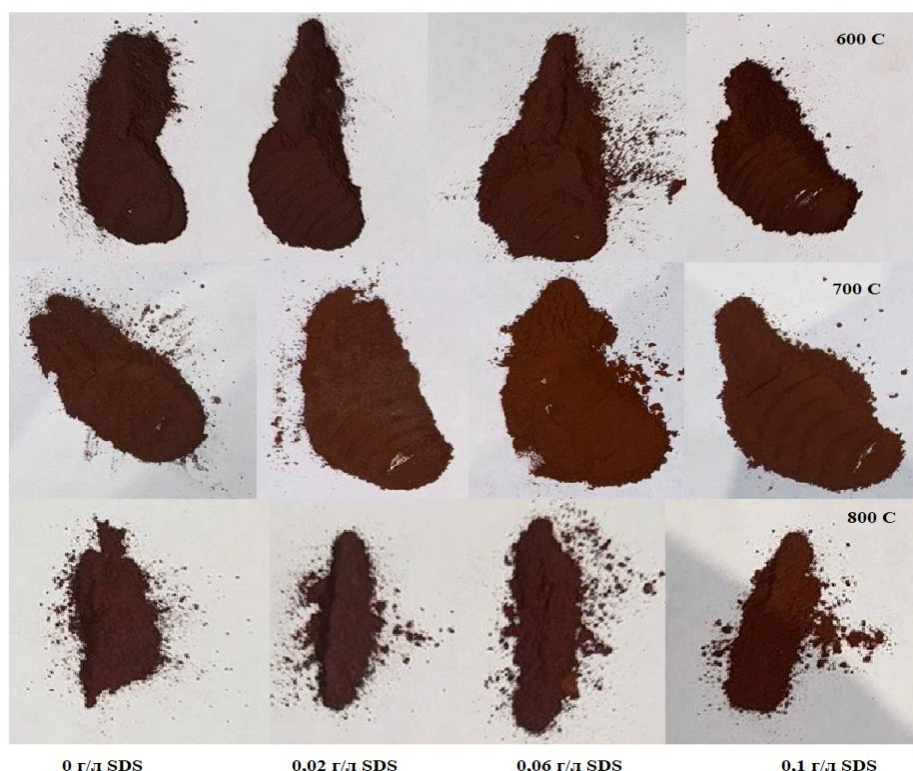
Темір тотығы негізіндегі Core/Shell пигменттерді синтездеу барысында беттік-активті заттардың (БАЗ) концентрациясы – өнім сапасына әсер ететін маңызды фактор. Бұл тәжірибеде SDS (аниондық БАЗ) төрт түрлі концентрацияда (0, 0,02, 0,06 және 0,1 г/л) қолданылып, алынған пигменттердің түс айырмашылықтары зерттелді (9 сурет).

Нәтижелер бойынша, SDS енгізу арқылы алынған пигмент түсінің біртіндеп ашық реңкке өзгергені байқалды. SDS қолданылмаған жағдайда пигмент түсі ең қою, ал концентрация артқан сайын түс біртіндеп ашық қызғылт-қоңыр реңкке ие бола бастайды. Алайда 0,06 г/л және 0,1 г/л концентрацияларында алынған пигмент түстері арасында айтарлықтай айырмашылық байқалмайды. Бұл SDS-тың белгілі бір концентрациядан кейін (шамамен 0,06 г/л) беттік тұрақтандыру және қапталу тиімділігі шегіне жететінін көрсетеді.

SDS күл бетінің әлсіз теріс зета-потенциалымен әрекеттесе отырып, Fe^{3+} гидроксид бөлшектерін коллоидтық күйде тұрақтандырады. Бұл бөлшектер күл бөлшектерінің бетіне біркелкі қапталып, Core/Shell құрылымын тиімді түзуге ықпал етеді. Бірақ артық мөлшерде SDS енгізу пигменттің түсін елеулі түрде өзгертпейді және қажетсіз реагент шығынына алып келуі мүмкін.

3.3 Темір негізіндегі Core/Shell құрылымды пигменттердің түзілуіне күйдіру температурасының әсері

Core/Shell құрылымды темір тотығы пигменттерінің түсі тек беттік-активті заттардың қатысуымен ғана емес, сонымен қатар термиялық өңдеу (күйдіру) температурасына да тікелей байланысты. Бұл тәжірибеде әртүрлі SDS концентрацияларымен алынған пигменттер 600 °C, 700 °C және 800 °C температурада күйдіріліп, олардың түс реңктері визуалды түрде салыстырылды (10 сурет).



10-сурет – Алынған пигменттердің түсіне температураның әсері

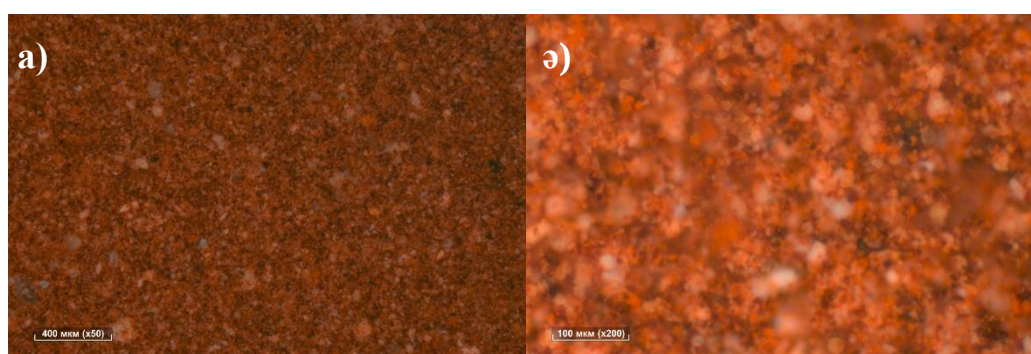
Нәтижелерге сәйкес, 600 °C температурасында алынған пигменттерде түс реңкі салыстырмалы түрде күңгірт және бейбіртекті болды, әсіресе SDS қолданылмаған немесе төмен концентрацияда болған үлгілерде. 700 °C температурасы пигменттердің ең ашық, біркелкі және қызыл-қоңыр түске ие болуына мүмкіндік берді. Бұл температурада темір гидроксидтері толық түрде кристалданған гематит ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$) фазасына айналып, пигментке тән ашық түс беретін құрылым қалыптасқан деп есептеледі. 800 °C температурасында түс қайтадан қоюланып, кей үлгілерде беткі жағу немесе қақ сияқты эффектілер байқалды, бұл термиялық деградация немесе фазалық өзгеріске байланысты болуы мүмкін.

