

**А.О. Оразымбетова¹, Г.Ф. Сагитова^{1*}, А.С. Сидиков², С.А. Сакибаева¹,
А.Ж. Суйгенбаева¹**

¹М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті,

160012, Қазақстан Республикасы, Шымкент қ., Тауке хан даңғылы, 5

²И.М. Губкин. атындағы Ресей мемлекеттік мұнай және газ университетінің филиалы,
100125, Өзбекстан Республикасы, Ташкент қ., Дурмон йули к-сі 34

*e-mail: guzalita.f1978@mail.ru

ШАҢҚАНАЙ КЕН ОРНЫ ТАБИҒИ МИНЕРАЛЫН ФИЗИКАЛЫҚ ЖӘНЕ ХИМИЯЛЫҚ МОДИФИКАЦИЯЛАУ

Аңдатпа: Отандық минералды шикізат негізіндегі резинаның адгезия промоторларын әзірлеу өзекті мәселе болып табылады. Эластомер-металл жүйесіндегі жоғары және тұрақты беріктікпен байланыстың қалыптасуы жаңа рецепттер мен жаңа ингредиенттерді әзірлеу кезінде әрқашан назарда болады. Резина қоспасына никель тұздарын енгізу ылғалдың, жоғары температураның және натрий хлоридінің әсерінен резина – металлкорд жүйесіндегі байланыс беріктігінің тұрақтылығын едәуір арттырады. Өйткені олардың қатысуы $ZnO/Zn(OH)_2$ әлсіз шекаралық қабаттарының түзілуін тежейді. Толықтырғыштар мен адгезия промоторлары ретінде цеолиттерге деген қызығушылық олардың өзіндік құнын төмендетіп қана қоймай, сонымен қатар материалдар мен бұйымдарға сапалы жаңа пайдалы қасиеттер беру және осы қасиеттерді орнату немесе реттеу мүмкіндігіне байланысты. Кез келген минералды шикізаттың қасиеттерін модификациялау арқылы реттеуге болады. Цеолиттерді қышқылдардың, сілтілердің және тұздардың ерітінділерімен термиялық және химиялық өңдеу цеолиттерді модифицирлеуге және белгілі бір мәселені шешуге байланысты олардың қасиеттерін мақсатты түрде өзгертуге мүмкіндік береді. Бұл жұмыста Шаңқанай кен орны цеолитінің физикалық және химиялық модификациясы келтірілген. Табиғи Шаңқанай цеолитінің катион алмасу қасиеттері зерттелді. Бастапқы кальций катионының иондық алмасуы никель катионитіне жүргізілді. Тәжірибелік және физика-химиялық талдау әдістерінің нәтижесі никель ионының микроқатты құрылымға ие цеолит бетіне енуін растайды. Бастапқы цеолиттің құрамындағы Са катионының Ni катиондарымен алмасу дәрежесі шамалы екені анықталды.

Түйін сөздер: цеолит, модификация, ион алмасу, каркас, кеуек, резина, адгезия промоторлары, никель.

Кіріспе. Қазіргі уақытта резина өнеркәсібінде кең қолданыс тапқан көптеген промоторлық жүйелер өзіндік құны жоғары импорттық өнімдер болып табылады. Сондықтан тиімділігі жағынан қол жетімді шикізатпен өндірілетін және салыстырмалы түрде құны төмен, сапасы жоғары жаңа адгезия промоторларын әзірлеу ғылыми зерттеудің өзекті міндеті болып табылады.

Соңғы жылдары минералды шикізат негізіндегі промоторлық жүйелердің жаңа түрлерін дайындау бойынша белсенді зерттеулер жүргізілуде. Бейорганикалық адгезия промоторларына тән ерекшелік – олардың металл иондарын баяу шығару қабілеті. Бұл эксплуатациялау кезінде резина мен жезден жасалған металл арасындағы адгезиялық байланыстың жоғары деңгейде орнығуына оң әсер етеді. Сонымен қатар минералдарға металдарды айтарлықтай мөлшерде енгізу алынатын өнімнің өзіндік құнын төмендетуге мүмкіндік береді.

Адгезия промоторлары ретінде цеолиттерге деген қызығушылық олардың отандық табиғи минерал ретіндегі арзандығына ғана емес, сонымен қатар материалдар мен өнімдерге сапалы жаңа пайдалы қасиеттер беру қабілетіне, осы қасиеттерді орнату немесе түзету мүмкіндігіне байланысты. Кез-келген минералды шикізаттың арнайы қасиеттерін алу үшін физикалық және химиялық модификациялау жүзеге асырылады [1].

Ұсынылған жұмыстың мақсаты – физика-химиялық қасиеттері зерттелген табиғи минералды [1] физикалық және химиялық модификациялау арқылы құрамын, құрылымын, қасиеттерін зерттеу, яғни оны жоғарыда айтылған резина өнеркәсібі саласында қолданылатын промоторлық жүйе ретінде қолданылу мүмкіндігін бағалау.

Цеолиттер – SiO_4 және AlO_4 иондарынан тұратын тетраэдрлік кристалдық тормен ұсынылған ерекше құрылыммен сипатталатын микрокеукті, табиғи немесе синтетикалық алюмосиликатты материалдар. Аталған минералдың құрамындағы кремний оксидінің көп мөлшерде болуы химиялық белсенділігін арттырады және олардың бірегей кеукті қасиеттерінің арқасында әр түрлі салаларда қолданылады [2-4]. Ол сондай-ақ жоғары беттік белсенділікпен және қосымша байланыстарды қалыптастыру қабілетімен ерекшеленеді. Бұл цеолиттің полифункционалды әрекеті резина ингредиенттері үшін қолданылу перспективті болып табылады. Назар аударатын болсақ соңғы жылдары Шанқанай кен орны цеолитін бреккерлі резина қоспасының толықтырғышы ретінде қолданылған [5].

Цеолиттерде молекуланың бүкіл қаңқасы арқылы өтетін көптеген арналар мен тығыз кристалды тор бар. Бұл арналар мен кеуктер цеолит қаңқасының көлемінің 50% алады. Цеолиттер табиғи "молекулалық електер" деп аталады. Әрбір минерал ерекше қасиеттерімен және оның кеуктеріне ене алатын иондар мен молекулалардың белгілі бір мөлшерімен сипатталады. Табиғатта цеолиттер салыстырмалы түрде төмен температурамен ($250 - 300^\circ\text{C}$ дейін) және бірнеше мың атмосфераға дейінгі қысыммен сипатталатын әртүрлі геоклиникалық процестердің дамуы нәтижесінде пайда болады.

Синтетикалық цеолиттерге қарағанда табиғи минералды цеолиттің алмасу қабілеті төмен. Бұл олардың қолданылуын шектеуі мүмкін. Табиғи минералдың алмасу қабілетін жоғарылату үшін модификациялау қажет. Модификациялаудың әртүрлі әдістері бар: механикалық, термиялық, химиялық модификация [6]. Табиғи цеолит бір реттік немесе аралас өңдеумен модификациялануы мүмкін. Ол қыздыру және химиялық модификациялау (қышқыл, сілті және бейорганикалық тұздар) арқылы жүзеге асады.

