

М.ӘУЕЗОВ атындағы Оңтүстік Қазақстан Университеті

УДК 636.2.146.3

Қолжазба құқығында

НУРЫМБЕТОВА РАУШАН УАЛИХАНОВНА

**Қазақстанның оңтүстігіндегі құрылыс индустриясы мен түсті металдар
техногенді қалдықтары негізінде модификацияланған бетондар
технологиясын әзірлеу**

**8D07340 - «Құрылыс материалдарын, бұйымдарын мен
құрастырылымдарын өндіру» білім беру бағдарламасы бойынша**

Философия докторы (PhD) дәрежесін алуға арналған

Диссертация

Ғылыми кеңесшісі:

Техника ғылымдарының
кандидаты, профессор
Риставлетов Раимберди
Аманович

Шетелдік ғылыми кеңесшісі:

Техника ғылымдарының
докторы, профессор
Пухоренко Юрий
Владимирович

Шымкент, 2026 ж

МАЗМҰНЫ

НОРМАТИВТІК СІЛТЕМЕЛЕР	4
АНЫҚТАМАЛАР	5
БЕЛГІЛЕУЛЕР МЕН ҚЫСҚАРТУЛАР	6
КІРІСПЕ	7
1. ҚҰРЫЛЫС МАТЕРИАЛДАРЫН ӨНДІРУДЕ ТЕХНОГЕНДІ ҚАЛДЫҚТАРДЫ ҚОЛДАНУДЫҢ БҮГІНГІ КҮНГІ ЖАҒДАЙЫ	13
1.1 Қазақстанда техногенді қалдықтардың түзілуі мен жинақталу жағдайы	13
1.2 Түрлі өндіріс қалдықтарын пайдаланып құрылыс материалдарын алудың теориялық негіздері	16
1.3 Техногенді қалдықтарды құрылыс материалдары өндірісінде қолдану тәжірибесі	21
2 ШИКІЗАТТЫҚ МАТЕРИАЛДАР ЖӘНЕ ЗЕРТТЕУ ӘДІСТЕРІ	26
2.1 Диссертациялық жұмыста қолданылатын зерттеу әдістері	26
2.2 Бетондар үшін шикізаттық материалдар ретіндегі техногенді қалдықтардың сипаттамалары	27
2.3 Техногенді қалдықтардың негізгі қасиеттерін зерттеу	31
3 ТҮРЛІ БАҒЫТТАҒЫ БЕТОНДАРДА ТОЛТЫРҒЫШ ЖӘНЕ МИНЕРАЛДЫ ҚОСПА РЕТІНДЕ ҚОЛДАНУ ҮШІН ҚАЗАҚСТАННЫҢ ОҢТҮСТІК Өңірлеріндегі ТЕХНОГЕНДІ ҚАЛДЫҚТАРДЫҢ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ	36
3.1 Техногенді қалдықтар негізіндегі бетонның физика-механикалық қасиеттерін жақсарту үшін бетонның құрамын таңдау және оңтайландыру	36
3.2 Ауыр бетонның физика-механикалық қасиеттеріне тау-кен өндірісі қалдықтарының әсерін математикалық модельдеу арқылы зерттеу	37
3.3 Бетон құрамын оңтайландыру	43
3.4 Карбонатты қалдықтар негізіндегі екінші реттік шикізаттың ауыр бетондардың физика-механикалық қасиеттерін зерттеу	47
3.5 Шымкент қорғасын зауыты техногендік қалдықтары негізіндегі толтырғыштардың ауыр бетонның физика-механикалық қасиеттеріне әсерін зерттеу	57
3.6 Полиметалды өндірісі қалдықтарынан алынған толтырғыштар негізіндегі бетондар	65
3.7 Фосфор қожы толтырғыштары негізіндегі бетонның қасиеттерін зерттеу	83

4	ТҮРЛІ ӨНДІРІС ҚАЛДЫҚТАРЫ ТОЛТЫРҒЫШТАРЫ НЕГІЗІНДЕГІ БЕТОННЫҢ НЕГІЗГІ СИПАТТАМАЛАРЫН САЛЫСТЫРМАЛЫ ТАЛДАУ	87
4.1	Техногенді толтырғыштар негізіндегі бетондарды коррозиялық төзімділігін бағалау	87
4.2	Түрлі өндіріс қалдықтары толтырғыштары негізіндегі бетонның негізгі сипаттамаларын салыстырмалы талдау	94
4.3	Ансай техногенді толтырғыштары негізіндегі бетон құрамын оңтайландыру	102
5	ТЕХНОГЕНДІ ҚАЛДЫҚТАР НЕГІЗІНДЕГІ БЕТОН ҚҰРАМДАРЫН ҚОЛДАНУДЫҢ ТЕХНИКА-ЭКОНОМИКАЛЫҚ ТИІМДІЛІГІ	116
5.1	Техногенді қалдықтар негізіндегі бетондарды өндірудің технологиялық сызбасы	116
5.2	Техногенді толтырғыштар негізінде бетон өндірудің техника-экономикалық тиімділігі	114
	ҚОРЫТЫНДЫ	120
	ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ	124
	ҚОСЫМША А	
	ҚОСЫМША Ә	

НОРМАТИВТІК СІЛТЕМЕЛЕР

Осы диссертацияда келесі нормативтік құжаттарға сілтемелер пайдаланылды:

EN 12620:2002/AC:2004 - Aggregates for concrete

EN 933-1 Prüfverfahren für geometrische Eigenschaften von Gesteinskornungen.

EN 206-1:2013, Concrete — Part 1: Specification, performance, production and conformity, IDT)

EN 12350-2:2019 - Testing fresh concrete - Part 2: Slump test

EN 12390-7:2019. Testing hardened concrete - Part 7: Density of hardened concrete

ASTM-C666-97 -Standard Test Method for Resistance of Concrete to Rapid Freezing and Thawing.

EN 12390-1 Prüfung von Festbeton — Teil 1: Form. Maße und andere Anforderungen für Probekörper und Formen

ASTM C1757-13 - Standard test method for determining the single-point volumetric water absorption of dried concrete.

ГОСТ 8735-88 СТ РК 1217-2003. Песок для строительных работ. Методы испытаний

ГОСТ 8269.0-97 Щебень и Гравий из плотных горных пород и отходов. Методы физико-механических испытаний.

ГОСТ (ГОСТ 27006— 2019). Бетоны Правила подбора состава

ГОСТ 7473-2010. Смеси бетонные. Технические условия

ГОСТ 10181-2014. Смеси бетонные. Методы испытаний

ГОСТ 12730.1— 2020 Бетоны. Методы определения плотности.

ГОСТ 10060-2012 Бетоны. Методы определения морозостойкости

ГОСТ 22685. Формы для изготовления контрольных образцов бетона технические условия

ГОСТ 12730.3-2020. Бетоны. Метод определения водопоглощения

АНЫҚТАМАЛАР

Осы диссертацияда келесі терминдер мен анықтамалар қолданылады:

Ауыр бетон- құрылымы тығыз, орташа тығыздығы 2000–2500 кг/м³ аралығындағы, цемент байланыстырушысы мен тығыз ірі және ұсақ толтырғыштардан тұратын бетонБеріктік- материалдың жүктеме әсерінен пайда болатын кернеулер әсерінен бұзылуға қарсы тұру қасиеті.

Бетон- оңтайлы таңдалған және тығыздалған бетон араласпасын қалыптау және қатайту арқылы алынатын жасанды тасқа ұқсас құрылыс материалы.

Дифференциалды термиялық талдау - үлгіні белгілі бір жылдамдықпен қыздыру немесе салқындату және зерттелетін үлгі мен салыстыру үлгісі (эталон) арасындағы температура айырмашылығының қарастырылып отырған температура интервалында ешқандай өзгеріске ұшырамайтын уақытша тәуелділігін жазудан тұратын зерттеу әдісі.

Қысуға беріктік шегі — қирау алдында, қысқан кездегі максималды күшті дайындаманың көлденең қимасының бастапқы ауданына бөліп анықталатын шартты кернеу.

Марка – бұйымдардың иілу және сығылу беріктігін көрсететін көрсеткіш.

Нағыз тығыздық - бұл абсолютті тығыз күйдегі материалдың бірлік көлемінің массасы. Ірілік модулі-құм, қиыршық тас және олардың қоспалары сияқты материалдарының үлкендік дәрежесін сипаттайтын эмпирикалық көрсеткіш.

Рентгендік фазалық талдау - ұнтақты рентгендік дифракция негізінде сынаманың химиялық құрамы туралы мәліметтер алуға негізделген.

Растрлық электронды микроскопия – бейнені көрсету құрылғысындағы (фотоаппарат, монитор және т.б.) бейне өлшемінің аудан өлшеміне қатынасы.

Су сіңіргіштік – материалдың белгілі бір мөлшерде ылғалды сіңіріп, оны қуыстарында сақтап қалу қабілеті.

Тұрақтылық- материалдың жұмыс жағдайында атмосфералық және басқа да факторлардың біріккен әсеріне төтеп беру қабілеті.

Тығыздық - дене массасының сол дене алатын көлемге қатынасы немесе массаның көлем бойынша туындысы ретінде анықталатын скалярлық физикалық шама

Техногендік қалдық – минералды өңдеуден шығатын, негізінен пайдалы компоненттерінің мөлшері аз, қалдық жыныстан тұратын қалдық.

БЕЛГІЛЕУЛЕР МЕН ҚЫСҚАРТУЛАР

Осы диссертацияда келесі қысқартулар мен белгілеулер қолданылады:

ИРЛИП	– инженерлік бейіндегі аймақтық сынақ зертханасы
ДРОН-3	– рентген дифрактометрі
Achots	- Ащысай кенорнынан техногенді қалдық
Anskhv	- Ансай кенорнынан техногенді қалдық
ДТН	- дәстүрлі толтырғыш негізінде
ГОСТ	- мемлекеттік стандарт
ПЦ	- портландцемент
СП	- суперпластификатор
РФТ	- рентгендік фазалық талдау
ДТТ	- дифференциалды-термиялық талдау
ЖШС	- жауапкершілігі шектеулі серіктестік
МПа	- мега Паскаль
ҒЗЖ	-ғылыми зерттеу жұмыс
КШ	- конустың шөгуі
кг/м ³	- килограмм метр куб
t	- температура
сағ	- сағат
ρ	- тығыздық
С/Ц	- су цемент қатынасы
тәул.	- тәулік.

КІРІСПЕ

Жұмыстың жалпы сипаттамасы. Диссертациялық жұмыс Оңтүстік Қазақстанда құрылыс индустриясы мен түсті металлургия өндірісінің техногенді қалдықтары негізінде модификацияланған бетон технологиясын дамытуға арналған.

Зерттелетін мәселенің өзектілігі: Техногенді қалдықтардың жиналуы – қазіргі әлемдегі аса өзекті мәселелердің бірі. Әсіресе Қазақстанның өнеркәсіптік кешені негізінен ресурстарды өндіру мен өндеуге бағытталып көп мөлшерде қалдықтардың түзілуіне алып келетіндіктен бұл мәселе ерекше алаңдатады. Өндірістік қалдықтарды жинау, сақтау, жою және өндеу жүйесінің кемшіліктері де жалпы қоршаған ортаның ластануына алып келеді. Елімізде өнеркәсіптік қалдықтарды жою мәселесі енді ғана қолға алына бастады. Ұлттық экологиялық іс-қимыл жоспарлары техногенді қалдықтарды жоюға арналған шаралар жиынтығын қарастырады және де бұл бағыттағы зерттеулер олардың қолданылу аймағын кеңейтіп, минералды шикізатты барлау, өндіру және өндеу шығындарын үнемдеу арқылы жалпы ресурстарды тиімді пайдалану деңгейін арттырады.

Зерттеулер тек Оңтүстік Қазақстанның өзінде өндірістік қалдықтардың көп мөлшері, атап айтқанда Ленгер көмір комбинатының үйінділері – 1 млн. тоннадан астам, Ащысай полиметалл комбинатының қалдық қоймалары – 182 млн. тонна, «Құрылыс материалдары» Холдинг компаниясының әктас қалдықтары – 5,4 млн. тонна, «Южполиметалл» АҚ қорғасын өндірісі металлургиялық қалдықтары - 2 млн. тонна, «Бағаналы» жауапкершілігі шектеулі серіктестігінің фосфат рудасының үйінділері – 3,6 млн тонна және «Химиялық өнеркәсіп» АҚ химия өнеркәсібінің қалдықтары – 1,09 млн тоннадан астам техногенді қалдықтар жинақталғанын көрсетті. Бұл қалдықтарды құрылыс индустриясында кәдеге жарату, өз кезегінде, құрылыс материалдары нарығына жергілікті кәсіпорындардың қалдықтарын пайдалана отырып өндірісті ұлғайтуға, негізгі қажеттіліктерді қанағаттандыруға, өнімнің өзіндік құнын төмендетуге және импортқа тәуелділікті азайтып, ірі қалдық үйінділерін кәдеге жаратып, аймақтың экологиялық жағдайын жақсартуға зор мүмкіндік береді.

Дегенмен тау-кен өндірісі қалдықтарын өндеу және пайдалану тәжірибесін талдау, ресурстық құндылығы жағынан тау-кен және қайта өндеу, металлургия, отын-энергетика салаларының қалдықтары минералды шикізаттың сарқылмас көзі болып табылуына қарамастан, елімізде екінші реттік шикізаттарды пайдалану технологиясының жетілмегендігіне және соған сәйкес техногендік қалдықтарды өндеудің тиімсіздігіне байланысты қолданысқа кең енгізілмей отыр.

Техногенді қалдықтарды кәдеге жаратудың тиімді бағыты – қалдықтарды құрылыс материалдары ретінде пайдалану болып табылады, себебі тек қана құрылыс саласы мен құрылыс материалдары өнеркәсібі ғана қалдықтардың түзілу көлеміне сай деңгейде оларды кәдеге жаратуға мүмкіндік береді. Техногенді минералды кен орындары шикізаттың мол қорына ие болып, оларды пайдалану технологияларының жетілмегендігі осы зерттеулерді жүргізуге себеп болды. Осы саладағы зерттеулер олардың қолданылу аймағын кеңейтіп, минералды шикізатты барлау, өндіру және өңдеу шығындарын азайту арқылы ресурстарды үнемдеуге мүмкіндік береді.

Зерттеудің мақсаты мен міндеттері.

Мақсаты – Техногенді қалдықтардың қоршаған ортаға кері әсерін төмендету және олардың зиянды әсерінен халықты қорғауды қамтамасыз ете отырып құрылыс индустриясы үшін өнімдер өндіру мақсатында өндіріс қалдықтары негізіндегі ауыр бетон өндіру технологиясын әзірлеу.

Міндеттері:

- Техногенді қалдықтарды құрылыс индустриясында қолданудың бүгінгі күнгі жағдайын зерделеу;

- Оңтүстік Қазақстанның құрылыс индустриясы мен түсті металлургия өндірістері қалдықтарына жан-жақты талдау жасау арқылы ауыр бетондарда толтырғыштар ретінде қолдану мүмкіндігін негіздеу;

- Бетонның физика-механикалық қасиеттерінің техногенді толтырғыштардың мөлшеріне тәуелділігінің математикалық моделін жасау;

- Техногенді қалдықтар негізіндегі толтырғыштардың ауыр бетонның физика-механикалық қасиеттеріне әсерін зерттеу және техногенді қалдықтар негізіндегі ауыр бетонның оңтайлы құрамын таңдау;

- Техногенді қалдықтарды ауыр бетон технологиясында қолданудың техника-экономикалық тиімділігін негіздеу.