SDS концентрациясы 0,06 г/л деңгейінде болғанда, 700 °C температурасында алынған пигмент түсі ең ашық әрі біркелкі реңк көрсетті. Бұл комбинация Core/Shell құрылымның тиімді түзілуі мен термиялық фазалық тұрақтылықтың оңтайлы тепе-теңдігін білдіреді.

3.4 Алынған пигменттің физика-химиялық қасиеттерін зерттеу

Алдыңғы бөлімдерде оңтайлы параметрлер ретінде анықталған 0,06 г/л SDS және 700 °C күйдіру температурасы жағдайында алынған Core/Shell пигменттің құрылымы әрі қарай оптикалық және сканерлеуші электронды микроскопия (SEM) әдістерімен зерттелді.

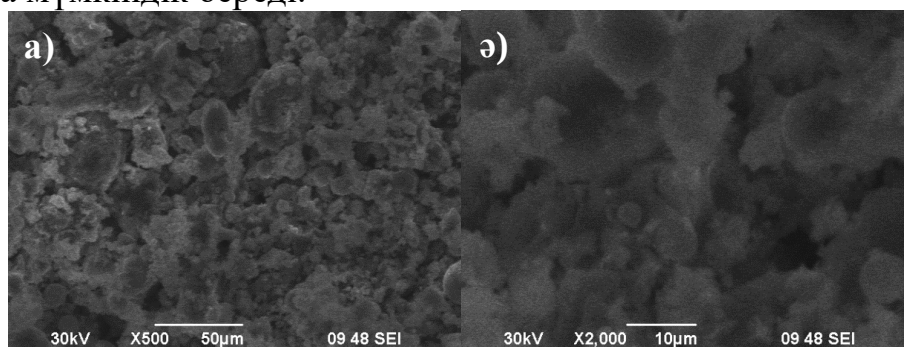
Оптикалық микроскопия нәтижелері (11 сурет) пигмент бөлшектерінің біркелкі таралғанын, олардың бетінде темір тотығы қабатының тығыз әрі үздіксіз орналасқанын көрсетті. Бөлшектердің пішіні көп жағдайда сопақша, кейбірі дөңгелек немесе аморфты болып келеді, ал түстердің біртектілігі Core/Shell құрылымының тиімді түзілгенін дәлелдейді. Қызыл-қоңыр реңктің доминантты болуы пигменттің гематит фазасына тән екенін көрсетеді.



11-сурет – Пигменттің оптикалық микроскопиялық кескіні: а) 50 есе ә) 200 есе

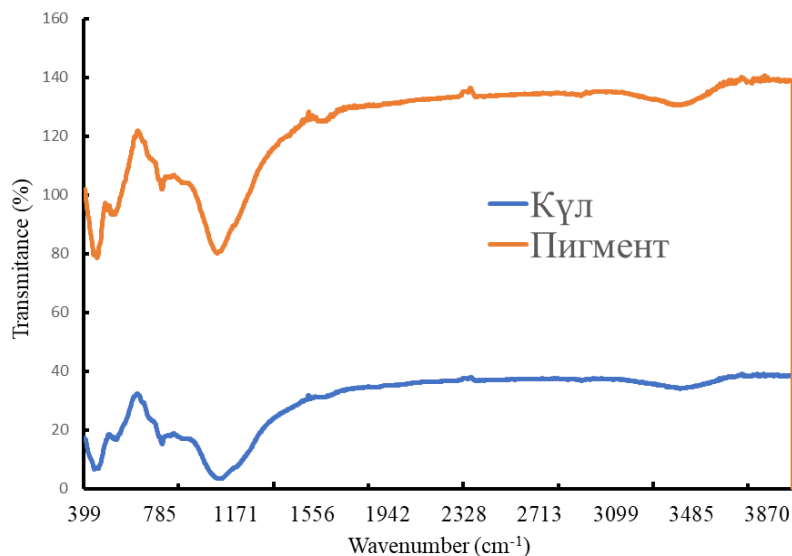
Электрондық микроскопияда (12 сурет) бөлшектердің ұсақ, агрегатталмаған күйде екені байқалды. Беттік құрылымда Fe_2O_3 қабатының ұсақ түйіршікті және жабын түрінде қапталғаны анық көрінеді. Shell қабаты core бетімен жақсы байланысқан және қабаттың қалыңдығы біркелкі, бұл термиялық өңдеу мен органикалық тұрақтандырғыштың оңтайлы үйлесуінің нәтижесі.

Бұл микроскопиялық бақылаулар алынған пигменттің түс тұрақтылығы, дисперсиялық біртектілік және оптикалық қасиеттері тұрғысынан жоғары сапалы екенін көрсетті. Бөлшектердің оңтайлы морфологиясы әрі қарай оларды бояғыштарда, қаптамаларда немесе құрылыс материалдарында тиімді пайдалануға мүмкіндік береді.



12-сурет – Пигменттің микро-морфологиясы: а) 500 есе ә) 2000 есе

Зерттеу барысында бастапқы күл мен 0,06 г/л SDS қатысында, 700 °С температурада алынған темір негізіндегі Core/Shell құрылымды пигменттің химиялық құрылымын салыстыру мақсатында ИК – спектроскопиялық талдау жүргізілді (13 сурет). Спектрлер 4000–400 см^{-1} толқын саны аралығында тіркеліп, үлгілердегі негізгі функционалдық топтардың болуын және олардың өзгерісін бағалауға мүмкіндік берді.