Цеолитті химиялық және термиялық өңдеу катиондардың миграциясына әкелуі мүмкін. Осылайша кеуктердің ашылуы мен катиондардың орналасуына әсер етеді. Кеукті әзірлеу – бұл қолданылатын әдістер үшін танымал термин өзгертін цеолит модификациялары оның кейбір сорбциялық қасиеттері. Цеолит – ерітінді байланысында ион алмасу және адсорбция процестері бір уақытта жүреді.

Металл хлориді тұздарының ерітінділерінде ион алмасуын жүргізу арқылы Li, K, Ca және Mg және т.б. катион алмасу формаларын алуға болады. Ион алмасу келесі жағдайларда жүзеге асырылады – 70°C температурада ерітіндідегі тұздың концентрациясы 70 г/л. Ион алмасу араластыру жүзеге асатын су моншасында жүргізіледі [7].

Цеолиттердің ион алмасу сыйымдылығы олардың сорбциялық және технологиялық қасиеттерін сипаттайтын негізгі параметрлердің бірі болып табылады. Максималды ион алмасу сыйымдылығы барлық кристалдарда бір ионның екіншісіне толық ауыстырылуына сәйкес келеді. Цеолиттердің ион алмасу қасиеттері цеолиттің кристалдық құрылымы иондарының химиялық жақындығының ерекшеліктерімен анықталады [8].

Цеолиттердегі катион алмасу процесі олардың кристалдық торына металл иондарын енгізу ион алмасу арқылы немесе цеолитті металл тұздары ерітінділермен өңдеу барысында жүзеге асады [9].

Бейорганикалық тұздармен (NaCl , CaCl_2 , BaCl_2 , NH_4Cl , FeCl_3) химиялық модификациялау немесе катионды беттік белсенді зат (гексадецилтриметиламмоний (HDTMA) – бромид) цеолиттің қасиеттерін жақсартуға мүмкіндік береді [9,10]. Цеолиттің құрылымы мен оның химиялық және физикалық қасиеттерін бейорганикалық негіздер (NaOH , Ca(OH)_2) немесе қышқыл ерітінділерімен (HCl , HNO_3) өзгертуге де болады [9-11].

Зерттеу жүргізу объектілері мен әдістері

Зерттеу жұмысында қолданылған материалдар: Шанқанай кен орнының табиғи цеолиті (Алматы облысы, Кербұлақ ауданы), тұз қышқылы, никель хлориді, дистилденген су, күміс нитраты. Тәжірибелік ыдыстар мен қондырғылар: конустық колбалар 250 мл, шыны таяқша, сүзгі қағаздары, өлшеуіш колбалар, аналитикалық таразы, муфель пеші, електер (саңылаулары 0,07-0,08;), су моншасы.

Шанқанай кен орнының цеолитін тазарту келесі әдістеме бойынша жүргізілді: 3 литрлік стакандарға салынған 1,25 мм (0,5 кг) цеолитке 2 литр дистилденген су бірнеше рет құйылып, шыны таяқшамен араластыру арқылы тазартылған цеолит қағаз сүзгісі арқылы өткізілді. Жуу ұзақтығы 1-2 күн.

Цеолитті термиялық өңдеу дайындалған үлгілерді (жуылған және кептірілген цеолит) $100-800^\circ\text{C}$ температурада күйдіруден тұрады. Максималды қыздыру температурасы (800°C). Қыздыру 400/410 муфель пешінде жүргізілді (Naberthem, Carl Stuart Group), бөлшектердің

мөлшері 1,0-1,4 мм болатын цеолит үлгілері 100 г мөлшерінде ыстыққа төзімді дөңгелек түпті фарфор ыдыста муфель пешіне орналастырылды, статикалық жағдайда 100-800°C температура аралығында 1 сағат бойы термиялық өңдеуден өтті, содан кейін термиялық өңделген цеолиттер толық салқындағанша CaCl_2 бар эксикаторларға орналастырылды [12].

Термиялық өңдеуден кейін цеолиттердің кеуектерінің ішін қоспалардан тазартып, арналарын кеңейту мақсатында 1,0 н тұз қышқылының ерітіндісімен өңдедік, процесс 1-1,5 сағат, 80-90°C су моншасында жүзеге асырылды. Процесс аяқталғанда цеолиттерді сүзгі қағазында дистилденген сумен бірнеше рет шаю арқылы хлор атомынан тазартып, алдымен бөлме температурасында, содан соң 95 °C термошкафта кептірілді [13, 14].

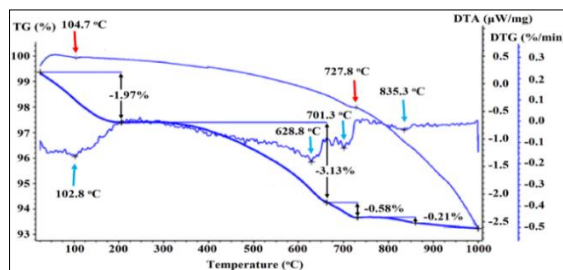
«Сұйық фазалы» ион алмасу арқылы никель құрамды цеолиттерді алуға болады, ол никель тұзының 1 н сулы ерітінділерін пайдалана отырып, аралас орбиталық-сызықтық шайқалатын су моншасында жүзеге асырылады. Мұнда жоғарыдағы химиялық өңдеу әдісінің тәртібі бойынша жұмыс жасаймыз, ескеретін жағдай процесс аяқталғанда никель құрамды цеолитті хлор атомынан тазарту мақсатында дистилденген сумен бірнеше рет шайып, күміс нитратының көмегімен тексереміз [13, 14].

Никель хлориді ерітіндісімен өңделген цеолитті сүзгі қағазында дистилденген сумен бірнеше қайтара жуып, Cl^- ионы жойылғанға дейін, содан кейін термостатта 90-95°C температурада кептіріледі. Никель хлоридімен өңделген цеолиттерді кептірігеннен кейін ұсақтағыш диірменнің көмегімен механикалық өңдеу жүргізілді, яғни диаметрі (0,07-0,08) електен өткізіліп физика-химиялық талдау жүргізілді.

Жұмыста зерттелетін үлгілердің физика-химиялық қасиеттерін анықтау үшін келесі құрылғылар қолданылды: Netzsch STA 2500 Regulus термоанализаторы; Piketechnologies фирмасы, ShimadzuIRPrestige-21 ИК-Фурье спектрометрі; сканерлейтін электронды микроскопия (Quanta 200i 3D, FEI Company, АҚШ).

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау

Цеолитті термогравиметриялық талдау NETZSCH STA 2500 Regulus термоанализаторында анықталды. Зерттеу барысында салмақ жоғалту қисықтары (TG), дифференциалды термиялық талдау (DTT) және дифференциалды термогравиметриясы NETZSCH STA 2500 Regulus термоанализаторында 10°C/мин қыздыру жылдамдығымен тіркелді. Шанқанай кен орнының цеолиті ($(\text{Na}_{0.115}\text{K}_{0.079}\text{Ca}_{0.228}\text{Mg}_{0.175})[\text{AlSi}_{2.96}\text{O}_{7.92}]$) – гейландит, хабазит және кварц қоспасы; оның термогравиметриялық қисықтары 1 суретте келтірілді.