Зерттеу нысаны: Оңтүстік Қазақстанның металлургия, құрылыс индустриясы техногенді қалдықтарымен модификацияланған ауыр бетондар.

Зерттеу пәні: Өнеркәсіптік қалдықтардың бетон араласпаларының реологиялық қасиеттеріне, цементтің гидратация процестері мен цемент тасының фазалық құрам және микроқұрылымның қалыптасуына, сондай-ақ ауыр бетонның физика-механикалық және эксплуатациялық қасиеттеріне әсерін зерттеу.

Зерттеу әдістері: Шикізаттық материалдар мен алынған бетондарды физика-химиялық зерттеулер М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университетінің ИРЛИП «КиБМ» зертханасында, рентгендік дифракциялық талдаулар Bruker (Германия) компаниясының D&ENDEAVOR құралында жүргізіліп, дифракциялық үлгілер JCDD картотексіндегі «PDF2 ұнтақ дифракциялық деректер базасы және қоспалардан таза минералдардың дифракциялық үлгілері» деректерін пайдаланып түсіндірілді. Қалдықтардың химиялық құрамы JEOL-6490 LV сканерлеуші электрондық микроскопия (SEM) көмегімен сканерлеуші электрондық микроскоп арқылы анықталды, дифференциалды-термиялық талдау нәтижелері L.Erdey жүйесінің Q 1500 D (Demo) дериватографында ауада, 20-дан 1000°C-қа дейінгі температура

диапазонында, ($dT/dt = 10$) динамикалық қыздыру режимінде (эталондық зат күйдірілген Al_2O_3) үлгі салмағы 500 мг, үлгі салмағының өзгеру шкаласының бөлу мәні 500 μV болатын жағдайда жүргізілді. Үлгілердің физика-механикалық сынақтары стандартты әдістер негізінде М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университетінің «Құрылыс материалдары, бұйымдары мен құрастырылымдарын сынау» зертханасы базасында жүргізілді.

Зерттеулердің ғылыми жаңалығы

- Алғаш рет Оңтүстік Қазақстанның өнеркәсіптік қалдықтарын белгіленген өнімділік сипаттамалары бар ауыр бетондарда қолданудың мүмкіндігі теориялық және тәжірибелік тұрғыдан көрсетіліп, оның тиімділігі анықталды, осылайша оны практикалық қолдануға қажетті негіз қаланды;

- Ауыр бетонның физика-механикалық қасиеттерінің техногенді қалдықтар негізіндегі толтырғыштардың түріне және мөлшеріне тәуелділігін сипаттайтын математикалық модель жасалып, ауыр бетонның физика-механикалық қасиеттерінің техногенді тотолтырғыштардың үлесіне функционалдық тәуелділік деңгейі

$y = 7.105 + 0.0000526 * x_1 + 0.0833 * x_2 + 0.00025 * x_3 + 0.00056 * x_4$ регрессия
теңдеуімен анықталатыны және дәстүрлі толтырғыштардың 50%-ын техногенді толтырғыштармен алмастыру бетонның физика-механикалық қасиеттерін жақсартуға мүмкіндік беретіні анықталды;

- Техногенді қалдықтар негізіндегі бетон беріктігі артуының толтырғыштардың меншікті бетінің ауданы мен минералогиялық құрамына тәуелділігі дәлелденді. Физика-химиялық зерттеулер техногенді қалдықтардың құрамында кальций карбонаты, кварцит және доломит минералдарының бар екенін, және де цемент қамыры карбонатты толтырғыштармен әрекеттесіп, $CaCO_3 - Ca(OH)_2 - H_2O$ жүйесіндегі әртүрлі құрамдағы кальций карбонатын түзу арқылы, цемент тасы мен карбонатты жыныс арасындағы жанасу аймағының механикалық беріктігінің артуына ықпал етіп, бетон беріктігінің артуына оңтайлы әсер ететінін, ал кремний қос тотығы кальций гидроксидімен әрекеттесіп $(Ca(OH)_2 + SiO_2 + mH_2O = CaO \cdot SiO_2 \cdot nH_2O)$, төменгі негізді кальций гидросиликаттарын түзетіндіктен цемент тасымен тығыз жанасу адгезиясын қалыптастырыны дәлелденді;

- Ауыр бетонның химиялық төзімділігінің техногенді толтырғыштардың минералогиялық құрамына тәуелділігі дәлелденді, толтырғыштардың құрамында алюминий тотығы мөлшері жоғары болған сайын, олардың сульфатты коррозияға төзімділігі нашарлайды, қолданылған толтырғыштар негізіндегі бетонның сульфатты коррозияға төзімділігі «бадам толтырғышы» → «қорғасын қожы» → «Асхотс» → «Анскхв» бағытында артады;

- Техногенді толтырғыштар негізіндегі ауыр бетонның жоғары беріктігі мен химиялық төзімділігін қамтамасыз ететін оңтайлы құрамы әзірленді. Техногенді қалдықтар негізіндегі бетон үлгілерінің физика-механикалық қасиеттерін салыстырмалы талдау ауыр бетондар технологиясында дәстүрлі толтырғыштардың 50% Ансай (Anskhv) қалдықтары негізіндегі

толтырғыштармен ауыстыру жоғары тиімділік беретінін көрсетті. Ансай техногенді толтырғыштары негізіндегі бетонның құрамын поликарбоксилатты суперпластификаторлар негізінде оңтайландыру бағытында жүргізілген эксперименттік зерттеулер 0,8% мөлшердегі JP-700HQ суперпластификаторын қолдану жылжымалылығы бірдей бетон араласпасын алу кезінде С/Ц қатынасын 0,42 ден, 0,39 дейін төмендетіп, химиялық төзімді ($K_T = 0,83$) жоғары, В40 кластағы, тығыз құрылымды бетон алуға мүмкіндік беретінін көрсетті;

- Ансай (Anskhv) қалдықтарының құрамында 11%-ға дейінгі жоғарыдисперсті барит шаңының болуы бұл минералдардың гидратация реакциясының бағытын гидратация өнімдерінің қарқынды бөлінуіне қарай ығыстырып, оларды ерімейтін қосылыстарға байланыстыратыны анықталды. Бұл өнімдер $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -мен әрекеттескенде төменгі негізді гидросиликаттар түзіп, бетонның физика-механикалық қасиеттерін оңтайландыруға мүмкіндік береді;

- Техногенді қалдықтар негізіндегі толтырғыштарды ауыр бетон технологиясында қолданудың техника-экономикалық тиімділігі анықталды. Техногенді қалдықтар негізіндегі толтырғыштарды ауыр бетон технологиясында қолдану әр 1м^3 бетон үшін дәстүрлі толтырғыштардың 50% Ансай техногенді толтырғыштармен алмастыру кезінде 2834,4 теңге, ал модификацияланған оңтайлы құрамды қолдану кезінде 2190 теңге экономикалық тиімділік беретінін көрсетті. Модификацияланған құрамды қолдану бетонның физика-механикалық қасиеттерінің жақсаруы есебінен жоғары техникалық және эксплуатациялық тиімділік көрсететіні дәлелденді.

Теориялық маңыздылығы.

- Өнеркәсіптік қалдықтарды толтырғыш ретінде пайдалана отырып, модификацияланған бетонның физика-механикалық және эксплуатациялық қасиеттерін оңтайландыру негіздері ұсынылды;

- Түрлі техногенді қалдықтардың тиімділігі, олардың оңтайлы мөлшерлері мен бетон араласпаларына енгізу әдістері, өндіріс қалдықтарымен «модификацияланған» бетон өндіру технологиясындағы өзгерістер бағаланып, қолданудың ең тиімді салалары және цемент тасына өндіріс қалдықтарының әсер ету механизмдері анықталды;

- Нәтижелер бетон технологиясында техногенді қалдықтарды қолданудың физика-химиялық тиімділігін ашады;

- Оңтүстік Қазақстанның өндіріс қалдықтарын ауыр цементті бетондарда қолданудың тиімділігі оның қажетті құрылымдық және техникалық қасиеттерін жақсарту бағытында анықталып, өндіріс қалдықтарының қатысуында цементтің гидратация реакциясында жүретін ықтимал өзгерістердің себеп-салдары орнатылды;

- Диссертациялық жұмыстың мақсаты мен міндеттеріне қол жеткізу бағытында математикалық эксперименттік жобалау әдістері, оның ішінде нәтижелерді статистикалық талдау және стандартты сынау әдістері тиімді қолданылды;

Зерттеу нәтижесінде алынған теориялық тұжырымдар мен қорытындылар «Бетон технологиясы», «Құрылыс материалдары», «Бетон толтырғыштары» және «Жасанды және табиғи тас материалдарды сараптау» пәндерін оқытуда тиімді қолданылуы мүмкін.

Зерттеудің практикалық маңыздылығы.

- ұсынылған техногендік толтырғыштар негізіндегі бетон құрамдары азаматтық және өнеркәсіптік құрылыс, жол құрылысы, сондай-ақ азаматтық қорғаныс нысандары, уран өндіру жұмыстары мен атом электр станциялары құрылысында кеңінен қолданылуы мүмкін;

- техногенді қалдықтар негізіндегі ұсынылған бетон технологиясы дәстүрлі технологиямен салыстырғанда қосымша қондырғы-құралдарды қажет етпейтіндіктен ауыр бетон технологиясында ресурстар мен энергияны үнемдейтін технологияларды әзірлеуге және өндіріс шығындарын азайтуға мүмкіндік береді;

- ұсынылған шешімдерді қолдану минералды шикізатты үнемдеуге және өндіріс қалдықтарын кәдеге жарату арқылы аймақтың экологиялық жағдайын жақсартуға мүмкіндік береді;

- техногенді қалдықтар негізіндегі толтырғыштарды ауыр бетон технологиясында қолдану 1м^3 бетон үшін дәстүрлі толтырғыштардың 50% Ансай техногенді толтырғыштармен алмастыру кезінде 2834,4 теңге, ал модификацияланған оңтайлы құрамды қолдану кезінде 2190 теңге экономикалық тиімділік береді;

- жүргізілген зерттеулердің ұлттық деңгейдегі маңызы, қарастырылып отырған өзекті мәселелердің 2020–2025 жылдарға арналған «Нұрлы жер» тұрғын үй және коммуналдық инфрақұрылымды дамыту мемлекеттік бағдарламасына сәйкес келетінімен расталады.

Ғылыми ережелердің, қорытындылар мен ұсыныстардың негізділігі мен дәйектілігі: Диссертациялық жұмыста алынған нәтижелер, ғылыми тұжырымдар мен қорытындылардың дәйектілігі алынған эксперименттік нәтижелердің қолданыстығы теориялық қағидаларға қайшы келмеуімен, физика-химиялық зерттеу нәтижелерімен дәлелденуімен және зертханалық сынақ нәтижелерінің өндірістік сынақ нәтижелерімен сәйкес келуімен дәлелденеді.

Негізгі ғылыми зерттеу жұмыстары жоспарымен байланысы. Диссертациялық жұмыс М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті ГБ НИР-21-02-06 «Түркістан облысы шикізаттық материалдары негізінде құрылыс материалдары, бұйымдары және конструкцияларының эксплуатациялық тиімділігін арттыру» тақырыбындағы мемлекеттік бюджеттік ғылыми зерттеу жұмыстары жоспарына сәйкес орындалды.

Қорғауға шығарылатын негізгі тұжырымдар:

- Оңтүстік Қазақстанның техногенді қалдықтарын талдау және оларды ауыр бетон технологиясында қолдау мүмкіндігін негіздеу нәтижелері;

- Техногенді қалдықтарды физика-химиялық зерттеу нәтижелері;

- ауыр бетон физика-механикалық қасиеттерінің техногенді қалдықтар мөлшеріне тәуелділігінің математикалық моделі;

- техногенді қалдықтардың ауыр бетонның физика-механикалық қасиеттеріне және цемент гидратациясы мен жаңатүзілімдердің минералогиялық құрамына әсерін зертту нәтижелері;

- техногенді қалдықтар негізіндегі ауыр бетондардың физика-механикалық қасиеттерінің салыстырмалы талдауы мен бетонның оңтайлы құрамы;

- техногенді қалдықтарды ауыр бетон технологиясында қолданудың техника-экономикалық тиімділігі.

Енгізу дәрежесі. Диссертация нәтижелері «Бетон» ЖШС базасында ендіріліп, Ансай кенорыны қалдықтары толтырғыштары негізінде 20 м³ ауыр бетон өндірілді. Өндірістік сынақтар зертханалық сынақтардың дұрыстығын дәлелдеді, сонымен бірге зерттеу нәтижелері «Жасанды және табиғи тас материалдарын сараптау» пәнінің бағдарламасына енгізді.

Жарияланымдар. Диссертация тақырыбы бойынша 9 мақала, оның ішінде 1 мақала халықаралық Scopus базаларында индекстелген ғылыми басылымда (Q2 санатына кіреді), 3 мақала ҚР ҒжЖБССҚЕК ұсынған отандық рецензияланатын ғылыми журналдарда және 5 мақала халықаралық ғылыми-практикалық конференциялары жинақтары мен ғылыми-практикалық басылымдарда жарық көрді. «Бетон араласпасы» тақырыбында ҚР пайдалы моделі алынды.

Автордың жеке үлесі. Автор диссертация тақырыбы бойынша әдеби шолу жасап, Оңтүстік Қазақстанның техногенді қалдықтарына жан-жақты талдау жүргізді, техногенді қалдықтардың ауыр бетонның физика-механикалық қасиеттеріне әсерін зерттеп, бетонның оңтайлы құрамын ұсынды және техногенді қалдықтарды ауыр бетон технологиясында қолданудың техника-экономикалық тиімділігін анықтады.

Диссертацияның құрылымы мен көлемі. Диссертациялық жұмыс кіріспеден, 5 тараудан, қорытындыдан, 150 пайдаланылған әдебиеттер тізімінен және 4 атаудағы қосымшалардан тұрады. Диссертациялық жұмыс 136 бетте баяндалған, 56 кесте мен 51 суреттен тұрады.

1 ҚҰРЫЛЫС МАТЕРИАЛДАРЫН ӨНДІРУДЕ ТЕХНОГЕНДІ ҚАЛДЫҚТАРДЫ ҚОЛДАНУДЫҢ БҮГІНГІ КҮНГІ ЖАҒДАЙЫ

1.1 Қазақстанда техногенді қалдықтардың түзілуі мен жинақталу жағдайы

Құрылыс саласында жасыл технологияларды кеңінен қолдану Қазақстан Республикасының тұрақты даму тұжырымдамасының құрамдас бөлігі болып, ол өндірістің қоршаған ортаға кері әсерін азайту, энергия тиімділігін арттыру арқылы, құрылыс материалдары мен бұйымдарын қоршаған ортаға зиян келтірмей үнемді өндіруге және сонымен бірге шикізат пен екінші реттік ресурстарды тиімдірек пайдалануға бағытталған [1]. Бұл мәселенің өзектілігі жаһандық экологиялық дағдарыстың күшейуімен де, табиғи ресурстар тапшылығының артуымен де байланысты болып отыр. Дүние жүзінде өндіріс қалдықтарын кәдеге жарату 85-90% шамасында, ал ТМД елдерінде бұл қалдықтардың көпшілігі құрамы мен қасиеттері бойынша табиғи шикізатқа ұқсас болса да жыл сайын техногендік қалдықтардың шамамен 20% ғана қайта өңделеді [2,3].