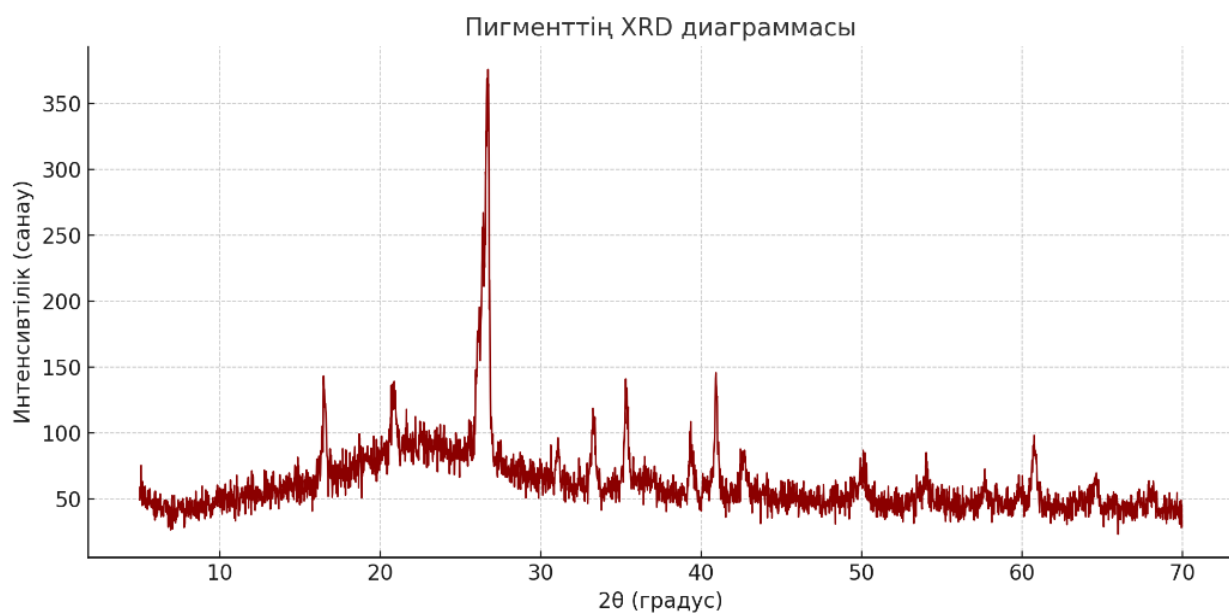
13-сурет– Күл мен алынған пигменттің ИК-спектрлері

Күлдің ИК – спектрінде 460–480 см^{-1} және 780–800 см^{-1} маңайында байқалған жолақтар кремний және алюмосиликат құрылымындағы Si–O–Si, Si–O–Al байланыстарына сәйкес келеді. Бұл күлдің құрамында муллит пен кварц тәрізді алюмосиликат фазалардың бар екендігін көрсетеді. Сонымен қатар, 1100–1170 см^{-1} аралығындағы кең жолақ Si–O–Si асимметриялық созылу тербелістеріне тән, бұл кремний негізді аморфты немесе жартылай кристалды фазалардың болуын дәлелдейді.

1630 см^{-1} маңындағы сигнал адсорбцияланған судың O–H деформациялық тербелістерімен байланысты, ал 3400–3500 см^{-1} аралығындағы кең жолақ гидроксил топтарының созылу тербелісін сипаттайды. Бұл топтар күл бетінің гидратталған күйде екендігін білдіреді.

Алынған пигменттің спектрінде аталған жолақтардың интенсивтілігі едәуір әлсірегені немесе ығысқаны байқалды. Бұл пигменттің бетінде Fe_2O_3 негізіндегі shell-қабат түзілу нәтижесінде бастапқы функционалдық топтардың ИК белсенділігінің төмендегенін көрсетеді. Айқын байқалатын спектрлік өзгерістер, әсіресе Si–O және O–H жолақтарының әлсіреуі, core бетінің қапталғанын және беткі құрылымда темір оксиді фазасының басым екенін дәлелдейді.

Жалпы алғанда, ИК – спектроскопиялық деректер пигменттің синтезі барысында күл бетінің химиялық табиғаты айтарлықтай өзгеріске ұшырағанын, яғни Core/Shell құрылымының түзілуін растайды. Бұл нәтижелер микроскопиялық және визуалды бақылаулармен толық сәйкес келеді.



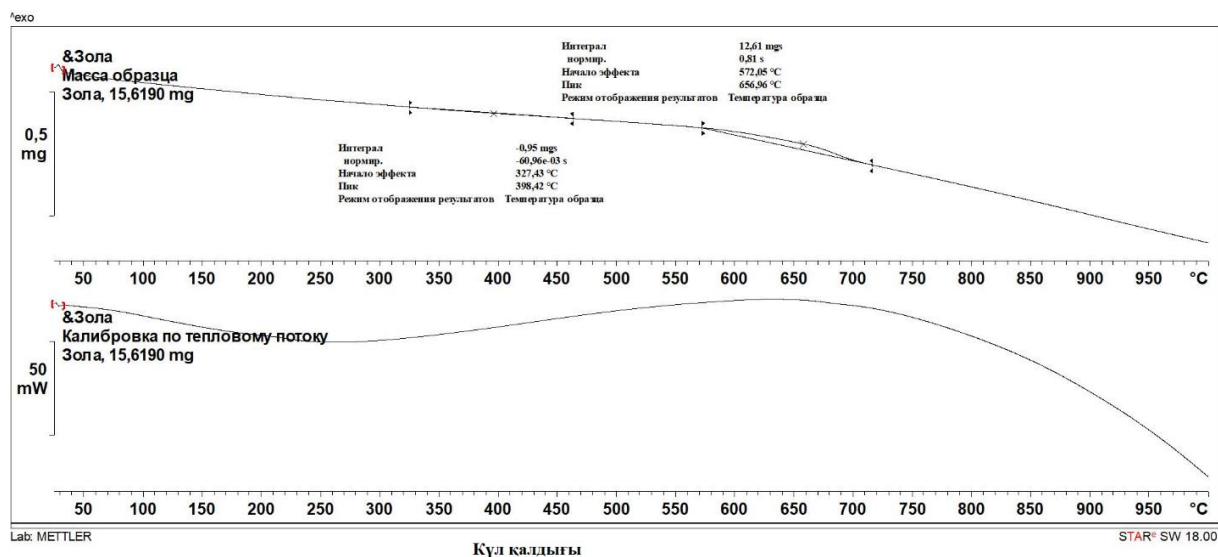
14-сурет - Пигменттің XRD графигі

Core/shell құрылымды пигменттің құрылымдық-фазалық құрамын бағалау мақсатында рентгендік дифракциялық (XRD) талдау жүргізілді. Пигменттің XRD-дифрактограммасы 2θ бұрышының 5° – 70° аралығында алынды (14 сурет).