Сурет 1 – Зерттелетін цеолит үлгісін DTT / TG талдау (сәйкесінше DTT және DTG қисығындағы эндотермиялық шыңдары қызыл және көк бағдар сызықтарымен көрсетілген)

Зерттелетін цеолиттегі өлшенген массаның жоғалуының өте аз мәні (жалпы салмақтың 5,89%) цеолит фазаларының дегидратациясын көрсетеді. Химиялық құрамның эмпирикалық формуласына негізделген және үлгіде кварцтың болуын ескеретін есептеу бұл жалпы массаның жоғалу мәні алюминий атомына бір су молекуласынан сәл артық екенін көрсетеді ($0,91\text{SiO}_2 + (\text{Na}_{0.115}\text{K}_{0.079}\text{Ca}_{0.228}\text{Mg}_{0.175})[\text{AlSi}_{2.96}\text{O}_{7.92}] \cdot \text{H}_2\text{O}, 5,48\%$). Алайда, рентгендік спектроскопияға сәйкес, үлгідегі оттегінің мөлшері алюминий атомына шамамен үш су молекуласының болуына сәйкес келеді. Бұл жағдайда тіркелген аз салмақ жоғалтуды су молекулаларының көпшілігінің төмен температурада дегидратациясы немесе оны жоғары температураға дейін кристалдық торда ұстау арқылы түсіндіруге болады. Осылайша, бұл сұрақ қосымша зерттеуді қажет етеді.

Судың үшінші бөлігі кристалдардан 200°C температурада 102,8°C температурада эндоэффектімен кетеді, су молекулаларының жартысына жуығы 660°C температурада 628,8 °C температурада жойылады, қалған судың аз бөлігі эндоэффектілері бар екі сатыда жоғары температурада жоғалады; DTT қисығы 960°C кезінде әлсіз экзоэффект көрсетпеді, бұл хабазитке тән.

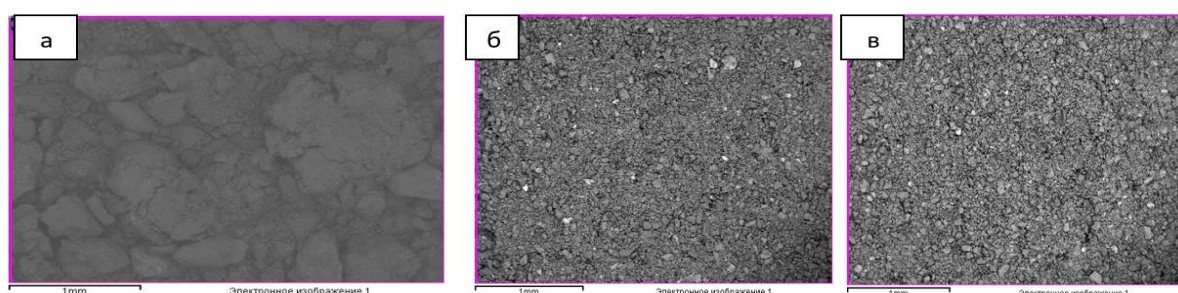
Зерттелетін цеолит үлгісін термогравиметриялық талдауы 1 кестеде келтірілді.

Кесте 1 – Зерттелетін цеолит үлгісін термогравиметриялық талдау

Салмақ жоғалту (%)	1,97	3,13	0,58	0,21
Температура аралығы (°C)	<200	200-660	660-730	730-860
ДТГ шыңдары (%/min)	-0,17	-0,19	-0,08	-0,004
Температура(°C)	102,8	628,8	701,3	835,3
ДТТ шыңдары (μW/mg)	0,472		0,431	
Температура(°C)	104,7		727,8	

Осылайша, температураға тұрақты Шанқанай кен орнының цеолиті судың аз мөлшерін жоғалтады (бір алюминий атомына бір молекула), дегидратация процесі 1000°C температураға дейін төрт сатыда жүреді [15, 16].

Цеолиттер бетінің көрінісі сканерлеуші электронды микроскоп (СЭМ) арқылы алынды. СЭМ –талдау нәтижелеріне сәйкес, цеолиттер бетінде айтарлықтай өзгерістер байқалады (2 сурет), яғни цеолитті термиялық және алдымен қышқыл, содан кейін никель тұзының ерітіндісімен өңдеуден кейін цеолит бетінің морфологиясы да өзгеріске ұшырағаны көрініп тұр.



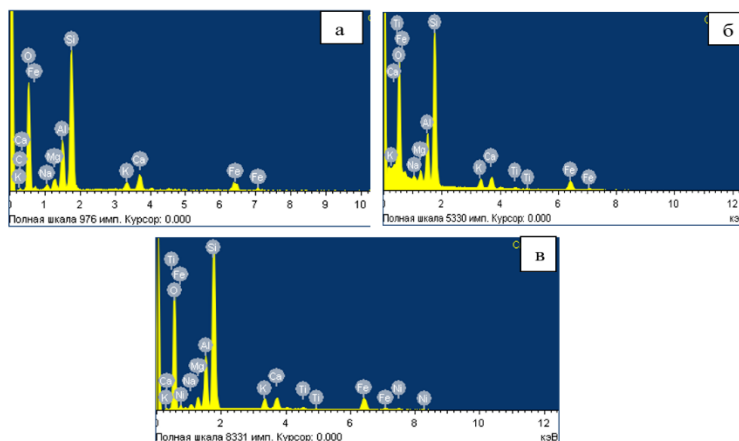
Сурет 2 – Цеолиттердің микрофотографиясы
а – табиғи, б – қышқылмен модифицирленген, в – никельмен модифицирленген

Зерттелетін цеолит үлгілерінің энергия дисперсиялық спектрлері 3 – суретте, ал элементтік құрамдары 2 – кестеде келтірілген.

3 суреттегі цеолиттердің энергия дисперсиялық спектрлері мен 2 – кестедегі олардың элементтік құрамының сәйкестігі оларды элементтік талдау нәтижесін анықтауға мүмкіндік береді. Суреттерде айқын көрсетілген элементтердің көп мөлшері: көміртегі (а) оттегі, кремний, алюминий және темір екенін көрсетті, сондай-ақ Na, Mg, K, Ca, Ti сияқты металдардың аз мөлшері болатыны анықталды.

Ал б, в – үлгілерінде термиялық өңдеу нәтижесінде көміртегі атомы жойылған және элементтердің мөлшері өзгеріске ұшыраған, в – үлгісінде никель элементінің пайда болғанын байқаймыз.

Табиғи цеолитте көміртегі атомы 4,89 пайызбен келтірілген, ал кейінгі модификацияланған цеолиттерде көміртегі атомы жойылған, элементтік мөлшері өзгеріске ұшыраған, яғни табиғи минерал термиялық, химиялық өңдеуден өткен.