Пайдалы қазбаларды байыту және қайта өңдеу кезінде пайда болатын қалдықтарды тауарлық өнім өндірісіне тарту ауқымы біздің елімізде де өте төмен, тек 20% екінші реттік шикізат ретінде, оның ішінде шамамен 10% құрылыс материалдарын өндіру үшін пайдаланылады. Табиғи ортаның мүмкіндігі адамзат қызметінің барлық қалдықтарын өңдей алмайтындығын көрсетіп, жинақталған қалдықтардың қоры қоршаған ортаның жаһандық ластануына және табиғи экожүйелердің тозуына қауіп төндіруде. Жерді қалпына келтіру және экономикалық пайдалануға қайтару оларды иеліктен шығару қарқынынан едәуір артта қалып келеді. Сондықтан «Жасыл экономика» әлемдегі, соның ішінде Қазақстан үшін де өзекті мәселенің біріне айналды. «Жасыл экономиканың» негізгі бағытының бірі «Қалдықтарды басқару жүйесін ендіру» [4,5] болып табылады және де бұл жүйеде құрылыс индустриясының орыны ерекше.

Қазақстанда қазіргі таңда құрылыс ауқымының ұлғаюын ғана емес, оның мамандануының да тереңдей түскенін байқауға болады. Әрбір құрылыс индустриясының нақты жұмыс жағдайларында (мысалы, «биологиялық төзімді бетондар», «өздігінен кеңейетін бетондар» және т.б.) қолданылатын арнайы мақсаттағы бетондарға қойылатын өз талаптары бар.

Бұл ретте құрылыс индустриясы компанияларының алдында қасиеттері қолданыстағы материалдаран кем түспейтін, қажет болса қасиеттері жетілдірілген материалдар мен бұйымдарды өндіруге мүмкіндік беретін технологияларды енгізу мәселесі өзекті болып тұр. Алайда, оларды өндіруде тек табиғи шикізаттарды ғана қолдану, олардың қоры шектеулі болғандықтан экологиялық тұрғыдан тиімсіз. Сондықтан бүгінгі таңда өндірісте антропогендік материалдар мен өндіріс қалдықтарын пайдалану өзекті. Техногендік қалдықтардың айтарлықтай мөлшері жинақталғанымен, қайта өңдеу деңгейі төмен, ал құрылыс индустриясы өндірістік қалдықтардың негізгі тұтынушысы бола алатын сала. Құрылыс материалдарының өндірісі

адамзат іс-әрекетінің материалды және энергияны көп қажет ететін саласы болып табылады. Табиғи ресурстар мүмкіндігінше қолдануға оңай күйде пайдаланылады және ол олар айтарлықтай еңбек шығынын қажет етеді.

Табиғи ресурстарды олардың өзара байланысты табиғи орналасқан, тепе-теңдік пен экологиялық тұрақтылықты қамтамасыз ететін ортасынан бөліп алу, геожүйелердің өзін-өзі ұйымдастыру процестерінде теңсіздіктің қалыптасуына алып келді. Күннен-күнге қоршаған ортаға антропогендік қысымның артуынан жоғары сапалы табиғи материалдар қорының айтарлықтай азаюы және де жаңадан пайда болған техногендік қалдықтардың арту тенденциясы байқалуда.

Адамзат іс-әрекетінің кеңеюі жаңа қалдықтардың пайда болуына әкеледі [6, 7]. Сонымен бірге кез келген кәсіпорынның және жалпы өндіріс саласының жұмысы қалдықтардың пайда болуымен бірге жүретіні белгілі [8]. Бұл қалдықтар бірінші кезекте тау-кен өндірісі мен өңдеу өнеркәсібінің улы емес қалдықтары, сондай-ақ III және IV қауіптілік кластарына жататын өндірістік қалдықтар. Талапқа сәйкес бұл қалдықтарды өнеркәсіптің аралас салаларында қолдануға болатын және үнемді екінші реттік шикізат ретінде қарастыруға болады, ал оларды табиғатты қорғау нормативті құжаттарына сәйкес кәдеге асыру экономикалық және экологиялық тұрғыдан тиімді [9-11].

Сонымен бірге өндіріс және тұтынудың қалдықтарын екінші реттік материалдық ресурстар ретінде пайдалану қазір көптеген салаларда белгілі. Техногенді қалдықтарды қайта өңдеу дәрежесі мен ауқымы төмендегі факторлармен:

- қалдықтардың қоршаған ортаны ластаушы ретіндегі сипаттамалары;
- оның ресурстық құндылығы мен өндірісте қалдықтарды екінші материалдық ресурс ретінде пайдаланудың тиімділігін анықтайтын аймақтың нақты экономикалық жағдайларымен [12-14] анықталады.

Қазіргі таңда өндіріс қалдықтарын заласыздандыру бағытында екі негізгі көзқарас қалыптасқан:

- біріншіден өндіріс орындарын зиянды қалдықтардан тазалау;
- екінші көзқарас табиғи ресурстарды кешенді пайдалану, өндірістің қалдықсыз немесе аз қалдық шығаратын тиімді технологияларын әзірлеу және ендіру болып табылады.

Ал өндіріс қалдықтарын тиімді пайдалануға мүмкіндік беретін экономиканың негізгі салаларының бірі – құрылыс индустриясы, мәселен тек цемент өндірісінде жыл сайын 30 миллион тонна түрлі қалдықтар тиімді пайдаланылады [15].

Тау-кен өндірісінің қалдықтарын құрылыс материалдары өнеркәсібінде пайдалану табиғи минералды шикізат негізіндегі құрылыс материалдарын өндіруге қарағанда әлде қайда тиімдірек. Осы саладағы бар ғылыми ізденістерге шолу жасау техногендік минералды шикізатты пайдалану бойынша әлемде айтарлықтай зерттеу тәжірибесінің бар екенін көрсетеді. Мысалы, шет елдерде тау-кен қалдықтарын кірпіш [16, 17], бетон [18], шыны керамика [19] т.б. да материалдар өндірісінде кеңінен пайдаланады.

Техногендік қалдықтары құрылыс материалдарын өндіру үшін шикізат ретінде пайдалану және олардың қоршаған ортаға әсер етуші экологиялық факторларын ескеру бағытында көптеген зерттеулер жүргізілген [20, 21]. Тау-кен өндірісінің қалдықтарын құрылыс материалдары мен бұйымдарын өндіруге пайдалану бағытындағы зерттеулер көршілес елдерде де жүргізілуде [22-26].

Елімізде өндіріс қалдықтарын мониторинг жасау нәтижесі Қазақстанның тау-кен-өнеркәсіп кешенінде 40 миллиард тоннадан астам өнеркәсіп қалдықтары жинақталғанын, ал ол қалдықтардың мөлшері жыл сайын шамамен 1,5 миллиард тоннаға артатынын [27] көрсетті. Оның үстіне өнеркәсіптік қалдықтардың ең үлкен қоры қалдық қоймаларында шоғырланған.

Ірі тау-кен кәсіпорындарындағы техногендік қалдықтардың жинақталған қоры: Ақмола облысында - 76834,50 т, Ақтөбе облысында - 30675,30 т, Алматы облысында - 47914,90 т, Шығыс Қазақстан облысында - 887914,57 т, Жамбыл облысында - 44188,93 т, Қарағанды облысында - 2809342,13 т, Қостанай облысында - 611101,70 т, Павлодар облысында - 8770,86 т, Оңтүстік Қазақстан облысында - 142355,30 т құрайды [27].

Қалдық қоймаларының пайдалану мерзімі шектеулі, олардың көпшілігі толған немесе алдағы жылдары аяқталады.

Сонымен бірге қалдық қоймалары кең аумақтарды алып жатыр, ол жердегі қалдықтардың ұсақ дисперсті болуына байланысты тау-кен өндіру және байыту фабрикалары жұмыс істейтін аймақтарда жоғары экологиялық жағдай қалыптасуда.

Техногендік қалдықтар пайдалану алдында қосымша ұнтақтауды қажет етпейтін ұсақ ұнтақталған өнім болғандықтан, бұл оларды қолдану шығындарын азайтады. Бұдан басқа, кенді байыту процесі барысында олардың химиялық және минералогиялық құрамы бойынша біртектілігі қамтамасыз етіледі.

Кендерді байыту процесінің қалдықтары табиғи тау жыныстары негізіндегі материалдармен салыстырғанда біріншіден, біртекті және, екіншіден, қазірдің өзінде ұсақталған және кейде фракцияланған күйде болғандықтан бейметалдық құрылыс материалдарын өндіруге пайдалану үшін қолайлы болып табылады. Түйіршіктерінің өлшемдері 0,14-5,0 мм шамасында болатын бұл қалдықтар ауыр бетон, құрылыс ерітінділері, автоклавты және автоклавты емес ұялы және силикат бетондар, асфальтбетондар, силикатты кірпіштер алу үшін, жол іргетасы үшін толтырғыш ретінде кеңінен пайдаланылады.

Техногенді қалдықтарды кәдеге асыру проблемасының өзектілігі жаһандық экологиялық дағдарыстың нашарлауымен бірге, табиғи ресурстар тапшылығының күшеюімен де байланысты. ТМД елдерінде техногенді қалдықтар құрамы мен қасиеттері бойынша табиғи ресурстарға ұқсас болғанымен, жыл сайын ол қалдықтардың шамамен 20%-ы ғана қайта өңделеді, ал дүние жүзінде бұл көрсеткіш 85-90%-ға жететіні [28, 29] анықталған.

Қазақстанда минералды шикізатты өндіру мен өңдеу процесінің өсуіне байланысты орасан зор көлемде өнеркәсіп қалдықтары түзілген. Тау-кен өнеркәсібінің кәсіпорындарында үйінділер мен қоймаларында 20 миллиард тоннадан астам техногендік минералды қалдықтар жатыр, тағы да жыл сайын шамамен 700 миллион тонна техногендік қалдықтар қосылады, бірақ та оларды қайта өңдеу көрсеткіші 10% [30] да жетпейді.

Оңтүстік Қазақстанның өзінде құрылыс материалдарын өндіруге жарамды қалдықтардың орасан зор қоры бар, техногендік шикізаттың негізгі қорлары тау жыныстары болып табылады (Ленгер көмір комбинатының үйінділері – 1 млн. тоннадан астам, Ащысай полиметалл комбинатының қалдық қоймалары – 182 млн. тонна, «Құрылыс материалды» Холдинг компаниясының әктас қалдықтары – 5,4 млн. тонна, «Южполиметалл» АҚ қорғасын өндірісі металлургиялық қалдықтары - 2 млн. тонна, «Бағаналы» жауапкершілігі шектеулі серіктестігінің фосфат рудасының үйінділері – 3,6 млн тонна және «Химиялық өнеркәсіп» АҚ химия өнеркәсібінің қалдықтары, – 1,09 млн тонна) [31].

Тау-кен өндірісінен алынатын қатты техногендік минералдық қалдықтардың шығымын төмендету және кәдеге жаратуды барынша арттыру проблемасын шешу шеңберінде қоршаған ортаны қорғау, табиғи шикізатты үнемді, кешенді және ұтымды пайдалану сияқты іргелі мәселелер шешіледі. Бұл бағытта техногенді қалдықтарды құрылыс-технологиялық тұрғыдан кәдеге жаратудың келешегі зор, өйткені тек қана құрылыс және құрылыс материалдары өнеркәсіптерінің қалдықтарды тұтыну ауқымын, оның пайда болу ауқымымен [32] салыстыруға келеді.

Қазақстан Республикасындағы тау-кен өндіру кәсіпорындарындағы техногендік минералдық қалдықтарда табиғи пайдалы қазбалар кен орындарындағымен салыстыруға болатындай бағалы компоненттердің орасан зор қорының болуы және оларды кәдеге жарату технологияларының жоқтығы бұл зерттеу жұмыстарын дамытудың алғышарты болып табылады. Бұл бағыттағы ғылыми зерттеулер техногендік қалдықтарды өнеркәсіптік айналымда пайдалану шеңберін кеңейтіп, минералды шикізатты барлауға, өндіруге және өңдеуге кететін шығындарды азайту арқылы ресурстарды үнемдеуге мүмкіндік береді.

1.2 Түрлі өндіріс қалдықтарын пайдаланып құрылыс материалдарын алудың теориялық негіздері

«Жасыл экономика» концепциясына сәйкес өндіріс қалдықтарын қайта пайдалану барлық дамыған елдер үшін басты экологиялық және әлеуметтік проблема болып табылады [36, 37].

Алайда, өндірістік қалдықтарын қосымша өңдеусіз және дайындаусыз, жоғары сапалы құрылыс материалдарын өндіру мүмкін емес. Бұл техногенді қалдықтар құрамының тұрақсыздығына және олардың құрамында қажетті қасиеті жоқ қоспалар мен қосындылардың болуына байланысты. Техногенді қалдықтар негізіндегі ресурс үнемдейтін құрылыс материалдарының қажетті

қасиеттерін қамтамасыз ету және қоршаған ортаның ластануының алдын алу үшін олардың құрамы туралы толық талданған ақпарат (агрегаттық күйі, физикалық, механикалық және санитарлық-гигиеналық қалдықтардың сипаттамалары және т.б.) болуы керек.

Жалпы техногенді қалдықтарды құрылыс материалдарын өндіруде қолдану кезінде олардың минералогиялық құрамы мен белсенділігіне байланысты бірнеше топқа бөліп қарастыруға болады:

- белсенді минералды қоспалар (пуццоландық, гидравликалық және корбанатты белсенділік көрсететін қалдықтар);

- микротолтырғыштар, ұсақдисперсті бөлшектер цемент пен толтырғыш түйіршіктері арасындағы кеуектерді толтырып, бетон құрылымын жақсартады;

- бетон араласпасының сусұранысын реттеуші қалдықтар, кейбір қалдықтар (мысалы, күл) суға деген сұранысты азайтып, араласпаның жылжымалылығын арттырады;

- жылу генерациясы және гидратация процесін реттеуші қалдықтар, кейбір техногендік қалдықтар қатаю кезінде жылу түзілуін реттей алады, бұл көлемді бетондау жұмыстары үшін маңызды.

Осы бағыттағы ғылыми әдебиеттерді талдау негізінен белсенді және жасырын белсенділік көрсететін техногенді қалдықтарды құрылыс индустриясында қолдану бағытында көптеген ізденістер жүргізілгенін көрсетеді.

Өндіріс қалдықтарын бетон технологиясында толтырғыш ретінде қолданудың бірнеше теориялық негіздері бар.

Құрылымдық-механикалық негіздері.

Негізгі принцип бетон цемент тасы мен толтырғыштардан тұратын жасанды конгломерат екені және ол жүйеде цемент тасы қуыстарды толтырып, толтырғыштарды бірі-бірімен байланыстырып тұрса, толтырғыш құрылымдық қаңқа қызметін атқарып, сырттан берілген механикалық жүктемені өзіне қабылдайды.

Өндіріс қалдықтары дәстүрлі толтырғыштардың орынын алмастыруы мүмкін, бұл өндіріс қалдықтарын кәдеге жарату мәселесін шешіп қана қоймастан, сонымен бірге бөлшектердің тығыз орналасуын да қамтамасыз етеді. Техногенді қалдықтардың түйіршікті құрамын дұрыс таңдаған кезде олар дәстүрлі толтырғыштардың арасындағы қуыстарды толтырып, бетонның тығыз қалыптасуын қамтамасыз етеді, соның нәтижесінде бетонның физика-механикалық қасиеттері жақсарады.

Техногенді қалдықтардың құрамында жоғарыдисперсті толықтырғыштардың болуы «цемент тас - толтырғыш» фазалар шекарасындағы микрокеуектерді толтырады. Бұл өз кезегінде құрылымды тығыздайды және цемент тасы мен толтырғыштың жанасу бетінің беріктігін арттырады. Бұл әсіресе ұсақтүйіршікті бетондар үшін өте маңызды.