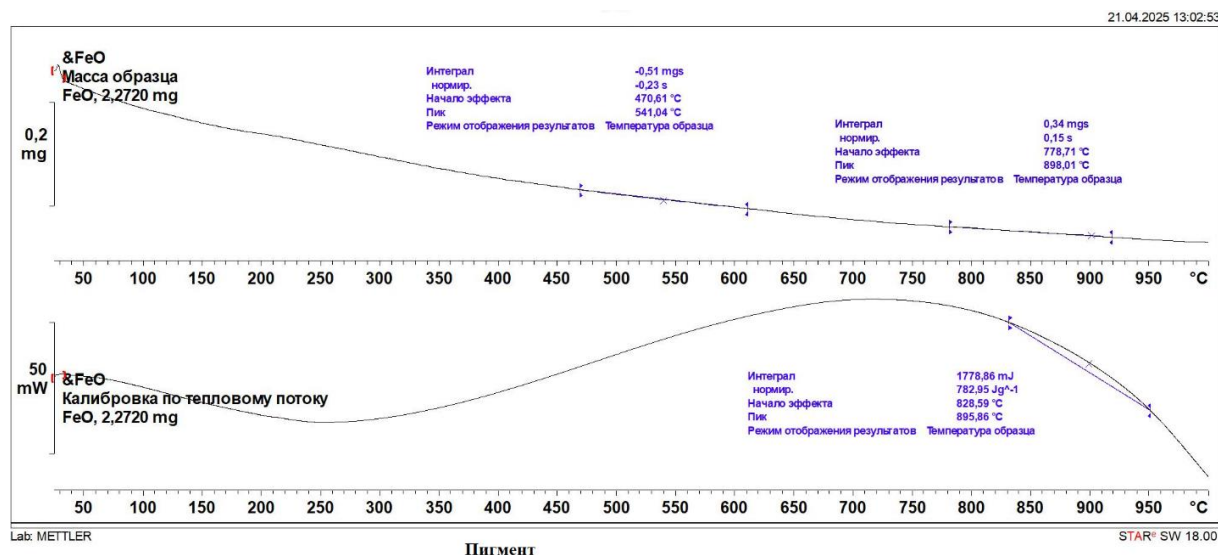
Алынған дифрактограммада $26,2^\circ$, $33,2^\circ$, $35,6^\circ$, $40,9^\circ$, $49,4^\circ$, $54,0^\circ$, $62,4^\circ$ маңайында бірнеше айқын интенсивтілік шыңдары байқалды. Бұл шыңдар гематит фазасына ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$) тән дифракциялық жазықтықтармен сәйкес келеді және темір оксидінің кристалдық күйде бар екендігін көрсетеді. Сонымен қатар, 20 – 30° және 36 – 43° аралығындағы кейбір әлсіз шыңдар алюмосиликат фазаларының қалдық белгісін беруі мүмкін.

Пигмент үлгісінің XRD бейнесі бұрын алынған күлдің дифрактограммасымен (4 сурет) салыстырғанда айтарлықтай ерекшеленеді. Күл үлгісінде кварц (SiO_2), муллит ($3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$) және магнетит (Fe_3O_4) тәрізді фазаларға тән дифракциялық шыңдар байқалса, пигменттің XRD бейнесінде гематит фазасының доминанттылығы көрініс тапты. Бұл өзгеріс пигмент синтезі кезінде темір иондарының гидролизі мен жоғары температурада (700°C) термиялық кристалдану процесінің нәтижесінде қызыл түсті Fe_2O_3 фазасының басым түзілгенін дәлелдейді.

Зерттеліп отырған күл мен синтезделген темір негізіндегі core/shell пигмент үлгілеріне термогравиметриялық (TGA) және дифференциалдық сканерлік калориметриялық (DSC) зерттеулер жүргізілді (15, 16сурет). Бұл әдістер арқылы материалдардың қыздыру кезіндегі массалық өзгерістері мен жылу эффектілері бағаланып, олардың термиялық тұрақтылығы мен фазалық өтулерге қатысты ақпарат алынды.



15-сурет – Күл үлгісінің термогравиметриялық (TGA) және дифференциалдық сканерлік калориметриялық (DSC) қисықтары



16-сурет – Пигмент үлгісінің термогравиметриялық (TGA) және дифференциалдық сканерлік калориметриялық (DSC) қисықтары

Күлдің TGA/DSC нәтижесі

TGA нәтижесі күлдің қыздыру барысында екі сатыда салмақ жоғалтатынын көрсетті:

Бірінші массалық жоғалу ~ 327 °C температурада басталып, 398 °C кезінде максимум көрсетіп, $\sim 0,95$ мг жоғалту байқалды. Бұл органикалық қосылыстардың немесе ылғалданған құрылымдағы адсорбцияланған судың булануы мен термиялық ыдырауына сәйкес келеді.

Екінші фазада ~ 572 – 656 °C аралығында $12,61$ мг массалық жоғалту байқалды. Бұл органикалық емес компоненттердің (мүмкін, көміртек

қалдықтарының) тотығуы немесе алюмосиликаттардың фазалық ауысуына байланысты.

DSC қисығында 650 °C шамасында эндотермиялық максимум анық байқалады, бұл құрылымдағы реакциялық немесе фазалық өтулерге тән.

Пигменттің TGA/DSC нәтижесі

Пигмент үлгісінің TGA қисығы бойынша:

470–541 °C температура аралығында 0,51 мг жоғалту байқалған, бұл аз мөлшердегі гидроксил топтарының немесе комплекстелген органикалық қалдықтардың жойылуымен байланысты.