Сурет 3 – Цеолиттердің энергия дисперсиялық спектрлері
а – табиғи, б – қышқылмен модифицирленген, в – никельмен модифицирленген

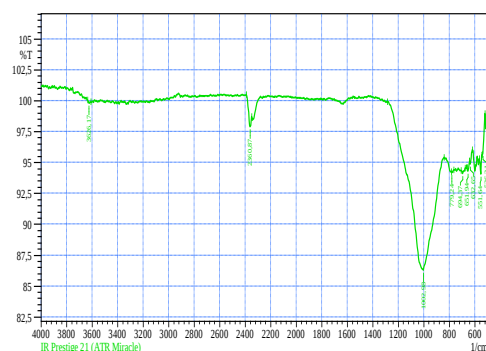
Кесте 2 – Зерттелетін цеолит үлгілерінің элементтік құрамы

Табиғи цеолит		Қышқылмен өңделген цеолит		Никель хлоридімен өңделген цеолит	
Элемент	Салмақтық %	Элемент	Салмақтық %	Элемент	Салмақтық %
C	4,89	-	-	-	-
O	50,84	O	52,43	O	50,76
Na	1,56	Na	1,16	Na	1,17
Mg	1,95	Mg	1,80	Mg	1,89
Al	7,41	Al	7,34	Al	7,77
Si	21,92	Si	25,86	Si	24,85
K	1,61	K	1,81	K	2,18
Ca	3,98	Ca	2,80	Ca	2,65
Fe	5,84	Fe	6,15	Fe	7,03
	-	Ti	0,65	Ti	0,67
	-	-	-	Ni	1,05
Барлығы	100	Барлығы	100	Барлығы	100

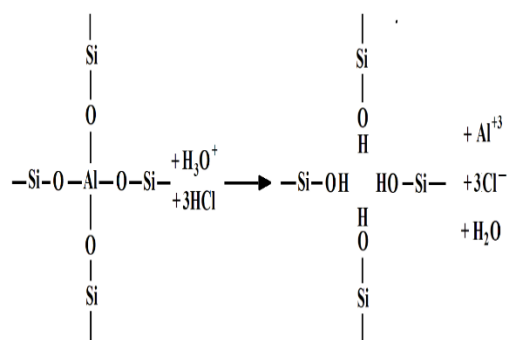
Никель хлориді ерітіндісімен өңделген цеолиттің бетіне никель атомы отырғанын анықтадық. Нәтижеде табиғи цеолиттің элементтік құрамында өзгерістің болуы, үлгілердің модифицирленгенін айқындайды

ИҚ-спектроскопия зерттелетін сынаманың құрылымы мен басқа қасиеттері туралы сипаттайды және олардың өзгерісі туралы мәлімет береді. Шанқанай кен орны табиғи цеолитінің ИҚ- спектрі [1] мақалада келтірілген.

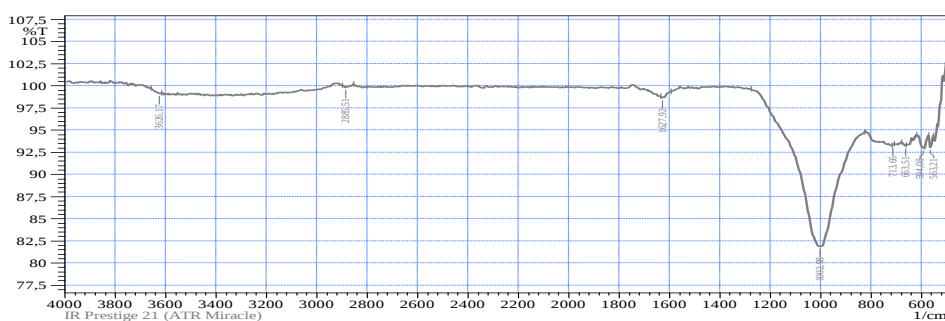
Тұз қышқылымен және никель тұзымен модификацияланған цеолиттің ИҚ- спектрлері 4 – 6 суреттерде келтірілді.



Сурет 4 – Қышқылмен өңделген цеолит үлгілерінің ИҚ- спектрі



Сурет 5 – Қышқылдық деалюминациялау және гидроксил ұяшығының түзілу схемасы [19]



Сурет 6 – Никельмен өңделген цеолит үлгілерінің ИҚ- спектрі

Қышқылмен өңделген цеолиттің ИҚ-спектрі (4 сурет) келесі сіңіру жолақтарының жиынтығымен сипатталады: $3626,17 \text{ см}^{-1}$ жұтылу жолағы құрылымдық гидроксил топтарының тербелісіне сәйкес келеді, олар цеолиттің қаңқасындағы протоны мен оттегі атомдарының әрекеттесуінен түзілген. Бұл гидроксил топтары катион алмастырылған формалардан пайда болады. $632,65\text{-}779,24 \text{ см}^{-1}$ аймағындағы жұтылу жолақтары силикат модуліне байланысты,

және алюминийдің деалюминациясын көрсетеді. Тұз қышқылының әсерінен алюминийдің бұл аймақта ішінара жойылуы байқалады, сондықтан аталған факт цеолиттің ішінара деалюминациясының дәлелі [17].

Сонымен қатар 2360,87 см⁻¹, 536,21 см⁻¹, 551,64 см⁻¹ қосымша сызықтар тетраэдр ұшында орналасқан ОН топтарының деформациялық тербелістеріне сәйкес келеді. Бұл топтар Al(OH)₃ тетраэдріндегі алюминиймен байланысты Н⁺ және ОН топтарының қышқылдық орталықтарының қалыптасуын көрсетеді. 1002,98 см⁻¹ жұтылу Si(Al)-О байланыстарының тетраэдрлік тербелістеріне сәйкес келеді. Тұз қышқылымен өңделген цеолиттің спектріндегі бұл өзгеріс алюминийдің тетракоординирленген жағдайдан алмасу жағдайына өтуімен байланысты. Яғни тұзқышқылының әсерінен цеолит құрылымында бірнеше химиялық өзгерістер мен деалюминация процесі орын алады. Бұл, өз кезегінде, катиондық алмасу мүмкіндіктерін арттыруы мүмкін, себебі деалюминация кезінде алюминий элементі ерітіндіге ауысып, құрылымдық өзгерістерді тудырады.

Цеолит құрылымындағы арналар мен қуыстарда орналасқан ауыстырылатын катиондар кейде арналар жүйесін блоктайды. Катиондардан басқа, каркастағы алюминийді қышқылдың әсерінен ығыстырып жоюға болады, бұл деалюминацияға ұшырау цеолит минералының құрылымын бұзуы мүмкін. Цеолит торынан алюминийді алу гидроксил ұяшығының пайда болуына әкеледі (5 сурет). Цеолит микроқуысында айтарлықтай орын алатын катиондарды қышқылмен өңдеу арқылы жоюға болады.