Физика-химиялық негіздері.

Өндіріс қалдықтарын құрылыс материалдарын алуда қолдану біріншіден сол қалдықтардың химиялық және минералогиялық құрамына тәуелді. Жалпы кез келген материалдың қасиетіне әсер етуші факторлар: оның құрамы, құрылымы, алу кезіндегі термодинамикалық және кинетикалық жағдайлар және құрылымдық деңгейі. Техногенді қалдықтарды құрылыс материалдарын өндіруде қолдану оның қандай белсенділік көрсетуіне байланысты: пуццоланды, гидравликалық немесе карбонатты.

Өз кезегінде химиялық белсенділіктің түрі қалдықтардың құрамында бос күйіндегі СаО және MgO болуымен, яғни негіздік модулімен анықталады.

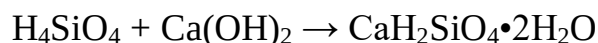
Құрылыс индустриясында қолданылатын негіздік модулі (M_o) қышқылдықтың модификацияланған энергетикалық модулінің өзара мәнімен сәйкес келеді (k_0) [38]:

$$M_o = \Sigma O / (\Sigma K - TiO_2) \approx \Sigma O / \Sigma K = 1/k_0 \quad (1.1)$$

мұндағы ΣO және ΣK сәйкесінше негіздік және қышқылдық оксидтердің массалық үлестері. %:

$$\begin{aligned} \Sigma O &= CaO + MgO + K_2O + Na_2O; \\ \Sigma K &= SiO_2 + Al_2O_3 + TiO_2. \end{aligned}$$

Пуццоландық белсенділік деп қалыпты температурада сыртқы ортадан кальций гидроксидін байланыстыру және ерімейтін кальций силикаттары мен кальций-магний гидросиликаттарын түзу қасиеті айтылады [39]:



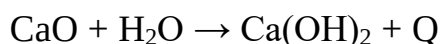
Олар түзілген кезде, әк пен портландцементтің күл немесе қож қосылған қоспасынан тұратын араласпаның гидравликалық қатаюы жүреді [39].

Пуццоланды белсенділікті құрамында $(CaO + MgO) \leq 10-12\%$ шамасында, яғни бос күйіндегі СаО мен MgO-ның мөлшері төмен болатын [40] қалдықтар көрсетеді және әдетте олар сумен тікелей әрекеттесуге қабілетсіз келеді. Пуццоландық белсенділік деңгейіне байланысты қышқыл күлдер инертті – $M_o < 0,1$ ($k_0 > 10$) және жасырын – белсенді $M_o > 0,1$ ($k_0 < 10$) болып жіктеледі. Алғашқылары механикалық қайта өңдеу арқылы техногенді толықтырғыштар мен топырақ ретінде пайдаланылады, ал жасырын-белсенді қалдықтар химиялық қайта өңдеуде белсенді минералды қоспалар ретінде қолданылады [40].

СаО және MgO концентрацияларының шектелуі қатаю кезінде өнім (бетон, құрылыс ерітіндісі) көлемінің біркелкі өзгеруін қамтамасыз ету үшін арнайы технологиялық талаптармен анықталады. Құрылыстағы қышқыл қалдықтардың құрамына қойылатын талаптар ГОСТ 25818–2017 бойынша анықталады және $CaO < 10\%$, $(SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3) > 70\%$ және ылғалдылық 1% шамасында болуы керек.

Еуроодақ елдерінде бұндай күлдер кремнилі күлдер қатарына жатады [41]. Күлдің құрамындағы басқа оксидтердің мөлшері ГОСТ 25818–91 және ГОСТ 25592–91 реттеліп: сульфатқа тұрақтылық талаптарына сәйкес $MgO < 5\%$, $SO_3 < 3-6\%$, олардың толтырғыштармен әрекеттесуі кезінде деформацияның алдын алу үшін $(Na_2O + K_2O) < 1,5-3\%$ болуы, қыздыру кезінде масса жоғалтуы (м.п.м.) $< 3-25\%$ шамасында белгіленген.

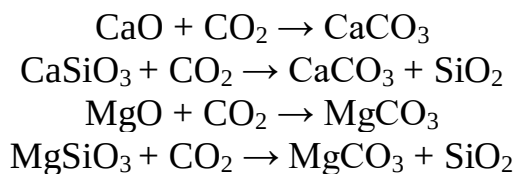
Гидравликалық белсенділік деп техногенді қалдықтар белсенді компоненттерінің (бос күйіндегі CaO және MgO) сумен әрекеттесіп, жоғары дисперсті ($d \sim 1$ мкм) қатты фазаны түзу қабілеті түсініледі:



$(CaO + MgO) \geq 20\%$ ($M_o = 0,5-2,8$; $k_o = 2,000-0,357$) болатын және құрамында гидравликалық белсенді компоненттері (бос күйіндегі CaO 30% дейін) бар негіздік құрамдағы қалдықтар тәуелсіз (өздігінен қатаятын) байланыстырғыш ретінде әрекет ете алады.

Поццоландық және гидравликалық белсенділік көрсететін техногенді қалдықтар құрылыс индустриясында байланыстырғыш заттардың орнына немесе байланыстырғыш заттардың белгілі бір бөлігін ауыстыру үшін қолданылады.

Карбонатты белсенділік көрсететін техногенді қалдықтар (Ca , Mg) көмірқышқыл газымен әрекеттесіп, термодинамикалық тұрақты кальций немесе магний карбонаттарын түзетін қосылыстар:



Негізгі табиғи минералдар мен өндіріс қалдықтарындағы Ca мен Mg -дің айтарлықтай бөлігі химиялық қосылыс, яғни силикаттар мен алюмосиликаттар түрінде белсенді емес күйде кездеседі. Ал кремний қостотығының тетраэдрлік кристалл торы құрылымында байланыспаған Ca мен Mg қалған бос бөлігі белсенді күйде болады. Минералды массадан бөліп алынғаннан кейін Ca мен Mg белсенді бөлігі CO_2 -мен әрекеттесіп, қатты күйдегі $CaCO_3$ және $MgCO_3$ түзе алады [42].

Дисперсті минералды толықтырғыштар құрылыс материалдарын модификациялау үшін кеңінен қолданылады, олар материалдың технологиялық және эксплуатациялық қасиеттерін қажетті бағытта өзгеруге мүмкіндік береді [42,43], негізінен бұндай жоғарыдисперсті толықтырғыштарды енгізу қымбат байланыстырғыштардың шығынын азайтады [42-45].

Минералды микротолтырғыштардың тиімділігін арттыру үшін олардың қасиеттері ғана емес, сонымен қатар енгізілетін мөлшері мен дисперстілік дәрежесі де маңызды.

Микротолықтырғыштар негізінен:

- материал құрылымына әсер етіп, композиттік цементті материалдардың және портландцемент гидратациялық қатаю өнімдерінің құрылымын жақсартады, яғни тығыз құрылымды бетонның қалыптасуына әсер етіп, олардың ең маңызды қасиеттері: механикалық беріктік пен аязға төзімділіктің артуына септігін тигізеді;

- микротолықтырғыштардың оңтайлы мөлшерін қолданған кезді оның бөлшектері барлық жағынан гидратталған байланыстырушы бөлшектермен тығыз қоршалған болып, композиттің негізгі сипаттамаларын жақсартуға мүмкіндік береді, ал аз мөлшері оның тиімділігін төмендетеді;

- микротолықтырғыштар суперпластификаторлардың реологиялық тиімділігін арттырып, құрылымның тығыздалуын қамтамасыз етеді. Олар сондай-ақ кристалдану қабықтарының пайда болуына және бөлшектердің бірігуіне ықпал етіп, цементті жүйелердің беріктігін арттырады.

- микротолықтырғыштардың бетон беріктігіне әсері олардың беткі электрлік қасиеттеріне, мөлшеріне және су-цемент қатынасына тәуелді, мәселен, карбонатты микротолықтырғыштар мөлшерін 20-дан 70%-ға дейін арттыру әктас бөлшектерінің бетонның цемент матрицасына адгезиялануына байланысты бетонның беріктігін арттырады.

Осылайша, құрылыс материалдарында микротолықтырғыштарын қолданудың теориялық негізі олардың материалдардың құрылымы мен қасиеттеріне әсерін зерттеуді, сондай-ақ максималды тиімділікке жету үшін қоспалардың оңтайлы мөлшерін анықтауды қамтиды.

Технологиялық негіздері

Техногенді толтырғыштарды қолдану бетон араласпасын даярлау технологиясына белгілі бір өзгерістер енгізуді қажет етеді.

- Даярлау және фракциялау. Техногенді қалдықтардың көбінесе құрамы тұрақты болмайды және де ылғалдылығы жоғары болады. Сондықтан оларды қолдану алдында кептіру, ұсақтау және белгілі бір маркадағы бетон алуға қажетті толтырғыш фракцияларын алу үшін елеу қажет болады.

- Тығыздау. Техногенді қалдықтардың меншікті бетінің ауданы жоғары болуына және түйіршіктердің әркелкі болуына байланысты техногенді қалдықтар негізіндегі бетон араласпасы қарқынды дірілдетіп қалыптауды қажет етеді.

Экономикалық және экологиялық негіздері

Техногенді толтырғыштарды бетон технологиясында қолданудың теориялық негізі, оның практикалық маңыздылығымен толықтырылады.

- Біріншіден техногенді қалдықтарды қолдану байланыстырғыш затты және табиғи шикізатты үнемдеу есебінен бетонның өзіндік құнын 30-50% дейін төмендетуге мүмкіндік береді.

- Екіншіден техногенді қалдықтарды бетон технологиясында қолдану оларды кәдеге жаратып, аймақтың экологиялық жағдайын жақсартуға мүмкіндік беретін өзекті мәселені шешуге мүмкіндік береді.

Жалпы алғанда белсенді немесе жасырын белсенділік көрсететін техногенді қалдықтарды бетон технологиясын қолдану бағытында біршама

ғылыми зерттеулер жасалған. Бірақ та Қазақстанда инертті өндіріс қалдықтары да орасан көп мөлшерде жинақталған және олардың физика-механикалық қасиеттері қолданыстағы дәстүрлі инертті материалдардан кем түспейді. Сондықтан Қазақстанның оңтүстік өңірінде жинақталған техногенді қалдықтарды құрылыс материалдары өндіру үшін қолдануды теориялық негіздеу және олардың негізінде тиімді құрылыс материалдарын алу мәселесі, өндірістің ресурс- және энергетикалық тиімділігін арттырып, өңірдің экологиялық жаңдайын жақсартуға мүмкіндік беретін өзекті мәселе болып табылады.

1.3 Техногенді қалдықтарды құрылыс материалдары өндірісінде қолдану тәжірибесі

Бұл саладағы зерттеулер техногенді қалдықтарды өнеркәсіптік айналымда қолдану ауқымын кеңейтіп, минералды шикізатты барлау, өндіру және өңдеу шығындарын азайту арқылы ресурстарды үнемдеуге мүмкіндік береді. Қазіргі таңда Қазақстанда құрылыс индустриясының қарқынды дамуы, құрылыс материалдарын өндіру саласына жақсартылған қасиеттері бар материалдарды өндіру міндетін ғана емес, сонымен қатар қолданыстағы материалдардан қасиеттері кем түспейтін, энергияны аз тұтынатын материалдар мен бұйымдарды өндіруге мүмкіндік беретін технологияларды енгізу міндеті жүктелуде [47].

Бірқатар шетелдік және отандық ғалымдардың жұмыстары құрылыс материалдарын өндіруде техногенді және екінші реттік қалдықтарды кешенді пайдаланудың теориялық негіздемесіне арналған.

Осы бағыттағы ғылыми зерттеулерді талдау цемент өндірісінде цементтің карбонатты қоспалармен гидратациялау заңдылықтарын, белгіленген цементтің оңтайлы құрамын ескере отырып, цементті өндіру кезінде түзілген қалдықтарды пайдалану арқылы өндіріс шығындарын азайтуды қамтамасыз ететін кристалды әктасты және оның механикалық өңдеу қалдықтарын пайдалану тәжірибесі бар екенін [48, 49] көрсетеді.

Зерттеулер полиметалды кендердің байытылған қалдықтарындағы карбонаттардың үлесі 50-70% шамасында болатынын көрсетеді, бұл оларды цементке карбонатты қоспа ретінде пайдалануға мүмкіндік береді және полиметалл кендерінің байытылған қалдықтарының құрамында барий сульфатының болуы композиттік цементтің гамма және рентген сәулелерінен қорғаныш қасиеттерін жақсартып алатыны анықталған [50]. [51-53] жұмыста «Ачполиметалл» АҚ полиметалл кендерін байыту қалдықтарын түрлі құрылыс материалдарын өндіруде пайдалану бойынша зерттеу нәтижелері ұсынылған.

Электротермофосфор өндірісінің қалдықтарын, домна қождары, күл қождарын пайдалану бойынша көптеген зерттеулер жүргізілген, бұл зерттеулер аталған қалдықтарды әртүрлі мақсаттағы цемент клинкерлерін өндіруге жарамды екенін көрсетеді [54, 55]. Түсті металлургия шлактары сирек кездесетін пирит шламдарын алмастыра алатыны да анықталған [56].

[58, 59] еңбектің авторлары ауыр бетон үшін толтырғыш және толықтырғыш ретінде барит қалдықтарын пайдалануды ұсынады, бұл қалдықтармен бетон араласпасындағы кварц құмын ішінара немесе толығымен алмастыруға болатынын көрсетеді. Бұндай бетондарда сызықтық гамма-сәулелерді сіңіру коэффициенті 19%-ға дейін артатыны, ал кварц құмының 40%-ын барит құмымен ішінара ауыстыру гамма-сәулелерден де, нейтрондық сәулеленуден де қорғауды қамтамасыз ететіні анықталған. Бетон құрамында кварц құмын барит құмымен алмастырып, бетонның құрамын оңтайландыру бақылау үлгілерімен салыстырғанда механикалық қасиеттері жоғары бетон алуға мүмкіндік беретін дәлелденген [60, 61].

Saidani Kh және Akkurt I. [62, 63] құрамында бариті бар қалдықтарды пайдаланып құрғақ құрылыс араласпаларының оңтайлық құрамын ұсынған.

Қазақстанның кейбір ірі тау-кен өндіріс орындарында жинақталған техногендік қалдықтардың сандық және сапалық сипаттамалары анықталып, сондай-ақ кенді байыту қалдықтарына негізделген құрғақ құрылыс араласпалары мен ұялы бетон алудың технологиялық шешімдері ұсынылған [64-68].

Бірақта тау-кен өндірісі қалдықтарын өңдеу және пайдалану тәжірибесін талдау, екінші реттік пайдалану технологиясының жетілмегендігіне байланысты техногендік қалдықтарды өңдеудің тиімсіздігін және пайдалану мүмкін емес екенін көрсетеді, ал ресурстық құндылығы жағынан тау-кен және қайта өңдеу, металлургия, отын-энергетика салаларының қалдықтары техногендік минералды шикізаттың көзі болып табылады [58], және оларды пайдаланудың ең үлкен көлемі қара және түсті металлургия кәсіпорындарының қалдықтарына сәйкес келеді. Қазіргі таңда олар қиыршық тас, жол жамылғыларына арналған құм алу, қалдық қоймаларының бөгеттерін толтыру, бұзылған жерлерді қалпына келтіру және т.б. мақсатта кеңінен қолданылады [69].