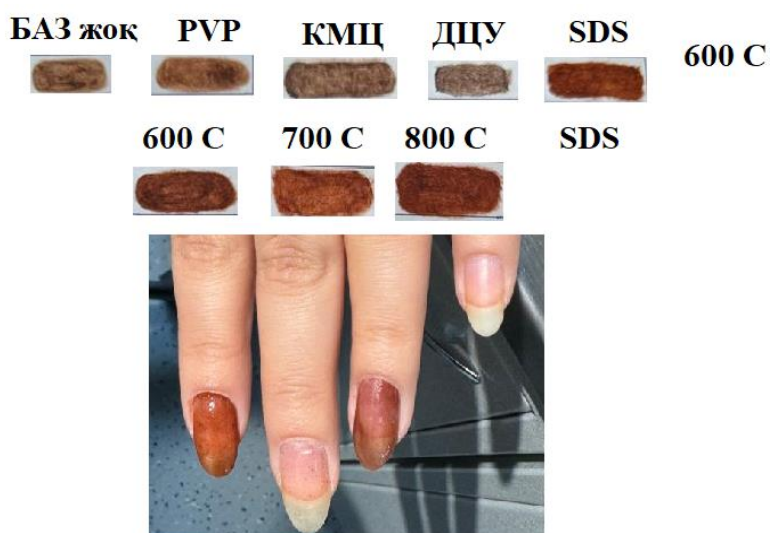
778–898 °C температурада байқалған аздаған массалық өзгеріс (~0,34 мг) және DSC қисығындағы 828–895 °C аралығындағы кең эндотермиялық эффекттер пигменттің кристалдық құрылымындағы өзгерістерді (мысалы, Fe₂O₃ фазасының реттелуі) көрсетуі мүмкін.

Күл қыздыру барысында айтарлықтай массалық жоғалтуға ұшырайды, бұл оның құрамында органикалық қалдықтар мен бос фазалар бар екенін көрсетеді. Бұл оның термиялық тұрақтылығы төмен екенін білдіреді.

Пигмент, керісінше, жоғары температурада тұрақты екенін көрсетті. Айтарлықтай фазалық ыдырау немесе еру белгілері 800 °C-тан жоғары байқалғанымен, бұл процестер баяу және массалық шығын аз.

Пигменттің жоғары термиялық тұрақтылығы оны қызуға төзімді бояғыштар, қаптамалар, керамикалық материалдар мен жоғары температурада қолданылатын құрылыс бұйымдарына қосымша пигмент ретінде қолдануға мүмкіндік береді. Алынған нәтижелер core/shell құрылымының пигменттің тек түсін ғана емес, сонымен қатар жылу тұрақтылығын да арттыратынын дәлелдейді.

Темір тотығы негізіндегі Core/Shell құрылымды пигментті синтездеу нәтижесінде алынған өнімнің қолдану әлеуетін бағалау мақсатында практикалық сынақтар жүргізілді. Пигменттердің түрлі синтез шарттарында (БАЗ түрі мен концентрациясы, күйдіру температурасы) алынған үлгілері мөлдір тырнақ лағымен араластырылып, эстетикалық бояу материалдары ретінде қолданылып көрілді (17 сурет). Бояу дайындалғаннан кейін оны ақ қағаз бетіне жағып, әрі қарай адам тырнағына тікелей қолдану арқылы пигменттің визуалды қасиеттері мен жабысу қабілеті бағаланды.



17-сурет – Әртүрлі синтез шарттарында алынған пигменттердің қағаз бетіне және тырнақ бетіне жағу арқылы қолданылуын визуалды бағалау

Нәтижелерге сүйенсек, 0,06 г/л SDS қатысында 700 °C температурада алынған пигмент біркелкі таралған, ашық қызғылт-қоңыр реңкке ие және лакпен жақсы араласып, бетке жабысу қабілеті жоғары болған. Қалған үлгілерге қарағанда бұл пигмент түс тұрақтылығы, гомогенді құрылымы және эстетикалық тартымдылығы бойынша ең жақсы нәтиже көрсетті.

Алынған пигменттің осындай қасиеттері оны тек сәндік мақсатта ғана емес, сонымен қатар құрылыс, полимерлі материалдар, бояу-лак өнімдері, керамика және антикоррозиялық жабындарда қолдануға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, оның жылу тұрақтылығы мен суға төзімділігі жоғары екені термиялық талдаулармен дәлелденді.

Болашақ зерттеулерге ұсыныстар:

- Core/shell құрылымын нақты дәлелдеу үшін TEM (Transmission Electron Microscopy), XPS және элементтік карта (EDS mapping) әдістері қолданылуы қажет.

- Пигменттің антикоррозиялық қасиетін бағалау үшін металл беттерге жабу арқылы коррозияға қарсы сынақтар жүргізу ұсынылады.

- Тек қызыл-қоңыр емес, басқа да реңктер (мысалы, сары, қоңыр, қара) алу үшін темірдің басқа тотығу деңгейлері (мысалы, Fe_3O_4) мен қосымша модификаторлар (Mn, Co, Cr иондары) қолдану қажет.

- Пигменттің тұрақтылығын, ультракүлгінге төзімділігін және улы элементтердің болмауын анықтау арқылы экологиялық қауіпсіздігін растау керек.

- Лак/бояу ішінде дисперсиялануын арттыру үшін беткі модификациялау (мысалы, сілтілік немесе силикаттық қаптау) зерттелуі мүмкін.

ҚОРЫТЫНДЫ

Бұл дипломдық жұмыста ЖЭО күлін негіз ретінде қолданып, темір тотығына негізделген Core/Shell типті пигменттерді алу және олардың физика-химиялық қасиеттерін кешенді зерттеу жүзеге асырылды. Алдын ала көбікті флотация және магниттік байыту сатылары арқылы күлдің құрамы тиімді түрде бөлініп, темірге бай фракциялар таңдалды. Одан әрі, темір тұздарының қатысуымен гидроксидті тұндыру арқылы күл бетіне Fe_2O_3 негізіндегі қабат түзіп, Core/Shell құрылым жасалды.