Демек, қышқылды өңдеудің артықшылығы – қоспаларды кетіру және осылайша жаңа торі тесігі мен белсенді орталықтардың пайда болуымен түсіндіріледі, ал қышқылдың жоғары концентрациясында пайда болатын кемшілік - бұл цеолит қаңқасының ішінара немесе толық бұзылуына әкелуі мүмкін деалюминация.

Осылайша спектрлерді талдау, цеолитті тұз қышқылымен тазалауда арналардың ашылуы байқалды, ал оны келесі кезекте никельмен өңдегенде ашылған арналарға никельдің енуі функционалдық топтардың қатысуымен металдар иондарының сорбциясы ион алмасу процесімен анықталатыны зерттелді.

Никельмен модификацияланған цеолиттің ИҚ-спектрін (6 – сурет) талдау негізінде бірнеше маңызды нәтижелер мен тұжырымдар жасалуы мүмкін: 563,21 см⁻¹, 594,08 см⁻¹, 663,51 см⁻¹ және 713,66 см⁻¹ жұтылу жолақтары Si-O, Ni-O, Ti-O, ν(Al-O) және байланыстарының валенттік және деформациялық тербелістеріне сәйкес келеді. Бұл өзгерістер цеолиттің құрылымындағы байланыстардың күйін және олардың никельмен модификациясының әсерін көрсетеді. Бұл тербелістер цеолит қаңқасының құрылымында және металл иондарының әсерінен орын алатын өзгерістерді бейнелейді. 1002,98 см⁻¹ жұтылу жолағы Al-OH байланыстарының валенттік тербелістеріне сәйкес келеді.

Никель катионының әсері нәтижесінде осы топтардың әрекеті және металл иондарының құрылымға қосылуы анықталады. 1627,92 см⁻¹, 2885,51 см⁻¹ және 3626,17 см⁻¹ жолақтары О-Н және Н-О-Н валенттік байланыстарының тербелістерімен сипатталады. Бұл тербелістер су молекулаларының немесе гидроксил топтарының байланыс тербелістері болып табылады, никель катионының сорбциясы нәтижесінде цеолит қаңқасының артық теріс зарядының төмендеуіне алып келеді. Осылайша металл иондарының сорбциясы цеолиттің беткі орталықтарында жүреді, оларда ішінара деалюминация орын алады, ал никель катионы функционалдық топпен әрекеттесіп ион алмасумен реакциясы арқылы Ni(OH)₂ күйге өтеді. Сонымен қатар никель ионы, цеолиттің алтыбұрышты призмаларының кіші қуыстарындағы гидроксил топтарының оттегісімен байланысқа түсуі мүмкін [19, 20].

Осылайша спектрлерді талдау нәтижесі цеолитті тұз қышқылымен тазалауда арналардың ашылуы байқалды, ал оны келесі кезекте никельмен өңдегенде ашылған арналарға никельдің енуі функционалдық топтардың әрекетінде металдар иондарының сорбциясы ион алмасу процесімен жүзеге асатыны зерттелді.

Қорытынды. Алматы облысының Шанқанай кен орны табиғи цеолитін физикалық және химиялық модификациялау жүзеге асырылды. Нәтижесінде қышқылмен өңделген цеолиттің ішкі қуыстары мен каналдардың мөлшері ұлғаятыны анықталды. Бағытталған модификация барысында цеолит-никель тұзының ерітіндісі байланысында ион алмасу және адсорбция процестері орын алды. Никель катионының цеолит арналарына енуі ион алмасу реакциясы арқылы алынды

Тәжірибелік және физика-химиялық талдау әдістерінің нәтижесі никель ионының микроқатты құрылымға ие цеолит бетіне енуін растайды. Бастапқы цеолиттің құрамындағы Са катионының Ni катиондарымен алмасу дәрежесі шамалы екені анықталды.

Демек физика-химиялық талдау нәтижелері Шанқанай кен орны табиғи цеолитінің физикалық және химиялық әдістер арқылы модификацияланғанын көрсетеді.

Алдағы уақытта никель тұзымен модификацияланған цеолитті резинаның промоторлық жүйесі ретінде қолданылу мүмкіндігін зерттейтін боламыз.

Әдебиеттер тізімі

1. Шанқанай кен орнындағы цеолиттердің физика-химиялық қасиеттерін зерттеу / А.О. Оразымбетова и др. // ҚР ҰҒА Хабарлары. Химия және технология сериясы. – 2024. – Т. 2, № 459. – Б. 138-150. <https://doi.org/10.32014/2024.2518-1491.228>.
2. Влияние термической обработки на сорбционные характеристики цеолита применяемого в процессе очистки воды / М.А. Сейтжанова и др. // Горение и плазмохимия. – 2023. – № 21. – С. 173-179. [https://doi.org/10.18321/cpc21\(3\)173-179](https://doi.org/10.18321/cpc21(3)173-179).
3. Myrzaliev S.K. Wastewater treatment using natural zeolite materials / S.K. Myrzaliev, G.N.I.P. Pratama, A.G. Khamidulla // Complex Use of Mineral Resources. – 2021. – № 2(317). – P. 64-68.
4. Al-Waste-Based Zeolite Adsorbent Used for the Removal of Ammonium from Aqueous Solutions / R. Sanchez-Hernandez et al // International Journal of Chemical Engineering. – 2018. – P. 1-11.
5. Туребекова Г.З. Цеолит в резиновой промышленности / Г.З. Туребекова, Н.О. Джакипбекова, С.А. Сакибаева // ЮКГУ им. М. Ауэзова, г. Шымкент. <http://www.dpzzz.com/en/publications/10.html>.
6. Шанқанай цеолитінің сорбциялық қасиеттеріне модификаторлар табиғатының әсері / Р.Ө. Қайыңбаева және т.б. // Қазақстанның химиялық журналы. – 2021. – Т.3, № 75. – Б. 36-46. <https://doi.org/10.51580/2021-1/2710-1185.37>.
7. Surface analysis of zeolites: an XPS, variable kinetic energy XPS, and low energy ion scattering study / S.R. Bare et al // Surf. Sci. – 2016. – Vol. 648. – P. 376-382.
8. Мамедова Г.А. Ионнообменные свойства природного цеолита морденита / Г.А. Мамедова // Тонкие химические технологии. – 2016. – Т.11, № 1. <https://doi.org/10.32362/2410-6593-2016-11-1-29-33>.
9. Mumpton F.A. La rocamagica: uses of natural zeolites in agriculture and industry / F.A. Mumpton // Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. – 1999. – № 96(7). – P.3463- 3470.
10. Li M. Application of modified zeolite for ammonium removal from drinking water / Li M. et al // Desalination. – 2011. – V. 271 (1-3). – P. 29-300.
11. In situ and ex situ study of the enhanced modification with iron of clinoptilolite-rich zeolitic tuff for arsenic sorption from aqueous solutions / M.M. Davila-Jimenez et al // J.Colloid.Interf.Sci. – 2008. – № 322. – P. 527-536.
12. Applicability of Zeolite from the Daubabinsk and Chankanai Deposits as a Sorbent for Natural Waters / E.I. Kuldeyev et al // Water. – 2023. – № 15(12). – P. 2231.
13. Acid Resistance and Ion-Exchange Capacity of Natural Mixtures of Heulandite and Chabazite / V. Tsitsishvili et al // Minerals. – 2023. – № 13. – P. 364. <https://doi.org/10.3390/min13030364>.
14. Acid treatment of Georgian, Kazakhstani and Armenian natural heulandite-clinoptilolites II / V. Tsitsishvili // Adsorption and porous structure. (Scientific Collection «InterConf+», 31(147): with the Proceedings of the 6th International Scientific and Practical Conference «International Scientific Discussion: Problems, Tasks and Prospects» (March 19-20, 2023; Brighton, United Kingdom), InterConf. – 2023. – № 147. – P. 483-502. <https://doi.org/10.51582/interconf.19-20.03.2023.052>.
15. Губайдуллина А.М., Корнилов А.В., Николаев К.Г. Исследование термического поведения модифицированной цеолитсодержащей кремнистой породы методами ТГ и ДТА / Губайдуллина А.М., Корнилов А.В., Николаев К.Г. // Химические науки, <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-termicheskogo-povedeniya-modifitsirovannoy-tseolitsoderzhashey-kremnistoy-porody-metodami-tg-i-dta>.
16. Характеристика грузинских, казахских и армянских природных геуландит-клиноптилолитов / В. Цицишвили и др. // Bull. Georgian Natl. Acad. Sci. – 2022. – № 16(4). – P.115-122.
17. Дампилова Б.В. ИК-спектроскопическое исследование природных цеолитов и их лантансодержащих форм / Б.В.Дампилова, Э.Л. Зонхоева // Сорбционные и