Ауыр бетонға арналған қожды компазиттерді талдайтын болсақ, [70] еңбек авторлары құрамында 15% немесе одан да көп кеуекті түйіршіктері бар 800 маркалы фосфор қожды қиыршық тасын пайдалану, тығыз гранит толтырғыштарынан алынған бетонмен салыстырғанда М500 бетонының беріктігін төмендетпейтінін анықтаған. Авторлар бетонның жоғары беріктігін цемент тасының қожды толтырғыштардың кедір-бұдыр, кеуекті бетіне жоғары адгезиялануына және жанасу аймағындағы қож шынысының химиялық белсенділігімен түсіндіреді.

Н.Д. Алиев және басқа да авторлар [70] ұсақталған тас қалдықтарын модификацияланған бетон үшін ірі және майда толтырғыштар ретінде пайдаланып, жоғары сапалы бетон алу мүмкін екенін көрсеткен. Бетонның қасиеттері арласпаға суперпластификатор қосу арқылы зерттеліп, суперпластификатордың бетонның физика-механикалық қасиеттеріне әсер ету заңдылықтары анықталған.

Бұны түрлі факторлардың әсерінен қалдықтарды ұзақ уақыт сақтау кезінде пайда болатын тау-кен қалдықтарының нақты технологиялық қасиеттері мен минералды құрамын ескерілмеумен түсіндіруге болады.

Техногенді толтырғыштарды пайдаланып дайындалған үлгілердің беріктігін анықтау кезінде цемент қамыры мен толтырғыштардың адгезиясын зерттеу бағытында әртүрлі авторлардың көптеген зерттеулері белгілі.

Цемент тасы мен толтырғыштардың арасындағы адгезияның жақсы болуы өз кезегінде жоғары беріктікті қамтамасыз етеді. Автор [72] жоғары адгезия белгілі бір фазаның, мәселен матрица немесе толтырғыштардың беріктік шегіне дейінгі қатты және берік толтырғыштарды қосуды қажет деп тұжырымдайды. Бұл жүктелмеген матрица мен толтырғыштардың жоғары беріктігіне байланысты бетонның нығаюын қамтамасыз етеді. Бұндай жағдайларда бетонды толтырғыштармен армирленуі жүзеге асады.

Авторлар [73] шекті элементтер әдісін қолданатын бетонды талдауға арналған модель болып табылатын қайта өңделген ірі толтырғыштардың алты фазалы моделін пайдалананып түрлі ескі цементті жабындар түріндегі қайта өңделген ірі толтырғыштардың қайта өңделген бетонның механикалық қасиеттеріне әсері туралы қорытынды жасаған.

Чеховский Ю.В. және басқа да авторлар [74] цемент тасының бетонның негізгі минералдарымен жанасу аймағын зерттеп, кварцтан басқа барлық минералдар цемент тасымен химиялық әрекеттесеуі, цемент тасының жанасу аймағының әлсіреуіне алып келетінін анықтаған.

Жалпы зерттеулер [75] жанасу аймағын 4 қабатқа бөледі:

- қалыңдығы 2-3 мкм тең жанасу қабықшасы, негізінен толтырғыштың бетінде жиналған гидратталған жағатүзілімдерден тұрады және айтарлықтай мөлшерде кеуектер мен химиялық байланыспаған суды қамтиды;

- қалыңдығы 5-10 мкм дейінгі жанасу қабықшасы, кальций гидроксиді мен эттрингит кристалдарына бай және құрамында аз мөлшерде CSH гелі болатын қабықша;

- қалыңдығы 5-10 мкм тең жанасу қабықшасы, кальций гидроксидінің белгілі бір мөлшерде бағытталған кристалдарының болуымен сипатталады;

- диффузиялық қабықша.

А.Е.Шейкиннің [76] мәліметтеріне сәйкес цемент тасының толтырғыш дәндерімен байланысу беріктігі көптеген факторларға тәуелді, атап айтқанда:

- толтырғыш түйіршіктері бетінің сипаты және оның тазалық дәрежесіне (толтырғыш түйіршіктері бетінде орналасқан бөгде бөлшектерге), мәселен, толтырғыш бетінде саз қосындыларының болуы адгезия беріктігін айтарлықтай төмендетеді;

- толтырғыш дәндерінің химия-минералогиялық құрамына;

- цемент тасының беріктігіне, бірдей жағдайларда цемент тасы беріктігінің артуымен, адгезия беріктігі де артады;

- сынақ кезіндегі бетонның ылғалдылығына, бірдей жағдайларда бетонның ылғалдылығының артуымен, цемент тасының толтырғыштарға адгезиялану беріктігі төмендейді.

[77] еңбекте цемент пен бетондағы ұстасу портландит және кальций гидросиликаттарының адгезиясы мен коогезиясына тәуелді екені көрсетілген. Адгезия негізінен сутектік байланыстар, Ван-дер-Ваальс күштері және әлсіз ковалентті байланыстар арқылы жүзеге асырылады. Адгезиялық және

коогезиялық ұстасу шамалары бір-біріне ұқсас. Портландиттің кристалдық жазықтықтары бойымен бұзылуының, аморфты кальций гидросиликаттарына қарағанда ықтималдығы жоғары. Толтырғыштардың цемент тасына адгезиясын, толтырғыш бетін химиялық өңдеу арқылы жақсартуға болады, бұл портландитпен қышқылдық байланыстардың жақсаруы есебінен жүреді. Натрий немесе калий сияқты электрондарды оңай беретін металдардың портландит кристалдарына диффузиясы жеке қабаттар арасындағы адгезияны арттыруға мүмкіндік береді.

[78-81] еңбектер авторлары толтырғыш түйіршіктері мен цемент тасы арасындағы жанасу аймақтарының құрылымы мен құрамын, сондай-ақ толтырғыштардың цемент тасына адгезиялану беріктігіне әртүрлі факторлардың әсерін зерттеген. Rehm Gallus [82] мәліметтерінше, толтырғыш түйіршіктерінің бетінде цемент гидратация өнімдерінің көп қабатты жүйесі түзіледі. Бұл жүйе құрамы, құрылымы және тығыздығы бойынша бір-бірінен ерекшеленетін жанасу қабатынан, аралық қабаттан және цемент тасына өтетін қабаттан тұрады. Портландцемент үшін қалыңдығы 2...3 мкм, ал қожды портландцемент үшін 0,5...1 мкм құрайтын жанасу қабаты негізінен этtringит кристалдарынан және толтырғыш түйіршіктерінің бетіне қатысты белгілі бір бағытта орналасқан майда $\text{Ca}(\text{OH})_2$ кристалдарынан тұрады. Толтырғыш түйіршіктері бетіне салыстырмалы түрде үлкен бұрыш түзе бағытталған үлкен алтыбұрышты $\text{Ca}(\text{OH})_2$ кристалдары, жанасу қабатын этtringит пен $\text{Ca}(\text{OH})_2$ кристалдарынан тұратын 5-10 мкм қалыңдықтағы кеуекті аралық қабатпен байланыстырады. Әрі қарай соңғысы шамамен қалыңдығы 5-10 мкм болатын тығыз өтпелі қабатқа ауысады. Гидратация кезінде, әсіресе оның алғашқы кезеңдерінде, жанасу қабатында этtringиттің моносұльфатқа айналуынан басқа ешқандай өзгерістер байқалмайды. Гидратация кезінде кальций гидросиликаттары аралық қабатта пластиналы және тырнақ тәрізді жаңатүзілімдер түрінде жиналалып, жанасу қабатына енеді. Олардың толтырғыш түйіршіктері бетіне қатысты нақты бағытталуы байқалады. Жанасу қабаты мен толтырғыш түйіршіктері беті арасындағы байланыс физикалық және химиялық адгезия күштері арқылы жүзеге асады.

Сонымен бірге авторлар [83] портландцемент негізіндегі қатаятын цемент қамыры (7,11% C_3A) мәрмәр негізіндегі карбонатты толтырғыштармен әрекеттесіп, CaCO_3 - $\text{Ca}(\text{OH})_2$ - H_2O жүйесіне жататын түрлі құрамдағы кальций карбонатын түзетінін анықтаған. $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -нің ірі бағытталған кристалдарымен салыстырғанда кальций карбонаты кристалдарының өлшемдері салыстырмалы түрде кішкентай және гидратация өнімдерінің арасында еркін орналасқаны анықталған. Бұл құбылыс цемент тасы мен карбонатты жыныстар негізіндегі толтырғыштар арасындағы жанасу аймағының механикалық беріктігінің артуымен түсіндіріледі.

Техногендік қалдықтардың қасиеттері түрліше болады және олар қалдықтар негізіндегі өнімдердің сапасына түрліше әсер етеді. Бұл өз кезегінде әрбір қалдық түрін өңдеуді және оларды дайындаудың сәйкес әдістерін әзірлеуді қажет етеді. Техногендік қалдықтарды тиімді пайдалану үшін оларды залалсыздандыруға деген жаңа көзқарас қажет, бұл оларды

тасымалдау тәсілдері мен санитарлық бағалаудың ақпараттық-талдамалық дерекқорын құруға, сондай-ақ кондициялау және сақтау тәсілдерін әзірлеуге қосымша инвестицияларды талап етеді.

Өнеркәсіп қалдықтары химиялық құрамы, түйіршіктерінің өлшемі мен фазалық-минералогиялық құрамы бойынша табиғи минералды шикізатқа өте жақын болып келеді. Құрылыс материалдары мен бұйымдарын өндіруде түрлі қалдықтар негізіндегі араласпаларды пайдалану қоршаған ортаны жақсарту арқылы экологиялық мәселелерді шешудің стратегиялық шешімдерінің бірі болып табылады.

Құрылыс материалдарын өндіру үшін екінші реттік минералды ресурстарды пайдалану әртүрлі көзқарастар негізінде де өзекті мәселе.

Шахта қалдықтары және басқа да қатты өнеркәсіптік қалдықтардың белгілі бір дәрежедегі құндылығы бар. Бұл қалдықтардың құрамында көптеген пайдалы компоненттер бар және оларды құрылыс индустриясы үшін, соның ішінде жол құрылысы, гидротехникалық және басқа да құрылыс түрлері үшін минералды шикізат ретінде пайдалануға болады. Техногенді және екінші реттік қалдықтарды игеру минералды-шикізат базасын кеңейтіп және өнімділікті арттырып қана қоймай, сонымен қатар қоршаған ортаның ластануының алдын алады.

Бірінші тарау бойынша қорытынды:

- «Жасыл экономика» концепциясына сәйкес өндіріс қалдықтарын қайта пайдалану барлық дамыған елдер үшін басты экологиялық және әлеуметтік проблема болып табылады;

- техногенді және екінші реттік минералды шикізатты құрылыс индустриясында пайдалану бағытындағы ғылыми еңбектерді талдау, Қазақстанда, соның ішінде оңтүстік өңірлерде тау-кен өндірісінің кең көлемдегі қалдықтары жианқталғанын көрсетеді;

- жинақталған техногенді қалдықтардың химиялық және минералогиялық құрамы оларды құрылыс саласында түрлі мақсатта пайдалануға болатынын көрсетеді;

- тау-кен өндірісі қалдықтарын өңдеу және пайдалану тәжірибесін талдау, екінші реттік пайдалану технологиясының жетілмегендігіне байланысты техногендік қалдықтарды өңдеу тиімсіз және қазіргі таңда кең көлемде пайдаланылмайды, ал ресурстық құндылығы жағынан тау-кен және қайта өңдеу, металлургия, отын-энергетика салаларының қалдықтары техногендік минералды шикізаттың көзі болып табылатынын көрсетті;

- зерттеулер Оңтүстік Қазақстанның өзінде құрылыс материалдарын өндіруге жарамды қалдықтардың орасан зор қоры бар екенін және осы қалдықтарды ауыр бетон технологиясында қолдану бағытындағы зерттеулердің жеткіліксіз екенін көрсетті.

2 ШИКІЗАТТЫҚ МАТЕРИАЛДАР ЖӘНЕ ЗЕРТТЕУ ӘДІСТЕРІ

2.1 Диссертациялық жұмыста қолданылатын зерттеу әдістері

Эксперименттік және теориялық зерттеулер нанотехнология принциптері мен әдістерін қолдана отырып, материалдардың физика-химиялық механикасы, механохимия және жоғары дисперсті жүйелердегі адсорбция құбылыстары қағидаттарына негізделіп жүргізілді. Диссертациялық жұмыстың мақсат және міндеттеріне қол жеткізу үшін техногенді қалдықтарды цемент негізіндегі конструкциялық ауыр бетонында пайдаланудың тиімділігі анықталды, техногенді қалдықтар қатысуында цементтің гидратациялануында болатын ықтимал өзгерістер себеп-салдарлық принциптермен түсіндіріліп, техногенді қалдықтардың оңтайлы мөлшерлері және оларды бетон араласпаларына енгізу тәсілдері анықталды, техногенді қалдықтардың цементтің қатаю процесіне әсер ету «механизмдері» анықталады, рентгендифрактометриялық, дифференциалды-термиялық және электронды микроскопиялық талдау әдістерін қолдана отырып, техногенді қалдықтары бар цементтің гидратация өнімдеріндегі морфологиялық өзгерістерін анықтау үшін кешенді физика-химиялық зерттеулер жүргізілді, цементпен химиялық байланысқан су мөлшерінің өзгеруі және цемент тасы мен бетонның сығуға, созылу және иіуге беріктігі қасиеттерінің өзгеруіне физика-механикалық сынақтар жүргізілді.

Техногенді қалдықтар негізіндегі бетондардың физика-механикалық және физика-химиялық қасиеттері сәйкес ГОСТ талаптары негізінде анықталды:

- техногенді қалдықтарды толық химиялық талдау ГОСТ 8269.1-97 «Құрылыс жұмыстарына арналған тығыз жыныстардан және өнеркәсіптік қалдықтардан алынған ұсақталған тас пен қиыршық тас. Химиялық талдау әдістері» талаптарына сәйкес жүргізілді;

- физикалық және механикалық қасиеттері модификацияланған бетон құрамдарын таңдау және оңтайландыру ГОСТ 26633-2015 «Ауыр және ұсақ түйіршікті бетон», ГОСТ 27006-2019 «Бетон. Құрамды таңдау ережелері» талаптарына сәйкес жүргізілді;

- ГОСТ 27006-2019 «Бетон. Құрам таңдау ережелері» мемлекетаралық стандартына сәйкес бетонның орташа тығыздығына майда (құм) және ірі (қиыршық тас) толтырғыштар қатынасының әсері зерттелді;

- ГОСТ 26633-2012 «Ауыр және ұсақ түйіршікті бетон. Техникалық сипаттамалары» талаптарына сәйкес майда (құм) және ірі (қиыршық тас) толтырғыштар қатынасының бетонның сығуға беріктігіне әсері зерттелді;

- ГОСТ 30459-2008 «Бетон және құрылыс ерітінділеріне арналған қоспалар. Тиімділікті анықтау және бағалау» талаптарына сәйкес құрамында цемент, майда және ірі толтырғыштардың оңтайлы мөлшері болатын бетонның тығыздығына химиялық қоспалардың әсері зерттелді;

- өндірістік қалдықтарды пайдалану арқылы бетонның коррозияға төзімділігін (беріктігі) сынау ГОСТ 31384-2017 «Бетон және темірбетон конструкцияларын коррозиядан қорғау. Жалпы техникалық талаптар» стандарты талаптарына сәйкес жүргізілді.