Алынған пигменттердің морфологиясы мен кристалдық құрылымы оптикалық микроскопия, SEM, XRD және ИҚ спектроскопия әдістерімен зерттелді. Сонымен қатар, термиялық тұрақтылығы TGA/DSC талдауы арқылы бағаланды. Зерттеу барысында органикалық беттік-активті заттардың түрі мен концентрациясы, сонымен қатар күйдіру температурасы пигменттің түсіне және құрылымына елеулі әсер ететіні анықталды. Атап айтқанда, 0,06 г/л SDS және 700 °C температура шарттары ең оңтайлы нәтиже көрсетті — алынған пигмент ашық реңді, біркелкі және термиялық тұрақты құрылымға ие болды.

Практикалық тұрғыдан пигмент мөлдір лакпен араластырылып, тырнақ бояуы ретінде сынақтан өткізілді. Бұл оның косметикалық және сәндік материал ретінде қолдануға жарамдылығын көрсетті.

Жалпы, бұл зерттеу күл қалдықтарын жоғары қосылған құны бар өнімге айналдырудың тиімді жолын ұсынады. Алынған нәтижелер өнеркәсіп қалдықтарын пигменттік материал ретінде қайта өңдеудің экологиялық және экономикалық әлеуетін дәлелдейді.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР

- [1] Streltsova T. P., Lesovik V. S., Frolova M. A., Perkova M. V., Belikov D. A. Natural iron oxide pigments for the construction industry // *World Applied Sciences Journal*. – 2013. – Vol. 25, № 2. – P. 193–201.
- [2] Touazi Y., Abdi A., Leshaf A., Khimeche K. Influence of heat treatment of iron oxide on its effectiveness as anticorrosion pigment in epoxy-based coatings // *Progress in Organic Coatings*. – 2020. – Vol. 139. – Art. 105458.
- [3] Fiuza T. E. R., Borges J. F. M., da Cunha J. B. M. et al. Iron-based inorganic pigments from residue: Preparation and application in ceramic, polymer and paint // *Dyes and Pigments*. – 2018. – Vol. 148. – P. 319–328.
- [4] Байназарова Т. Б., Тойчибекова Г. Б., Серік Ұ. А., Абдраимова К. Т., Шалабаева Г. С. Қоршаған орта сапасын жақсартуда жылу электр орталығының шығарындыдарын қайта өңдеу жолдары // *Гидрометеорология и экология*. – 2024. – № 4 (115). – Б. 138–151.
- [5] Испандиярова А. Қазақ халық лирикасындағы когнитивті метафораның семантикалық сипаты // *Вестник Евразийского гуманитарного института*. – 2024. – № 4. – Б. 121–129.
- [6] Aibuldinov Y., Nurgaliev N., Safarov R. et al. Тұрмыстық қатты қалдықтарды қайта өңдеу үшін қатты жылу тасымалдаушысы бар жылдам пиролиз технологиясы // *Bulletin of the L. N. Gumilyov Eurasian National University. Chemistry. Geography. Ecology Series*. – 2025. – Vol. 150, № 1. – P. 11–35.
- [7] Федосеева Е. Н., Занозина В. Ф., Зорин А. Д., Самсонова Л. Е. Получение железооксидного пигмента из пыли металлургического производства для использования в строительстве // *Металлург*. – 2015. – № 5. – С. 31–35.
- [8] Мохирева Н. Л., Миролубов В. Р., Низов В. А. Перспективы применения пигментов, полученных из железосодержащих шламов, в составе строительных и лакокрасочных композиций // *Экология и промышленность России*. – 2020. – Т. 24, № 5. – С. 14–20.
- [9] Oyarzún J. M. *Pigment Processing*. – Göttingen: Druckerei Hubert & Co., 2000. – 286 p.
- [10] Кунашева З. Х., Сагидуллина А. Н. Өндірістік шөгінді тұнбалардың физика-химиялық көрсеткіштерін анықтау және оларды екінші-лік қолдану үшін ұсыныстар // *ӨОЖ 54 КБЖ 24 Х-45*. – [баспа деректері көрсетілмеген].
- [11] Sagynova A. K., Zamyrbek F. Z., Nurmahanova A. A., Atabaeva S. D., Kenzhebaeva S. S. Кадмий иондарының және тұзды жағдайлардың арпа (*Hordeum vulgare* L.) өсімдігінің фотосинтездік пигменттер мөлшеріне жеке және бірлескен әсері // *Вестник КазНУ. Серия биологическая*. – 2013. – Т. 57, № 1. – Б. 75–81.
- [12] Mohapatra M., Anand S. Synthesis and applications of nano-structured iron oxides/hydroxides – a review // *International Journal of Engineering, Science and Technology*. – 2010. – Vol. 2, № 8.

- [13] Pfaff G. Iron oxide pigments // *Physical Sciences Reviews*. – 2021. – Vol. 6, № 10. – P. 535–548.
- [14] Одарюк В. А., Тронин С. Я., Сканцев В. И. Проблемы утилизации отходов производства и потребления // *Технологии гражданской безопасности*. – 2012. – Т. 9, № 3. – С. 72–79.
- [15] Шелкунова Н. О., Хабардин В. Н. Отходы производства и их классификация // *Сборник научных трудов*. – 2023. – С. 460–468.
- [16] Коростелева Е. Н., Николаев И. О., Коржова В. В. Особенности формирования структуры спеченных порошковых материалов с использованием отходов металлообработки стальных заготовок // *Обработка металлов: технология, оборудование, инструменты*. – 2022. – Т. 24, № 4. – С. 192–205.
- [17] Jjagwe J., Olupot P. W., Carrara S. Iron oxide nanoparticles/nanocomposites derived from steel and iron wastes for water treatment: A review // *Journal of Environmental Management*. – 2023. – Vol. 343. – Art. 118236.
- [18] Khanna R., Konyukhov Y. V., Burmistrov I. et al. An innovative route for valorising iron and aluminium oxide rich industrial wastes: Recovery of multiple metals // *Journal of Environmental Management*. – 2021. – Vol. 295. – Art. 113035.
- [19] Rane K. K., Date P. P. Reduction and densification characteristics of iron oxide metallic waste during solid-state recycling // *Advanced Powder Technology*. – 2015. – Vol. 26, № 1. – P. 126–138.
- [20] Cunha T. N., Trindade D. G., Canesin M. M. et al. Reuse of waste pickling acid for the production of hydrochloric acid solution, iron(II) chloride and magnetic iron oxide: an eco-friendly process // *Waste and Biomass Valorization*. – 2021. – Vol. 12. – P. 1517–1528.
- [21] Park J. Y. Assessing determinants of industrial waste reuse: The case of coal ash in the United States // *Resources, Conservation and Recycling*. – 2014. – Vol. 92. – P. 116–127.
- [22] Калысбек К. У. Перспективы использования вторичного сырья угольной золы тепловых электростанций в строительстве // *Территория науки*. – 2016. – № 5. – С. 40–45.
- [23] Суи Т. Использование промышленных отходов в цементной промышленности Китая // *Alitinform: Цемент. Бетон. Сухие смеси*. – 2012. – № 6. – С. 6–15.
- [24] Аникеев В., Силка Д. Н. От отходов угольных электростанций к производству строительных материалов // *Энергетическая политика*. – 2021. – № 1 (155). – С. 48–55.
- [25] Mariani F. Q., Borth K. W., Müller M., Dalpasquale M., Anaissi F. J. Sustainable innovative method to synthesize different shades of iron oxide pigments // *Dyes and Pigments*. – 2017. – Vol. 137. – P. 403–409.
- [26] Хабаров Ю. Г., Бабкин И. М. Способ получения оксида железа: пат. RU 2498786. – 2013.
- [27] Распопов Ю. Г., Ленев Л. М., Калиниченко И. И. et al. Способ получения пластинчатого пигмента на основе оксида железа(III): пат. SU