- хроматографические процессы. – 2019. – Т.19 (1). – С. 52-58. <https://doi.org/10.17308/sorpchrom.2019.19/648>.
18. ISTC Project No. #GE-2506. Project title Scientific substantiation of the possibility of creating new bactericidal zeolite filter materials for purification-decontamination of water from various sources. Quarterly Technical Report. – Quarter. – 2023. – № 3. – P. 9.
19. Павлов С.С. Исследование цеолитов, модифицированных наночастицами Ni, методом ИК-спектроскопии / С.С. Павлов, Е.С. Астапова. – 2010. – № 49. <https://vestnik.amursu.ru/archive/2010/49/issledovanie-tseolitov-modifitsirovannyh-nanochastitsami-ni-metodom-ik-spektroskopii/>.
20. Цинцаладзе Г.П. ИК-спектры и каталитические свойства природных и синтетических высококремнеземных цеолитов: дис. канд. хим. наук: 02.00.04 / Цинцаладзе Георгий Петрович. – Тбилиси, 1984. – 205 с.

References

1. Shanqanai ken ornındary tseolitterdiń fizika-khimiyaлық қasiеттерін zertteu / A.O. Orazymbetova i dr. // ҚР ҰҒА Хабарлары. Khimiya zhəne tekhnologiya seriyası. – 2024. – Т. 2, № 459. – В. 138-150. <https://doi.org/10.32014/2024.2518-1491.228>. (In Kazakh).
2. Vliyanie termicheskoi obrabotki na sorbtionnye kharakteristiki tseolita primenyaemogo v protsesse ochistki vody / M.A. Seitzhanova i dr. // Gorenje i plazmokhimiya. – 2023. – № 21. – S. 173-179. [https://doi.org/10.18321/cpc21\(3\)173-179](https://doi.org/10.18321/cpc21(3)173-179). (In Russian).
3. Myrzalieva S.K. Wastewater treatment using natural zeolite materials / S.K. Myrzalieva, G.N.I.P. Pratama, A.G. Khamidulla // Complex Use of Mineral Resources. – 2021. – № 2(317). – P. 64-68. (In English).
4. Al-Waste-Based Zeolite Adsorbent Used for the Removal of Ammonium from Aqueous Solutions / R. Sanchez-Hernandez et al // International Journal of Chemical Engineering. – 2018. – P. 1-11. (In English).
5. Turebekova G.Z. Tseolit v rezinovoi promyshlennosti / G.Z. Turebekova, N.O. Dzhakipbekova, S.A. Sakibaeva // YUKGU im. M. Auehzova, g Shymkent. <http://www.dpzzz.com/en/publications/10.html>. (In Russian).
6. Shanqanai tseolitiniń sorbtısiyaлық қasiеттерine modifikatorlar tabıratynıń әseri / R.Ә. Қайыңбаева zhəne t.b. // Қазақstannıń khimiyaлық zhurnalı. – 2021. – Т.3, № 75. – В. 36-46. <https://doi.org/10.51580/2021-1/2710-1185.37>. (In Kazakh).
7. Surface analysis of zeolites: an XPS, variable kinetic energy XPS, and low energy ion scattering study / S.R. Bare et al // Surf. Sci. – 2016. – Vol. 648. – P. 376-382. (In English).
8. Mamedova G.A. Ionoobmennye svoistva prirodnogo tseolita mordenita / G.A. Mamedova // Tonkie khimicheskie tekhnologii. – 2016. – Т.11, № 1. <https://doi.org/10.32362/2410-6593-2016-11-1-29-33>. (In Russian).
9. Mumpton F.A. La rocamagica: uses of natural zeolites in agriculture and industry / F.A. Mumpton // Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. – 1999. – № 96(7). – P.3463- 3470. (In English).
10. Li M. Application of modified zeolite for ammonium removal from drinking water / Li M. et al // Desalination. – 2011. – V. 271 (1-3). – P. 29-300. (In English).
11. In situ and ex situ study of the enhanced modification with iron of clinoptilolite-rich zeolitic tuff for arsenic sorption from aqueous solutions / M.M. Davila-Jimenez et al // J.Colloid.Interf.Sci. – 2008. – № 322. – P. 527-536. (In English).
12. Applicability of Zeolite from the Daubabinsk and Chankanai Deposits as a Sorbent for Natural Waters / E.I. Kuldeyev et al // Water. – 2023. – № 15(12). – P. 2231. (In English).
13. Acid Resistance and Ion-Exchange Capacity of Natural Mixtures of Heulandite and Chabazite / V. Tsitsishvili et al // Minerals. – 2023. – № 13. – R. 364. <https://doi.org/10.3390/min13030364>. (In English).
14. Acid treatment of Georgian, Kazakhstani and Armenian natural heulandite-clinoptilolites II / V. Tsitsishvili // Adsorption and porous structure. (Scientific Collection «InterConf+», 31(147): with the Proceedings of the 6th International Scientific and Practical Conference «International Scientific Discussion: Problems, Tasks and Prospects» (March 19-20, 2023; Brighton, United Kingdom), InterConf. – 2023. – № 147. – R. 483-502. <https://doi.org/10.51582/interconf.19-20.03.2023.052>. (In English).
15. Gubaidullina A.M., Kornilov A.V., Nikolaev K.G. Issledovanie termicheskogo povedeniya modifitsirovannoi tseolitsoderzhashchei kremnistoi porody metodami TG i DTA / Gubaidullina A.M.,

Kornilov A.V., Nikolaev K.G. // Khimicheskie nauki, <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-termicheskogo-povedeniya-modifitsirovannoy-tseolitsoderzhaschey-kremnistoy-porody-metodami-tg-i-dta>. (In Russian).