2.2 Бетондар үшін шикізаттық материалдар ретіндегі техногенді қалдықтардың сипаттамалары

Диссертациялық жұмыста Оңтүстік Қазақстанның техногендік қалдықтары, атап айтқанда: Шымкент фосфор зауытының, Шымкент қорғасын зауытының қалдықтары, Кентау қаласы Ащысай кенорыны мен Аңсай кен орнындарының қалдықтары, Састөбе әк зауытынан алынған карбонатты қалдықтары пайдаланылып, оларды бетонға минералды қоспа ретінде ғана емес, сонымен бірге ірі және майда толтырғыштар (қиыршық тас, құм) ретінде де пайдалану мүмкіндіктері зерттелді.

Таңдап алынған техногенді қалдықтардың физика-механикалық қасиеттері мен химия-минералогиялық құрамдары зерттелді.

Шикізаттық материалдар мен алынған бетондарды рентгендік дифракциялық талдаулар Bruker (Германия) компаниясының D&ENDEAVOR құралын пайдаланып, Cu-сәулеленуі және β сүзгісінде жүргізілді. Дифракциялық үлгіні жазу шарттары $U=35$ кВ; $I=20$ мА; $Q=2\theta$ жазуы, детектор 2 г/мин болды. Дифракциялық үлгілер JCDD картотексындағы «PDF2 ұнтақ дифракциялық деректер базасы және қоспалардан таза минералдардың дифракциялық үлгілері» деректерін пайдаланып түсіндірілді. Қалдықтардың химиялық құрамы электрондық микроскопия (SEM) әдісімен JEOL-6490 LV сканерлеуші микроскоп арқылы анықталды. Талдау Шымкент қаласы, М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университетінің ИРЛИП «КиБМ» зертханасы базасында орындалды.

2.2.1 Шымкент фосфор зауыты қалдықтары



2.1 Сурет – Шымкент фосфор зауытының қалдықтары

Шымкент фосфор зауытының техногендік қалдықтарын рентгендік дифрактометриялық талдау нәтижелері оның құрамында SiO_2 (кварц) $d = (4.24-3.34-2.49-2.45-2.288-2.123-1.54\text{\AA})^0$, $\alpha\text{-Ca SiO}_2$ (псевдоволлостанит) $d = 3.23-2.80-1.97-1.83$; $\alpha\text{-Ca SiO}_4$ (парнит) $d = 3.80-3.01-2.74-1.99-1.80\text{\AA}^0$; $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$

(гематит) $d = 2.69-2.51-1.842 \text{ \AA}^0$) минералдарының бар екенін көрсетті (талдау нәтижелері диссертацияның 3 тарауында көрсетілген).

2.2.2 Шымкент қорғасын зауыты қалдықтарын физика-химиялық талдау

Шымкент қорғасын зауыты қалдықтарын рентгендік дифракциялық талдау оның құрамында CaCO_3 (кальций карбонаты) $d = (3.849-3.029-2.49-2.29-2.089-1.912 \text{ \AA}^0)$, SiO_2 (кварцит) $d=(4.24-3.34-2.45-2.12-1.82-1.52 \text{ \AA}^0)$, $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ (доломит) $d=(2.883-2.22-1.84 \text{ \AA}^0)$ минералдарының бар екенін көрсетті (талдау нәтижелері диссертацияның 3 тарауында көрсетілген) .



2.2 Сурет — Шымкент қорғасын зауыты қожы

Қорғасын өндірісі қождарының химиялық құрамын анықтау үшін JEOL-6490 LV сканерлеуші электронды микроскоп (РЭМ) көмегімен алынған сканерлеуші электронды микроскопия мәліметтерді талданды. Рентгендік дифракциялық талдау мен құрылымдық талдаудың өзіндік ерекшеліктері бар, себебі кальций карбонаты, кварцит және доломит кристалдық торда болады, ал темір, мыс, мырыш және барий оксидтері аморфты және шыны тәрізді фазадағы қоспалар болып табылады. Бұл электронды микроскопия мәліметтерімен дәлелденеді, онда доломит, кварцит және кварц кристалдары көрініп тұр және олардың арасында аморфты фазасы бар.

Қорғасын өндірісі қалдықтарының дифференциалды-термиялық талдау нәтижелері L.Erdey жүйесінің Q 1500 D (Demo) дериватографында ауада, 20-дан 1000°C -қа дейінгі температура диапазонында, $(dT/dt = 10)$ динамикалық қыздыру режимінде (эталондық зат күйдірілген Al_2O_3) үлгі салмағы 500 мг, үлгі салмағының өзгеру шкаласының бөлу мәні $500 \mu\text{V}$ болатын жағдайда

жүргізілді. Зерттеулер барысында келесі параметрлер анықталды: шкала сезімталдығы 100 мВ, құрылғының басқа өлшеу жүйелерінің сезімталдығы: DTA = 250 мВ, DTG = 500 мВ, TG = 500 мВ, T = 500 мВ. Қолданылатын әдіс заттың қыздыруынан туындауы мүмкін термохимиялық және физикалық параметрлеріндегі өзгерістерді тіркеуге негізделген (талдау нәтижелері диссертацияның 3 тарауында көрсетілген).

ДТА әдісімен қорғасын қожын термиялық өңдеу кезінде алынған негізгі термохимиялық параметрлер, термиялық белсенді компоненттердің жойылу сипатын анықтауға мүмкіндік берді. Ұнтақ үлгісінің құрамы термиялық қисықтардың морфологиясына және эндо- және экзотермиялық әсерлердің қарқындылығының сандық мәндеріне негізделіп, TG сызықтарының тиісті термогравиметриялық көрсеткіштерін пайдалана отырып анықталды. Талдау нәтижелері басқа анықтамалық көздерде ұсынылған және осы зерттеулерді жүргізген зертхананың дерекқорында жинақталған мономинералды үлгілердің термиялық өзгеру сипаттамаларымен салыстырылып, негізделді.

2.2.3 Ансай кенорны қалдықтарын физика-химиялық талдау



2.3 Сурет — Ансай кенорны қалдықтары

Рентгендік талдаулар техногенді қалдықтар төмендегі минералдармен көрсетілген: CaCO_3 (кальций карбонаты) $d = (3.849-3.029-2.49-2.277-2.088-1.912-1.626 \text{ \AA}^0)$, SiO_2 (кварцит) $d = (4.24-3.53-3.34-2.45-2.28-1.81-1.54 \text{ \AA}^0)$, $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ (доломит) $d = (2.883-2.22-1.54 \text{ \AA}^0)$, BaCO_3 (витерит) $d = (3.72-2.14-1.94-1.52 \text{ \AA}^0)$, CaF_2 (флюорит) $d = 3.16-1.912-1.65 \text{ \AA}^0$, $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ (доломит) $d = 2.883-2.22-1.54 \text{ \AA}^4$ (талдау нәтижелері диссертацияның 3 тарауында көрсетілген).

2.2.4 Ащысай кенорны қалдықтарын физика-химиялық талдау



2.4 Сурет — Ащысай кенорны қалдықтары

Achots қалдықтарын рентгендік дифракциялық талдау оның құрамында CaCO_3 (кальций карбонаты) $d=(3.849-3.029-2.49-2.277-2.088-1.912-1.869-1.626\text{\AA})$, SiO_2 (кварцит) $d=(4.24-3.34-2.45-2.28-1.81-1.66-1.54\text{\AA})$, $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ (доломит) $d=(2.883-2.22-1.54\text{\AA})$, ZnCO_3 (смитсонит) $d=(3.92-3.56-3.02-2.79-2.324-1.948-1.727-1.495\text{\AA})$ және ZnO (цинцит) $d=2,79-2,594-2,45-1,901-1,49\text{\AA}$ бар екенін анықтады (талдау нәтижелері диссертацияның 3 тарауында көрсетілген).

Физика-химиялық талдау нәтижелері екі қалдықта да (Anskhv, Achots) кальций карбонаты, кварцит және доломиттің бар екенін көрсетті, бұл табиғи минералды шикізаттармен салыстыруға болатындай және бетонда толтырғыштар мен минералды қоспалар ретінде пайдалануға жарамды құнды компоненттер болып табылады. Anskhv үлгілерінде Achots үлгілеріне қарағанда кальций карбонаты мен кварциттің мөлшері жоғары болды. Сонымен қатар, бұл қалдықтар біртекті және ұсақталған, кейде фракцияланған материал болып табылатындықтан оларды рудалы емес құрылыс материалдарын өндіруде қолдану тиімді болып табылады.

2.2.5 Састөбе кенорны қалдықтарын физика-химиялық талдау

Састөбе кенорны қалдықтарын рентгендифрактометриялық талдау оның құрамында CaCO_3 (кальций карбонаты) $d=(3.849-3.27-2.49-2.277-2.088-1.912-1.869-1.626-1.52\text{\AA})$ бар екенін анықтады (талдау нәтижелері диссертацияның 3 тарауында көрсетілген).



2.5 Сурет — Састөбе кенорны қалдықтары

2.3 Техногенді қалдықтардың негізгі қасиеттерін зерттеу

Техногендік қалдықтар негізіндегі құмның физикалық және механикалық қасиеттері ГОСТ 8735-88 СТ РК 1217-2003 талаптарына сәйкес зерттелді.

Нағыз тығыздықты жеделдетіп анықтау әдістемесі.

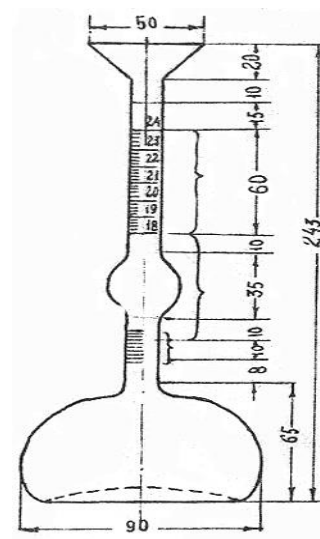
Нағыз тығыздық кептірілген құм түйіршіктерінің бірлік көлеміне шаққандағы массасын Ле Шателье приборын пайдаланып өлшеу арқылы анықталды.

Прибор сынақ материалына инертті болатын сұйықтықпен төменгі сызыққа дейін толтырылды. Прибордың сұйықтықсыз бөлігі сүзгі қағазымен мұқият сүртілді. 100–110°C температурада тұрақты массаға дейін кептірілген материал шарлы диірменде немесе қолмен арнайы келіде ұнтақталып, 918 тесік/см² болатын №02 електен өткізілді. 60–70 г ұнтақталған материалды таза шыны табақшада өлшеп, оны приборға кішкене бөліктермен салынып, көлемдік өлшегіштің мойнында ешқандай бітелулер пайда болмауы мен көлемдік өлшегіштен барлық ауаның шығарылуын қамтамасыз етілді. Материал сұйықтық деңгейі жоғарғы сызыққа жеткенше салынды.

Сынақ материалының қалған бөлігі өлшенеді. Бастапқы масса мен қалдық массасының айырмашылығы, приборға құйылған материалдың массасы болып табылады, ал оның көлемі приборда белгіленген төменгі және жоғарғы сызықтар арасындағы сұйықтық көлеміне тең болады.

Нағыз тығыздық үш сынақ нәтижелері арифметикалық орташа мәні ретінде 0,01 г/см³ дәлдікпен келесі формуланың көмегімен анықталады:

$$\rho = \frac{m}{V_a}, \quad 2.1$$



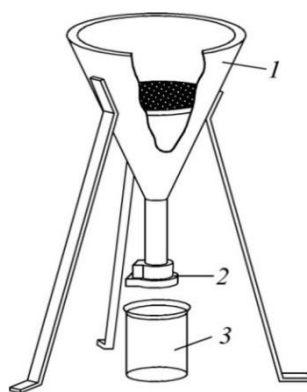
2.6 Сурет - Ле-Шателье приборы

Кесте 2.1 — Техногенді қалдықтардың нағыз тығыздығы

Қалдық атауы	Нағыз тығыздығы, кг/м ³
Шымкент фосфор зауытының қалдықтары	2120
Шымкент қорғасын зауытының қалдықтары	3441
Ансай кенорны қалдықтары	3846
Ачисай кенорны қалдықтары	2500
Састөбе кенорны қалдықтары	2220

Үйме тығыздықты анықтау

Үйме тығыздық - бос күйіндегі, қуыстарысен қоса алғандағы материалдың бірлік көлеміне шаққандағы массасы.



1 – материал толтырылған воронка; 2 – затвор; 3 – ыдыс

2.7 Сурет – Материалдың үйме тығыздығын анықтаға арналған ворнока

Бұл шаманы анықтау үшін түбінде тығыздағышы бар стандартты воронканы пайдаландық (2.7 сурет). Воронканың астына алдын ала массасы өлшенген ыдыс қойылады. Ыдыстың сыйымдылығы материалдың түрі мен

өлшеміне байланысты; мысалы, құмның үйме тығыздығын анықтау үшін көлемі 1 литр қажет. Воронканың тығыздағышын ашқаннан кейін, ыдысты 10 см биіктіктен ыдыстың үстінде конус пайда болғанша материалмен баяу толтырамыз. Содан кейін, конусты сызғышпен абайлап кесіп, материалы бар ыдысты өлшейміз.

Үйме тығыздықты үш анықтау нәтижелерінің арифметикалық орташасы мәні ретінде г/см^3 -пен келесі формула көмегімен анықтайды:

$$\rho_n = \frac{m}{V} = \frac{m_2 - m_1}{V}. \quad 2.2$$

Кесте 2.2 — Қалдықтардың үйме тығыздықтары

Қалдық атауы	Орташа тығыздық, кг/м^3
Шымкент фосфор зауытының қалдықтары	1046
Шымкент қорғасын зауытының қалдықтары	3846
Ансай кенорны қалдықтары	1388
Ачисай кенорны қалдықтары	1312
Састөбе кенорны қалдықтары	1276

Қалдықтардың құмды құрамының түйіршіктік құрамын анықтау

Өзірленген диаметрі 2,5 мм құм үлгілерін тор өлшемдері 1,25, 0,63, 0,315 және 0,16 болатын дөңгелек тесіктері бар електер жиынтығында еленеді. Елеу процесі қолмен жүргізілді. Елеу уақыты, әрбір електі 1 минут бойы қатты қолмен шайқағаннан кейін, електен өтетін мөлшері үлгінің жалпы массасының 0,1%-дан аспайтындай етіп белгіленді.

Әр електегі құмның қалдығы өлшеніп, әрбір електегі жеке қалдық келесі формула көмегімен 0,1% дәлдікпен есептелді:

$$a_i = \frac{m_i}{m} 100, \quad 2.3$$

бұндағы:

- жеке қалдық, %;
- осы електегі қалдықтың массасы, г;
- жалпы еленетін үлгінің массасы, г.

Содан соң әрбір електегі жалпы қалдық 0,1% дәлдікпен анықталды. Жалпы қалдық A_i , %-бен, тесіктері ірі өлшемді барлық електердегі жеке қалдықтардың берілген електегі қалдықпен қосындысы ретінде анықталады:

$$A_i = a_{2,5} + \dots + a_i, \quad 2.4$$

бұндағы: – өлшемі 2,5 мм електі қоса алғанда, тесіктері ірі өлшемді барлық електердегі жеке қалдықтар, %;

– осы електегі жеке қалдық, %.

Құмның түйіршік құрамы сонымен бірге ірілік модулімен M_k де сипатталады, ол келесі формула көмегімен 0,1 дәлдікпен есептелді:

$$M_k = (A_{2,5} + A_{1,25} + A_{0,63} + A_{0,315} + A_{0,14}) / 100 \quad 2.5$$

бұндағы: – $A_{2,5} + A_{1,25} + A_{0,63} + A_{0,315} + A_{0,14}$ електердегі жалпы қалдық, %.