1143956 A5. – 1984.

[28] Елеуов М., Толынбеков А., Абдикерим А. et al. Синтез порошков оксида железа путем переработки отходов стального лома для получения пигментов // *Химия в интересах устойчивого развития*. – 2021. – Т. 29, № 4. – С. 435–441.

[29] Abdou L. A. W., El-Molla M. M., Hakeim O. A. et al. Synthesis of nanoscale binders through mini emulsion polymerization for textile pigment applications // *Industrial & Engineering Chemistry Research*. – 2013. – Vol. 52, № 6. – P. 2195–2200.

[30] Wang D., Liang X., Li Y. Preparation of nearly monodisperse nanoscale inorganic pigments // *Chemistry – An Asian Journal*. – 2006. – Vol. 1, № 1–2. – P. 91–94.

[31] Жук Л. А., Дашченко Н. В., Киселев А. М., Одинцова О. И. Синтез и применение наноразмерных интерференционных пигментов для колорирования и защиты текстильных материалов от загрязнений // *Российский химический журнал*. – 2019. – Т. 63, № 2. – С. 3–9.

[32] Sarkodie B., Acheampong C., Asinyo B., Zhang X., Tawiah B. Characteristics of pigments, modification, and their functionalities // *Color Research & Application*. – 2019. – Vol. 44, № 3. – P. 396–410.

[33] Lomax S. Q., Learner T. A review of the classes, structures, and methods of analysis of synthetic organic pigments // *Journal of the American Institute for Conservation*. – 2006. – Vol. 45, № 2. – P. 107–125.

[34] Benavente-Valdés J. R., Aguilar C., Contreras-Esquivel J. C. et al. Strategies to enhance the production of photosynthetic pigments and lipids in Chlorophyceae species // *Biotechnology Reports*. – 2016. – Vol. 10. – P. 117–125.

[35] Schwarz S., Endriss H. Inorganic colour pigments and effect pigments: technical and environmental aspects // *Review of Progress in Coloration and Related Topics*. – 1995. – Vol. 25, № 1. – P. 6–17.

[36] Böhland T., Brandt K., Brussaard H. et al. Colored pigments // In: *Industrial Inorganic Pigments*. – Weinheim: Wiley-VCH, 2005. – P. 99–162.

[37] Touzi N., Horchani-Naifer K. A study on the preparation and characterization of pigment quality from mill scale steel wastes // *Environmental Science and Pollution Research*. – 2024. – Vol. 31, № 28. – P. 40538–40553.

[38] Llusar M., Badenes J. A., Calbo J., Tena M. A., Monros G. Environmental and colour optimisation of mineraliser addition in synthesis of iron zircon ceramic pigment // *British Ceramic Transactions*. – 2000. – Vol. 99, № 1. – P. 14–22.

[39] Galvão J. L. B., Andrade H. D., Brigolini G. J., Peixoto R. A. F., Mendes J. C. Reuse of iron ore tailings from tailings dams as pigment for sustainable paints // *Journal of Cleaner Production*. – 2018. – Vol. 200. – P. 412–422.

[40] Xu M., Pan G., Shen Q., Guo Y., Zhou M., Liang Q. The color rendering and near infrared reflection properties of coated iron oxide green pigments // *Applied Surface Science*. – 2023. – Vol. 641. – Art. 158525.

РЕЦЕНЗИЯ

Дипломдық жұмыс бойынша
(жұмыс түрінің атауы)

Ғалымова Нұрсауле Тайманқызы
(Білім алушының Т.А.Ә.)

6B07116"Негізгі өндірістер технологиясы және жаңа материалдар"
(ББ шифры және атауы)

Тақырып: Өндіріс қалдықтарынан темір тотығы негізіндегі пигменттік материалдар алу

ЖҰМЫСҚА ЕСКЕРТУЛЕР

Дипломдық жұмыс жылу энергетикасы саласының техногенді қалдықтарын өңдеп, олардан темір тотығына негізделген пигменттер алу мәселесіне арналған. Бұл бағыт ресурс үнемдеу, экология және бейорганикалық химиялық технология салаларында аса өзекті болып табылады.

Зерттеу барысында core/shell құрылымды пигменттер алу мақсатында ЖЭО-ның күлін әртүрлі беттік-белсенді заттармен өңдеу және термиялық өңдеу әдістері қолданылған. Алынған үлгілердің физика-химиялық қасиеттері заманауи аспаптық әдістермен (XRF, XRD, SEM, FTIR, TGA/DSC) зерттеліп, оңтайлы синтез шарттары анықталған.