16. Kharakteristika gruzinskikh, kazakhskikh i armyanskikh prirodnykh geulandit-klinoptilolitov / V. Tsitsishvili i dr. // Bull. Georgian Natl. Acad. Sci. – 2022. – № 16(4). – P.115-122. (In Russian).

17. Dampilova B.V. IK-spektroskopicheskoe issledovanie prirodnykh tseolitov i ikh lantansoderzhashchikh form / B.V.Dampilova, E.H. Zonkhoeva // Sorbtsionnye i khromatograficheskie protsessy. – 2019. – T.19 (1). – S. 52-58. <https://doi.org/10.17308/sorpchrom.2019.19/648>. (In Russian).

18. ISTC Project No. #GE-2506. Project title Scientific substantiation of the possibility of creating new bactericidal zeolite filter materials for purification-decontamination of water from various sources. Quarterly Technical Report. – Quarter. – 2023. – № 3. – R. 9. (In English).

19. Pavlov S.S. Issledovanie tseolitov, modifitsirovannykh nanochastitsami Ni, metodom IK-spektroskopii / S.S. Pavlov, E.S. Astapova. – 2010. – № 49. <https://vestnik.amursu.ru/archive/2010/49/issledovanie-tseolitov-modifitsirovannykh-nanochastitsami-ni-metodom-ik-spektroskopii/>. (In Russian).

20. Tsintskaladze G.P. IK-spektry i kataliticheskie svoistva prirodnykh i sinteticheskikh vysokokremnezemnykh tseolitov: dis. kand. khim. nauk: 02.00.04 / Tsintskaladze Georgii Petrovich; Tbilisi, 1984. – 205 s. (In Russian).

А.О. Оразымбетова¹, Г.Ф. Сагитова^{1*}, А.С. Сидиков², С.А. Сакибаева¹, А.Ж. Суйгенбаева¹

¹Южно-Казахстанский университет им. М.Ауэзова,
160012, Республика Казахстан г.Шымкент, пр.Тауке хана, 5

²Филиал Российского государственного университета нефти и газа имени И.М. Губкина,
Республика Узбекистан, г.Ташкент, ул. Дурмон йули, 34

*e-mail: guzalita.f1978@mail.ru

ФИЗИЧЕСКАЯ И ХИМИЧЕСКАЯ МОДИФИКАЦИЯ ПРИРОДНОГО МИНЕРАЛА МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЧАНКАНАЙ

Разработка отечественных промоторов адгезии резин на основе минерального сырья является актуальной задачей. Образование связи с высокой и стабильной прочностью в системе эластомер-металл всегда остается в центре внимания при создании новых рецептур и новых ингредиентов. Введение солей никеля в резиновую смесь существенно повышает стабильность прочности связи в системе резина – металлокорд при действии влаги, повышенной температуры и хлористого натрия, так как в их присутствии задерживается образование слабых граничных слоев ZnO/Zn(OH)₂.

Интерес к цеолитам в качестве наполнителей и промоторов адгезии вызван их способностью, не только удешевлять, но и придавать качественно новые полезные свойства материалам и изделиям, возможностью задавать или корректировать эти свойства. Корректировать свойства любого минерального сырья можно модификацией. Термическая и химическая обработка цеолитов растворами кислот, щелочей и солей позволяет модифицировать цеолиты и целенаправленно изменять их свойства применительно к решению той или иной задачи. В данной работе проведена физическая и химическая модификация цеолита Чанканайского месторождения. Исследованы катионообменные свойства природного цеолита Чанканай. Ионный обмен исходного катиона кальция проводили на катионит никеля. Результат экспериментальных и физико-химических методов анализа подтверждает проникновение иона никеля на поверхность цеолита, имеющего микротвердую структуру. Было установлено, что значения степени обмена катиона Са, содержащегося в исходном цеолите, на катионы Ni незначительна.

Ключевые слова: цеолит, модификация, ионнообмен, каркас, пористый, резина, промоторов адгезии, никель.

A.O. Orazymbetova¹, G.F. Sagitova^{1*}, A.S. Sidikov², S.A. Sakibayeva¹, A.Zh. Suigenbayeva¹

¹M. Auezov South Kazakhstan University,
160012, Shymkent, Republic of Kazakhstan, Tauke Khan Avenue, 5

²Branch of the Russian State University of Oil and Gas named after I.M. Gubkin,
Republic of Uzbekistan, Tashkent, Sapak Datka st., 2

*e-mail: guzalita.f1978@mail.ru

PHYSICAL AND CHEMICAL MODIFICATION OF NATURAL MINERAL OF CHANKANAY DEPOSIT

The development of domestic rubber adhesion promoters based on mineral raw materials is a pressing task. The formation of a bond with high and stable strength in the elastomer-metal system always remains the focus of attention when creating new formulations and new ingredients. The introduction of nickel salts into the rubber mixture significantly increases the stability of the bond strength in the rubber-metal cord system under the influence of moisture, elevated temperature and sodium chloride, since in their presence the formation of weak boundary layers of $ZnO/Zn(OH)_2$ is delayed.

Interest in zeolites as fillers and adhesion promoters is caused by their ability not only to reduce costs, but also to impart qualitatively new useful properties to materials and products, and the ability to set or adjust these properties. The properties of any mineral raw material can be adjusted through modification. Thermal and chemical treatment of zeolites with solutions of acids, alkalis and salts allows modifying zeolites and purposefully changing their properties in relation to solving a particular problem. In this work, physical and chemical modification of zeolite from the Chankanai deposit was carried out. The cation exchange properties of natural zeolite Chankanai were studied. The ion exchange of the initial calcium cation was carried out with nickel cationite. The results of experimental and physicochemical analysis methods confirm the penetration of nickel ions onto the surface of the zeolite, which has a microhard structure. It was found that the degree of exchange of the Ca cation contained in the initial zeolite for Ni cations is insignificant.

Key words: zeolite, modification, ion exchange, framework, porous, rubber, adhesion promoters, nickel.

Авторлар туралы мәліметтер

Альмира Омаркызы Оразымбетова – «Бейорганикалық және мұнайхимия өндірістерінің технологиясы» кафедрасының PhD докторанты, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент қ., Қазақстан Республикасы; e-mail: almira.oao1976@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-5325-7673>.

Гузалия Фаритовна Сагитова* – техника ғылымдарының кандидаты, «Бейорганикалық және мұнайхимия өндірістерінің технологиясы» кафедрасының профессоры, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент қ., Қазақстан Республикасы; e-mail: guzalita.f1978@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7913-7453>.