Өндіріс қалдықтары негізіндегі қиыршық тастың физика-механикалық қасиеттері ГОСТ 8269.0-97 «Тығыз жыныстар мен қалдықтардан алынған шағал мен қиыршық тас. Физикалық және механикалық сынау әдістері» талаптарына сәйкес зерттелді.

Қиыршық тастың түйіршіктік құрамы. Үлгілер тесіктері кішкентай електен бастап, ретімен бағанға орналастырылған електер арқылы қолмен еленді. Әрбір електегі қиыршық тас қабатының қалыңдығы ең үлкен түйіршік өлшемінен аспауы керек. Елеу процесін аяқтау үшін әрбір елек қағаз парағына қатты шайқалды. Елеу нәтижелеріне сүйене отырып, әрбір електегі жеке қалдық үлгі массасының пайызы ретінде анықталды. Әрбір електегі жалпы қалдық үлгі массасының пайызы ретінде анықталды, ол сол електегі және тесіктері үлкен барлық електердегі жеке қалдықтардың қосындысына тең.

Қиыршық тастың маркасын анықтау үшін диаметрі 75 мм цилиндр пайдаланылды. Қиыршық тас үлгісі цилиндрге 50 мм биіктіктен құйылды, осылайша тегістеуден кейін материалдың жоғарғы деңгейі цилиндрдің жоғарғы жағынан шамамен 15 мм төмен болды. Содан кейін цилиндрге поршень енгізілді, осылайша поршень пластинасы цилиндрдің жоғарғы жағымен тегіс болды. Содан кейін цилиндр престің төменгі пластинасына орналастырылып, престің престоу күшін біртіндеп секундына 1-2 кН (100-200 кгс) арттыру арқылы цилиндрде қиыршық тасты сынау кезінде ол 50 кН (5000 кгс) дейін жеткізілді. Сығымдалғаннан кейінгі сынақ үлгісі цилиндрден құйылып, өлшенді. Содан кейін ол түйіршік мөлшері 10-нан 20 мм-ге дейінгі 2,5 мм електен өткізілді.

Кесте 2.3 — Өндіріс қалдықтары негізіндегі қиыршық тастың ұсақталу маркасы

Қалдық атауы	Ұсақталу маркасы
Шымкент фосфор зауытының қалдықтары	M300
Шымкент қорғасын зауытының қалдықтары	M100
Ансай кенорны қалдықтары	M800
Ачисай кенорны қалдықтары	M600
Састөбе кенорны қалдықтары	M600

Зерттеулер, өндіріс қалдықтары негізіндегі құм мен қиыршық тастың негізгі сипаттамалары бойынша табиғи аналогтарымен салыстырғанда кем түспейтінін көрсетті.

Одан әрі зерттеулерде табиғи толтырғыштарды өндіріс қалдықтары негізіндегі толтырғыштармен ішінара және толығымен алмастыратын ауыр бетон құрамдары таңдалды.

3 ТҮРЛІ БАҒЫТТАҒЫ БЕТОНДАРДА ТОЛТЫРҒЫШ ЖӘНЕ МИНЕРАЛДЫ ҚОСПА РЕТІНДЕ ҚОЛДАНУ ҮШІН ҚАЗАҚСТАННЫҢ ОҢТҮСТІК Өңірлеріндегі техногенді қалдықтардың қасиеттерін зерттеу

3.1 Техногенді қалдықтар негізіндегі бетонның физика-механикалық қасиеттерін жақсарту үшін бетонның құрамын таңдау және оңтайландыру

Кесте 3.1 — Техногенді қалдықтар негізіндегі ауыр бетон құрамдары

Бетон құрамдары	1м ³ бетон құрамы, кг			
	Цемент	Қиыршық тас	Құм	Су
Дәстүрлі толтырғыштар негізіндегі бақылау құрамы	432	1200	720	182
Фосфор қожы негізіндегі толтырғыштар (25%)	432	300	180	182
Фосфор қожы негізіндегі толтырғыштар (50%)	432	600	360	182
Фосфор қожы негізіндегі толтырғыштар (100%)	432	1200	720	182
Қорғасын қожы негізіндегі толтырғыштар (25%)	432	300	180	182
Қорғасын қожы негізіндегі толтырғыштар (50%)	432	600	360	182
Қорғасын қожы негізіндегі толтырғыштар (100%)	432	1200	720	182
Anskhv толтырғыштары негізінде (25%)	432	300	180	182
Anskhv толтырғыштары негізінде (50%)	432	600	360	182
Anskhv толтырғыштары негізінде (100%)	432	1200	720	182
Achots толтырғыштары негізінде (25%)	432	300	180	182
Achots толтырғыштары негізінде (50%)	432	600	360	182
Achots толтырғыштары негізінде (100%)	432	1200	720	182
Карботс толтырғыштары негізінде (25%)	432	300	180	182
Карботс толтырғыштары негізінде (50%)	432	600	360	182
Карботс толтырғыштары негізінде (100%)	432	1200	720	182

Кесте 3.2 - Бетон араласпаларының жайғасымдылығы

Бетон араласпаларының атауы	Жылжымалылығы (см)	Қатандығы (сек)
Дәстүрлі толтырғыштар негізіндегі бақылау құрамы	1	
Фосфор қожы негізіндегі толтырғыштар (25%)		15
Фосфор қожы негізіндегі толтырғыштар (50%)		30
Фосфор қожы негізіндегі толтырғыштар (100%)		30
Қорғасын қожы негізіндегі толтырғыштар (25%)		16
Қорғасын қожы негізіндегі толтырғыштар (50%)	5	
Қорғасын қожы негізіндегі толтырғыштар (100%)	3	
Anskhv толтырғыштары негізінде (25%)		16
Anskhv толтырғыштары негізінде (50%)	3	
Anskhv толтырғыштары негізінде (100%)	1	
Achots толтырғыштары негізінде (25%)	5	
Achots толтырғыштары негізінде (50%)		28
Achots толтырғыштары негізінде (100%)		120
Карботс толтырғыштары негізінде (25%)		10
Карботс толтырғыштары негізінде (50%)		31
Карботс толтырғыштары негізінде (100%)		30

Тиісті әдістемеге сәйкес бетон араласпаларының жайғасымдылығы зерттелді. Зерттеу нәтижелері 3.2 кестеде көрсетілген. Зерттеулер техногенді қалдықтар негізінен бетон араласпасының сусұранысын арттыратынын көрсетті. Қорғасын қожы негізіндегі толтырғыштар мен Anskhv толтырғыштарын қосу кезінде ғана араласпаның жылжымалылығы аздап артқан, қалған жағдайлардың бәрінде қатаң бетон араласпалары алынды. Бұл техногенді қалдықтар негізіндегі толтырғыштардың сусұранысы, табиғи толтырғыштармен салыстырғанда жоғары екендігін көрсетеді.

3.2 Ауыр бетонның физика-механикалық қасиеттеріне тау-кен өндірісі қалдықтарының әсерін математикалық модельдеу арқылы зерттеу

Қазақстанда пайдалы қазбаларды өндіру мен өңдеу қарқынының өсуі өндіріс қалдықтарының орасан зор көлемінің жинақталуына алып келді. Тау-кен өнеркәсібі кәсіпорындарында үйінділер мен қалдық қоймаларында 20 миллиард тоннадан астам техногендік қалдықтар жинақталған және жыл сайын шамамен қосымша 700 миллион тонна қалдық түзіледі. Бұл қалдықтарды кәдеге жарату ауқымы 10%-ға да жетпейтіндіктен [5, 84], оларды заласыздандырудың өзектілігі жылдан жылға артуда.

Осы бағыттағы ғылыми әдебиеттерге шолу құрылыс материалдарын өндіруде техногендік минералды шикізаттарды пайдалану бойынша зерттеулер жүргізудің айтарлықтай әлемдік тәжірибесі бар екенін көрсетеді. Осылайша, шет елдерде тау-кен өндірісінің қалдықтары кірпіш [18], бетон [18], шыны керамика [19] және құрамында фосфоры бар шлакты байланыстырғыштар [85, 86] өндірісінде, ал түйіршіктелген домна шлактарын керамикалық тақтайшалар [87] өндірісінде күйдіру және кристалдану инициаторлары ретінде пайдаланылады.

Табиғи толтырғыштардың орнына өндірістік қалдықтар негізіндегі толтырғыштарды пайдалану арқылы әзірленген бетондар аналогтарынан кем түспейтін физикалық-механикалық қасиеттерге ие болуы керек, сондықтан бетонның негізгі қасиеттеріне кіріс факторларының әсерін математикалық модельдеу, бетонның физика-механикалық қасиеттерінің шикізаттың құрамы мен үлесіне тәуелділігін сипаттау үшін өзекті болып табылады [88-90].

Жалпы алғанда математикалық модель нақты материал мен құбылыстың эквиваленті болып, оның қасиеттері мен заңдылықтары теңдеулер-функциялары немесе геометриялық фигуралар және олардың комбинациялары түрінде математикалық тұрғыдан баяндалады.

Біз ауыр бетонның физика-механикалық қасиеттеріне тау-кен өндірісі қалдықтарының әсерін математикалық модельдеу арқылы зерттедік.

Бұл зерттеулерде «Standartcement» жауапкершілігі шектеулі серіктестігінен Cem II/A-Sh 32,5Н маркалы портландцемент, «Бадам» жауапкершілігі шектеулі серіктестігінің қиыршық тастары мен құмдары, сондай-ақ Оңтүстік Қазақстанның өндірістік қалдықтары, атап айтқанда Ащысай полиметалл зауытының (Achots) қалдығы, Кентаудағы Аңсай кен орнының (Anskhv) қалдықтары, Шымкенттегі қорғасын зауыты және фосфор

өндірісінің қалдықтары қолданылды. Бұл қалдықтар толтырғыш (қиыршық тас, құм) және әртүрлі мақсаттағы бетонға минералды қоспалар ретінде пайдаланылды.

Қойылған мақсатқа қол жеткізу үшін техногенді қалдықтарды майда және ірі толтырғыш ретінде пайдалану арқылы сапалық сипаттамалары анықталып, ауыр бетон құрамдардары әзірленді. Техногендік қалдықтар негізіндегі қиыршық тас пен құмның физика-механикалық қасиеттері ГОСТ 8735-88 ҚР СТ 1217-2003 талаптарына сәйкес зерттелді.

Ауыр бетонның құрамы мен бетон араласпасының жайғасымдылығы жайлы мәліметтер 3.1 және 3.2 кестелерде көрсетілген.

Кестеде көрсетілген мәліметтерден математикалық модельдеу үшін 4 факторды қарастырдық:

- x1 - цемент
- x2 - қиыр тас
- x3 - құм
- x4 - су.

Осы факторларды қолдану кезіндегі бетонның оңтайлы құрамын тауып алу қажет.

Жоспарлау матрицасы төмендегідей есептелді:

Кесте 3.3 — Матрицаның есептелген коэффициенттері

	a_{11}	a_{12}	a_{13}	a_{14}
a_{11}	1			
a_{12}	-1	1		
a_{13}	-1	1	1	
a_{14}	0,6262	-0,62625	-0,626248275	1

Матрицаның есептелген коэффициенттері факторлар арасындағы байланыстың тығыз екенін көрсетеді. Олардың абсолют шамасы жоғары болған сайын, сол фактордың әсері жоғары екені анықталды. Жоспарлау матрицасын талдау екі кезеңнен тұрады:

1. Матрицаның бірінші тік қатарында $< 0,5$ элементтерінің болу жағдайы орындалатын болса, оған сәйкес келетін факторлар модельден алып тасталады. Біздің жағдайда бұндай факторлар жоқ.

2. (r_{XiXj}) факторлар матрицасында өлшенген коэффициенттердің тығыз байланысын талдау кезінде, олардың бір бірінен тәуелсіздігін бағалау қажет. Бұл регрессиялық талдаудың қажетті шарты болып табылады.

Регрессия теңдеулерін сәйкестікке тексеретін параметрлерді есептейміз:

- R - көп регрессиялық корреляция индексі;
- R- квадраттық регрессияны анықтау коэффициенті.

Егер алынған мән $>0,95$ болса аппроксимация дәлдігі жеткілікті, ал $0,6 < R < 0,95$ болса аппроксимация дәлдігі жеткіліксіз, ал $R < 0,5$ болса модельді жақсарту қажет болады. Біздің есептеулеріміз бойынша барлық параметрлердің мәндері жеткілікті деңгейде екені анықталды.

Кесте 3.4 — Регрессиялық статистика

Көпше түрдегі R	0,817414061
R-квадрат	0,668165747
Нормаланған R-квадрат	0,469065195
Стандартты қателік	0,157757944
Бақылаулар саны	9

Бақылаулар саны 9. Бұл бақылау параметрлері төменде көрсетілген:

Кесте 3.5 — Бақылаулар параметрлері

Бақылаулар	Болжанған H_2	Қалдық	Стандартты қалдық
1	0,478587117	-0,228587117	-0,1832822899
2	0,546082089	-0,046082089	-0,369488488
3	0,639592786	0,110407214	0,885250544
4	0,248044599	0,001955441	0,015678824
5	0,359018404	0,140981596	1,130397471
6	0,822907342	-0,072907342	-0,584574705
7	0,355516833	-0,105516833	-0,846039228
8	0,42838387	0,07164613	0,574462241
9	0,621897	0,128103	1,02713624

Анықталған қалдықтар өте аз және талапқа жауап береді.

Стандартты қалдық — бақыланған мәндердің регрессия сызығынан ауытқуы. Бұл мәндер де талапқа жауап береді. Дисперсиялық талдау арқылы келесі параметрлерді есептейміз:

df - регрессия еркіндігінің дәрежесі — регрессия коэффициенттер санына тең.

$$df = 6$$

SS – регрессияның орташа квадраты

$$SS = SSa + SSt,$$

бұндағы:

SS – ауытқу квадраттарының жалпы сомасы,

SSa - а факторының әсері нәтижесінде ауытқу квадраттарының сомасы,

SSt – қателік ауытқуы квадраттарының сомасы.