Жұмыс құрылымы жүйелі, әдеби шолу мазмұнды, әдістеме негізді және алынған нәтижелер талдауы нақты жүргізілген. Зерттеудің ғылыми жаңалығы – өндірістік қалдықтарды жаңа функциялық мақсатта қолдану жолдарының ұсынылуында.

Диплом жұмысы жоғары деңгейде орындалған, студенттің зерттеу дағдыларын, ғылыми ойлау қабілетін және практикалық бағыттағы шешім қабылдау шеберлігін көрсетеді.

Жұмысты бағалау

Ескере отырып практикалық және танымдық құндылығы, тақырып бойынша дипломдық жұмыс «Өндіріс қалдықтарынан темір тотығы негізіндегі пигменттік материалдар алу» орындалды Ғалымова Нұрсауле Тайманқызы "өте жақсы" бағасына лайық (98 балл, А, 98%).

Рецензент

«Ө.Б. Бектұров атындағы ХФИ» АҚ-ның
«Негізгі химиялық заттар және тұздар химиясы» зертханасының
Ж.Т.Қ., Т.Т.Қ. жауымдастырылған профессор
(лауазымы, ғылыми дәрежесі, атағы)



Кайышбаева Р.А.

Қолын
Подпись
Уәләндір
Ақтөбе қаласы
Зав. канцелярией АО ИХН

Дипломдық жұмыс бойынша

ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ ПІКІРІ

Ғалымова Нұрсәуле Тайманқызы

6B07116– «Негізгі өндірістер технологиясы және жаңа материалдар»

Тақырып: «Өндіріс қалдықтарынан темір тотығы негізіндегі пигменттік материалдар алу».

Ғалымова Нұрсәуле Тайманқызының дипломдық жұмысы заманауи экологиялық және технологиялық тұрғыдан өзекті мәселеге арналған. Студент ЖЭО күнінен темір тотығы негізінде Core/Shell типті пигменттер алу бойынша ауқымды зерттеу жұмыстарын жүргізіп, ғылыми негізделген нәтижелерге қол жеткізді.

Жұмыстың құрылымы жүйелі, мазмұны терең. Әдеби шолуда заманауи дереккөздер мен ғылыми мақалаларға сүйеніп, зерттеу бағытының маңыздылығы мен жаңалығын негіздеген. Эксперименттік бөлімде материалдарды дайындау, оларды алдын ала байыту, пигменттерді синтездеу және алынған өнімдердің физика-химиялық қасиеттерін зерттеу әдістері нақты әрі кәсіби сипатталған.

Студент ғылыми терминологияны дұрыс қолдана отырып, зерттеу әдістерін (XRF, XRD, SEM, FTIR, TGA/DSC, зета-потенциал және т.б.) орынды пайдаланған. Тәжірибелік нәтижелерге сапалы талдау жүргізіп, олардың ғылыми тұрғыда маңызын дұрыс түсіндіре алған. Әсіресе, күлдің беттік қасиеттерін қолдана отырып, темір тотығының біркелкі қапталуын қамтамасыз ету – зерттеудің ғылыми жаңалығы ретінде тануға болады.

Жұмыс өзектілігімен, зерттеу тереңдігімен және практикалық маңыздылығымен ерекшеленеді. Оны бояу және құрылыс саласында қолдануға мүмкіндік беретін нақты ұсыныстар келтірілген.

Дипломдық жұмыс жоғары деңгейде орындалған, ғылыми және техникалық талаптарға толық сәйкес келеді. Студент өз алдына қойылған ғылыми-зерттеу міндеттерін толық орындады. Жұмыс қорғауға ұсынылады, бағасы – 95% (өте жақсы).

Ғылыми жетекші

Техника ғылымдарының магистрі,
аға оқытушы

 Далбанбай А.

«13» 06 2025 ж.

Университеттің жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаменті
директорының ұқсастық есебіне талдау хаттамасы

Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры көрсетілген еңбекке қатысты дайындалған Плагиаттың алдын алу және анықтау жүйесінің толық ұқсастық есебімен танысқанын мәлімдейді:

Автор: Ғалымова Нұрсауле

Тақырыбы: ӨНДІРІС ҚАЛДЫҚТАРЫНАН ТЕМІР ТОТЫҒЫ НЕГІЗІНДЕГІ
ПИГМЕНТТІК МАТЕРИАЛДАР АЛУ 2025

Жетекшісі: Амантай Далбанбай

1-ұқсастық коэффициенті (30): 0.5

2-ұқсастық коэффициенті (5): 0

Дәйексөз (35): 0.3

Өріптерді ауыстыру: 12

Аралықтар: 0

Шағын кеңістіктер: 26

Ақ белгілер: 0

Ұқсастық есебін талдай отырып, Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры келесі шешімдерді мәлімдейді :

☒ Ғылыми еңбекте табылған ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді. Осыған байланысты жұмыс өз бетінше жазылған болып санала отырып, қорғауға жіберіледі.

☐ Осы жұмыстағы ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді, бірақ олардың шамадан тыс көптігі еңбектің құндылығына және автордың ғылыми жұмысты өзі жазғанына қатысты күмән тудырады. Осыған байланысты ұқсастықтарды шектеу мақсатында жұмыс қайта өңдеуге жіберілсін.

☐ Еңбекте анықталған ұқсастықтар жосықсыз және плагиаттың белгілері болып саналады немесе мәтіндері қасақана бұрмаланып плагиат белгілері жасырылған. Осыған байланысты жұмыс қорғауға жіберілмейді.

Негіздеме:

Күні 13.06.2025 ж.

Кафедра меңгерушісі Д.Р. м. 02

Ғалымова Н.Н. Куз

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Галымова Нұрсауле

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: ӨНДІРІС ҚАЛДЫҚТАРЫНАН ТЕМІР ТОТЫҒЫ НЕГІЗІНДЕГІ ПИГМЕНТТІК МАТЕРИАЛДАР АЛУ 2025

Научный руководитель: Амантай Далбанбай

Коэффициент Подобия 1: 0.5

Коэффициент Подобия 2: 0

Микропробелы: 26

Знаки из других алфавитов: 12

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

☒ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

☐ Обоснование:

Дата 05.06.2025

 проверяющий эксперт