Абдужалол Сидикович Сидиков – химия ғылымының докторы, «Жалпы химия, мұнай және газ химиясы» кафедрасының профессоры, И.М. Губкин атындағы Ресей мемлекеттік мұнай және газ университетінің филиалы, Ташкент қ., Өзбекстан Республикасы; e-mail: sidikov_a@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5393-8201>.

Сауле Абдразаковна Сакибаева – техника ғылымдарының кандидаты, «Бейорганикалық және мұнайхимия өндірістерінің технологиясы» кафедрасының профессоры, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент қ., Қазақстан Республикасы; e-mail: saule.sakibayeva@bk.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8697-9309>.

Алия Жолдасбековна Суйгенбаева – техника ғылымдарының кандидаты, «Химия және фармацевтикалық инженерия» кафедрасының доценті, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент қ., Қазақстан Республикасы; e-mail: syaljo@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9658-5001>.

Сведения об авторах

Альмира Омаркызы Оразымбетова – PhD докторант кафедры «Технология неорганических и нефтехимических производств» Южно-Казахстанского университета им. М. Ауэзова, г. Шымкент, Республика Казахстан; e-mail: almira.oao1976@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-5325-7673>.

Гузалия Фаритовна Сагитова* – кандидат технических наук, профессор кафедры «Технология неорганических и нефтехимических производств» Южно-Казахстанского университета им. М. Ауэзова, г. Шымкент, Республика Казахстан; e-mail: guzalita.f1978@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7913-7453>.

Абдужалол Сидикович Сидиков – доктор химических наук, профессор кафедры «Общая химия, химия нефти и газа» филиал Российского государственного университета нефти и газа (НИУ) им. И.М.Губкина, г. Ташкент, Республика Узбекистан; e-mail: sidikov_a@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5393-8201>.

Сауле Абдразаковна Сакибаева – кандидат технических наук, профессор кафедры «Технология неорганических и нефтехимических производств» Южно-Казахстанского университета им. М. Ауэзова, г.Шымкент, Республика Казахстан; e-mail: saule.sakibayeva@bk.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8697-9309>.

Алия Жолдасбековна Суйгенбаева – кандидат технических наук, доцент кафедры «Химия и фармацевтическая инженерия», Южно-Казахстанского университета им. М. Ауэзова, г.Шымкент, Республика Казахстан; e-mail: syaljo@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9658-5001>.

Information about the authors

Almira Orazymbetova – PhD doctoral student of the chair «Technology of inorganic and petrochemical industries» of M. Auezov South Kazakhstan university, Shymkent, Republic of Kazakhstan; e-mail: almira.oao1976@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-5325-7673>.

Guzaliya Sagitova* – Candidate of technical sciences, Professor of the chair «Technology of inorganic and petrochemical industries» of M. Auezov South Kazakhstan university, Shymkent, Republic of Kazakhstan; e-mail: guzalita.f1978@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7913-7453>.

Abdujalol Sidikov – Doctor of Chemical Sciences, Professor, of the Department «General Chemistry, Chemistry of Oil and Gas» branch of the Gubkin Russian State University of Oil and Gas (NRU) branch in Tashkent, Tashkent, Republic of Uzbekistan; e-mail: sidikov_a@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5393-8201>.

Saule Sakibayeva – Candidate of technical sciences, Professor of the chair «Technology of inorganic and petrochemical industries» of M. Auezov South Kazakhstan university, Shymkent, Republic of Kazakhstan; e-mail: saule.sakibayeva@bk.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8697-9309>.

Aliya Suigenbayeva – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Chemistry and Pharmaceutical Engineering, of M. Auezov South Kazakhstan university, Shymkent, Republic of Kazakhstan; e-mail: syaljo@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9658-5001>.

Редакцияға енуі 27.01.2025

Өңдеуден кейін түсуі 01.04.2025

Жариялауға қабылданды 02.04.2025

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-2\(18\)-58](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-2(18)-58)

FTAXP: 31.01.05



Б.С. Гайсина*, Б.Б. Баяхметова¹, Т. Южакова², Г.А. Сатыбалдинова¹, Б.Б. Нұржан¹

¹Шәкәрім университеті,

071412, Қазақстан Республикасы, Семей қ., Глинка көшесі, 20 А

²Паннония университеті,

8200, Венгрия, Эггетем 10, Веспрем

*e-mail: balzhan-1982@mail.ru

СЕМЕЙ ЦЕМЕНТ ЗАУЫТЫНДА ЫЛҒАЛДЫ ӘДІСПЕН КЛИНКЕРДІ КҮЙДІРУ ТЕХНОЛОГИЯСЫ

Аңдатпа: Мақалада «Семей цемент зауыты» ЖШС-нің негізінде ылғалды өндіріс әдісімен клинкерді күйдіру технологиясы қарастырылады. Зерттеу объектісі – цемент өндірісіндегі ылғалды әдіс. Зерттеу әдістері – әдеби шолу, технологиялық процестерді талдау және өндірістік тиімділік көрсеткіштерін бағалау. Негізгі нәтижелер: ылғалды әдістің артықшылықтары мен кемшіліктері анықталып, оның өндірістік шығындары мен экологиялық әсеріне баға берілді. Ғылыми жаңалығы – пештің айналу жылдамдығын арттыру арқылы клинкердің күйдіру тиімділігін жақсарту мүмкіндігі ұсынылды. Практикалық маңыздылығы – ұсынылған әдістерді қолдану арқылы өндірістік тиімділікті арттыру және экологиялық әсерді азайтуға болатындығы дәлелденді. Зерттеуде ылғалды және құрғақ әдістердің артықшылықтары мен кемшіліктері салыстырылып, олардың өндірістік тиімділігі талданады. Ылғалды әдістің негізгі артықшылығы – шикізатты ұнтақтаудың оңайлығы мен біртекті шлам алу мүмкіндігі, алайда оның отын шығыны жоғары. Сонымен қатар, цемент өндірісінің технологиялық процестері, шикізат дайындау әдістері мен олардың химиялық құрамының әсері сипатталады. Зерттеу нәтижелері цемент өндірісінде ылғалды және құрғақ әдістердің өзара тиімді қолданылуын көрсете алады. Ылғалды әдіс технологиялық тұрғыдан қарапайым болса, құрғақ әдіс отын үнемдеуге және өнімділікті арттыруға мүмкіндік береді.

Түйін сөздер: цемент өндірісі, клинкер, ылғалды әдіс, айналмалы пеш, экология, технология, өндірістік тиімділік.

Кіріспе

Қазіргі уақытта Қазақстан экономикасының маңызды салаларының бірі - құрылыс индустриясы. Цемент өндірісі елдің экономикалық дамуында маңызды орында. "Семей цемент зауыты" Қазақстанның ең ірі өндірістік кешендерінің бірі болып табылады. Зерттеу мақсаты – ылғалды әдіспен клинкер өндіру технологиясының тиімділігін зерттеу және оның өндірістік, экологиялық, экономикалық көрсеткіштерін бағалау. Сонымен қатар, цемент өндірісін заманауи технологиялармен жетілдіру мүмкіндіктерін қарастыру.