Жалпы жағдай үшін төмендегі формула көмегімен есептейміз:

$$SS_t = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^{x_i} \square$$

MS – орташа қалдық регрессия квадраттарын төмендегі формула көмегімен есептейміз:

$$M S_a = \frac{SS_a}{a-1}$$

$$M S_l = \frac{SS_l}{n-a}$$

F — Фишер критеріі коэффициентін регрессияның орташа қалдық коэффициенттері арқылы есептейміз:

$$F = \frac{M S_a}{M S_l}$$

Кесте 3.6 — Есептеу нәтижелері

	df	SS	MS	F	F маңыздылығы
Регрессия	5	2,666666667	7,166666667	0,985203314	0,44562315
Қалдық	1	5,698321	1,5986863		
Жалпы	5	29,666666667			

Регрессиялық талдау нәтижелерінің дәлдігін Стюдент критерілері негізінде тексереміз. Т - Стюдент критеріі орташа мәндер арасындағы айырмашылықтың статистикалық маңыздылығын анықтау үшін қолданылады. Тәуелсіз таңдап алуды үлгілерді салыстыру кезінде де, байланысты популяцияларды салыстыру үшін де пайдалануға болады. t-статистикалық бағандағы деректер есептеу кезінде Стюденттің t-тест мәндерін береді және келесі формула көмегімен анықталады:

$$t = \frac{X_1 - X_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}}$$

Кесте 3.7 - Регрессиялық талдау нәтижелері

	Коэффициенттер	Стандартты қателік	t-статистика	P- мәні	Төменгі 95%	Жоғарғы 95%	Төменгі 95%	Жоғарғы 95%
Ү-қиылысы	7,105427358	0,235642	0,23654	0,00235642	7,105427358	7,542736	5,265489	2,135648
X1	0,0000526	0,256987	0,55659	0,00021563	0,000526489	0,000526	0,000526	0,000526
X2	0,0833333	0,895647	0,12457	0,40569871	0,083333333	0,083333	0,083333	0,083333
X3	0,0002547	0,145214	0,25878	0,25064789	0,000254658	0,000255	0,000255	0,000255
X4	0,0005649	0,569452	0,25698	0,12135465	0,000564859	0,000565	0,000565	0,000565

t- Стюдент критерийінің алынған мәндері дұрыс талдануы қажет. Ол үшін (n1 и n2) әр топтағы зерттелген факторлардың санын аламыз. f — еркіндік дәрежесінің мәнін төмендегі формуламен табамыз:

$$f = (n_1 + n_2) - 2$$

Одан кейін берілген кесте нәтижелері негізінде қажетті маңыздылық деңгейіне сәйкес t- Стьюдент критерийінің критикалық мәні мен f еркіндік дәрежесінің мәнін анықтаймыз. Критеридің критикалық және есептелген мәндерін салыстыру қажет:

- егер t - Стьюдент критерийінің есептелген мәні кестеден анықталған критикалық мәнге тең немесе одан артық болса, онда салыстырылған мәндердің статистикалық маңыздылығы жайлы қорытынды жасаймыз;

- егер t - Стьюдент критерийінің есептелген мәні кестеден анықталған критикалық мәнден аз болса, онда салыстырылған мәндердің статистикалық маңыздылығы төмен болғаны.

Регрессиялық талдау нәтижесінде регрессияның теңдеуін аламыз:

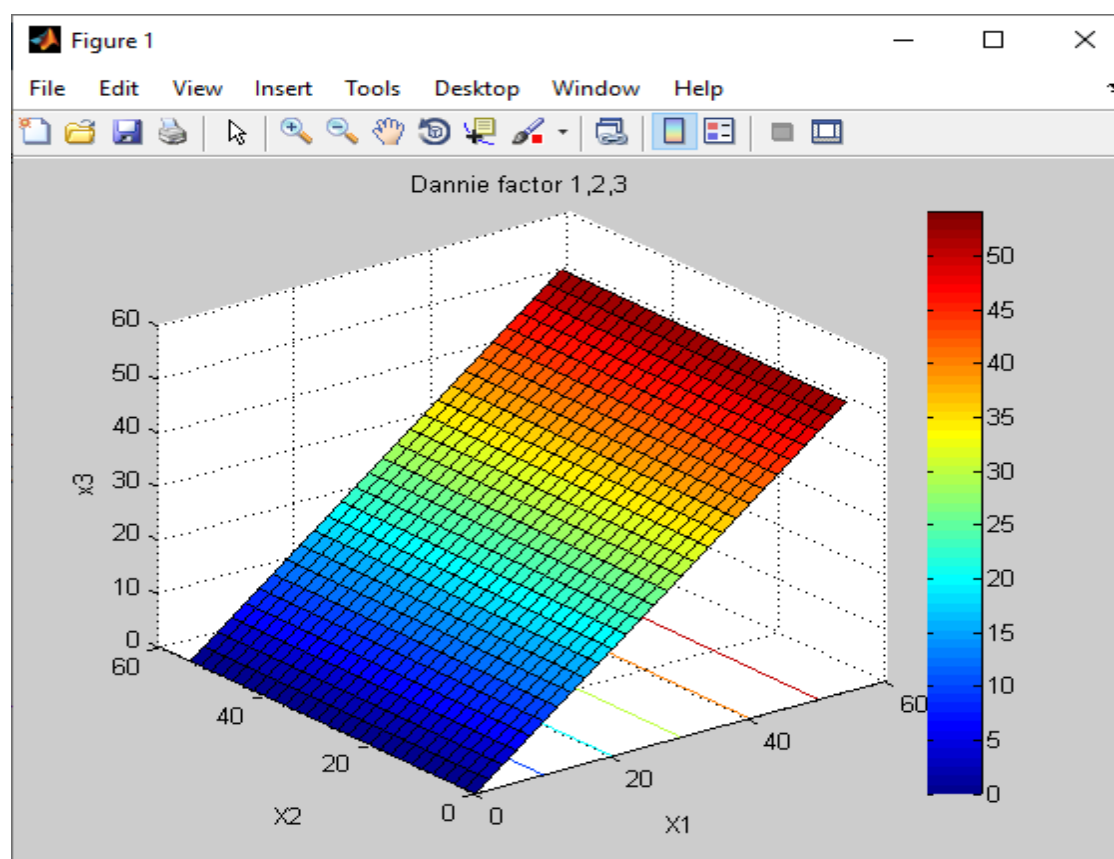
$$y = 7.105 + 0.0000526 * x_1 + 0.0833 * x_2 + 0.00025 * x_3 + 0.00056 * x_4$$

Регрессия теңдеуін MatLab бағдарламалық пакеті арқылы шешіп, төмендегі мәндерді алдық:

y =												
Columns 1 through 13												
7.1050	7.1056	7.1062	7.1068	7.1074	7.1080	7.1086	7.1092	7.1098	7.1104	7.1111	7.1117	7.1123
7.2727	7.2733	7.2739	7.2745	7.2751	7.2757	7.2764	7.2770	7.2776	7.2782	7.2788	7.2794	7.2800
7.4404	7.4410	7.4417	7.4423	7.4429	7.4435	7.4441	7.4447	7.4453	7.4459	7.4465	7.4471	7.4477
7.6082	7.6088	7.6094	7.6100	7.6106	7.6112	7.6118	7.6124	7.6130	7.6136	7.6142	7.6148	7.6154
7.7759	7.7765	7.7771	7.7777	7.7783	7.7789	7.7795	7.7801	7.7807	7.7813	7.7819	7.7825	7.7831
7.9436	7.9442	7.9448	7.9454	7.9460	7.9466	7.9472	7.9478	7.9484	7.9490	7.9497	7.9503	7.9509
8.1113	8.1119	8.1125	8.1131	8.1137	8.1143	8.1150	8.1156	8.1162	8.1168	8.1174	8.1180	8.1186
8.2790	8.2796	8.2803	8.2809	8.2815	8.2821	8.2827	8.2833	8.2839	8.2845	8.2851	8.2857	8.2863
8.4468	8.4474	8.4480	8.4486	8.4492	8.4498	8.4504	8.4510	8.4516	8.4522	8.4528	8.4534	8.4540
8.6145	8.6151	8.6157	8.6163	8.6169	8.6175	8.6181	8.6187	8.6193	8.6199	8.6205	8.6211	8.6217
8.7822	8.7828	8.7834	8.7840	8.7846	8.7852	8.7858	8.7864	8.7870	8.7876	8.7883	8.7889	8.7895
8.9499	8.9505	8.9511	8.9517	8.9523	8.9529	8.9536	8.9542	8.9548	8.9554	8.9560	8.9566	8.9572
9.1176	9.1182	9.1189	9.1195	9.1201	9.1207	9.1213	9.1219	9.1225	9.1231	9.1237	9.1243	9.1249
9.2854	9.2860	9.2866	9.2872	9.2878	9.2884	9.2890	9.2896	9.2902	9.2908	9.2914	9.2920	9.2926
9.4531	9.4537	9.4543	9.4549	9.4555	9.4561	9.4567	9.4573	9.4579	9.4585	9.4591	9.4597	9.4603
9.6208	9.6214	9.6220	9.6226	9.6232	9.6238	9.6244	9.6250	9.6256	9.6262	9.6269	9.6275	9.6281
9.7885	9.7891	9.7897	9.7903	9.7909	9.7915	9.7922	9.7928	9.7934	9.7940	9.7946	9.7952	9.7958
9.9562	9.9568	9.9575	9.9581	9.9587	9.9593	9.9599	9.9605	9.9611	9.9617	9.9623	9.9629	9.9635
10.1240	10.1246	10.1252	10.1258	10.1264	10.1270	10.1276	10.1282	10.1288	10.1294	10.1300	10.1306	10.1312
10.2917	10.2923	10.2929	10.2935	10.2941	10.2947	10.2953	10.2959	10.2965	10.2971	10.2977	10.2983	10.2989
10.4594	10.4600	10.4606	10.4612	10.4618	10.4624	10.4630	10.4636	10.4642	10.4648	10.4655	10.4661	10.4667
10.6271	10.6277	10.6283	10.6289	10.6295	10.6301	10.6308	10.6314	10.6320	10.6326	10.6332	10.6338	10.6344
10.7948	10.7954	10.7961	10.7967	10.7973	10.7979	10.7985	10.7991	10.7997	10.8003	10.8009	10.8015	10.8021
10.9626	10.9632	10.9638	10.9644	10.9650	10.9656	10.9662	10.9668	10.9674	10.9680	10.9686	10.9692	10.9698
11.1303	11.1309	11.1315	11.1321	11.1327	11.1333	11.1339	11.1345	11.1351	11.1357	11.1363	11.1369	11.1375
11.2980	11.2986	11.2992	11.2998	11.3004	11.3010	11.3016	11.3022	11.3028	11.3034	11.3041	11.3047	11.3053

Columns 14 through 26												
7.1129	7.1135	7.1141	7.1147	7.1153	7.1159	7.1165	7.1171	7.1177	7.1183	7.1189	7.1195	7.1201
7.2806	7.2812	7.2818	7.2824	7.2830	7.2836	7.2842	7.2848	7.2854	7.2860	7.2866	7.2872	7.2879
7.4483	7.4489	7.4495	7.4501	7.4507	7.4513	7.4519	7.4525	7.4531	7.4538	7.4544	7.4550	7.4556
7.6160	7.6166	7.6172	7.6178	7.6184	7.6191	7.6197	7.6203	7.6209	7.6215	7.6221	7.6227	7.6233
7.7837	7.7844	7.7850	7.7856	7.7862	7.7868	7.7874	7.7880	7.7886	7.7892	7.7898	7.7904	7.7910
7.9515	7.9521	7.9527	7.9533	7.9539	7.9545	7.9551	7.9557	7.9563	7.9569	7.9575	7.9581	7.9587
8.1192	8.1198	8.1204	8.1210	8.1216	8.1222	8.1228	8.1234	8.1240	8.1246	8.1252	8.1258	8.1265
8.2869	8.2875	8.2881	8.2887	8.2893	8.2899	8.2905	8.2911	8.2917	8.2924	8.2930	8.2936	8.2942
8.4546	8.4552	8.4558	8.4564	8.4570	8.4577	8.4583	8.4589	8.4595	8.4601	8.4607	8.4613	8.4619
8.6223	8.6230	8.6236	8.6242	8.6248	8.6254	8.6260	8.6266	8.6272	8.6278	8.6284	8.6290	8.6296
8.7901	8.7907	8.7913	8.7919	8.7925	8.7931	8.7937	8.7943	8.7949	8.7955	8.7961	8.7967	8.7973
8.9578	8.9584	8.9590	8.9596	8.9602	8.9608	8.9614	8.9620	8.9626	8.9632	8.9638	8.9644	8.9650
9.1255	9.1261	9.1267	9.1273	9.1279	9.1285	9.1291	9.1297	9.1303	9.1310	9.1316	9.1322	9.1328
9.2932	9.2938	9.2944	9.2950	9.2956	9.2963	9.2969	9.2975	9.2981	9.2987	9.2993	9.2999	9.3005
9.4609	9.4616	9.4622	9.4628	9.4634	9.4640	9.4646	9.4652	9.4658	9.4664	9.4670	9.4676	9.4682
9.6287	9.6293	9.6299	9.6305	9.6311	9.6317	9.6323	9.6329	9.6335	9.6341	9.6347	9.6353	9.6359
9.7964	9.7970	9.7976	9.7982	9.7988	9.7994	9.8000	9.8006	9.8012	9.8018	9.8024	9.8030	9.8036
9.9641	9.9647	9.9653	9.9659	9.9665	9.9671	9.9677	9.9683	9.9689	9.9696	9.9702	9.9708	9.9714
10.1318	10.1324	10.1330	10.1336	10.1342	10.1349	10.1355	10.1361	10.1367	10.1373	10.1379	10.1385	10.1391
10.2995	10.3002	10.3008	10.3014	10.3020	10.3026	10.3032	10.3038	10.3044	10.3050	10.3056	10.3062	10.3068
10.4673	10.4679	10.4685	10.4691	10.4697	10.4703	10.4709	10.4715	10.4721	10.4727	10.4733	10.4739	10.4745
10.6350	10.6356	10.6362	10.6368	10.6374	10.6380	10.6386	10.6392	10.6398	10.6404	10.6410	10.6416	10.6422
10.8027	10.8033	10.8039	10.8045	10.8051	10.8057	10.8063	10.8069	10.8075	10.8082	10.8088	10.8094	10.8100
10.9704	10.9710	10.9716	10.9722	10.9728	10.9735	10.9741	10.9747	10.9753	10.9759	10.9765	10.9771	10.9777
11.1381	11.1388	11.1394	11.1400	11.1406	11.1412	11.1418	11.1424	11.1430	11.1436	11.1442	11.1448	11.1454
11.3059	11.3065	11.3071	11.3077	11.3083	11.3089	11.3095	11.3101	11.3107	11.3113	11.3119	11.3125	11.3131
11.4736	11.4742	11.4748	11.4754	11.4760	11.4766	11.4772	11.4778	11.4784	11.4790	11.4796	11.4802	11.4809
11.6413	11.6419	11.6425	11.6431	11.6437	11.6443	11.6449	11.6455	11.6461	11.6468	11.6474	11.6480	11.6486

Алынған нәтижелерге сәйкес барлық факторлар үшін график жасалды:



3.1 Сурет — Регрессия тендеуін шешу нәтижелері

Алынған тәуелділіктер нәтижесінде (сурет 3.1) орташа тығыздықтың өзгеруіне (X1) цементтің шығыны елеулі әсер етеді деген қорытынды жасауға болады. Цемент тасы мен техногенді толтырғыш тығыздықтары арасындағы

айырмашылықтың алшақтығын ескере отырып, бұл эффектің өте айқын екенін тұжырымдауға болады.

Су-цемент қатынасы (X_2) мен композит тығыздығы арасында кері сызықтық эффект бар екені анықталды. Бұл су-цемент қатынасы артқан кезде цемент тасы кеуектілігінің артуы және соған сәйкес материал тығыздығының төмендеуімен түсіндіріледі.

($x_1 = + 0,99$) цемент шығынының артуы мен ($x_2 = + 1,9$) су-цемент қатынасының артуы кезінде ауыр бетон беріктігіне оңтайлы әсер ететін эффект анықталды. Гидратациялық қатаятын барлық бетондарда байланыстырғыш зат мөлшерінің артуы материалдың беріктік сипаттамаларының қалыптасуына оңтайлы әсер етеді.

Дегенмен беріктіктің қалыптасуына су-цемент қатынасы да елеулі әсер етеді. Эксперимент кезінде су-цемент қатынасы 0,27-0,35 аралығында өзгерді. Су-цемент қатынасы төмен болған кезді бетонның сығуға беріктігі күрт төмендейтіні анықталды. Бұл біріншіден гидратация реакциясына қажетті катаю суының жеткіліксіздігінен, екіншіден, судың бір бөлігінің техногенді толтырғыш түйіршіктерінің беткі қабаттарына орын ауыстыруына байланысты болады.

Бетонның ең төменгі тығыздығы мен беріктігі цементтің шығыны 320 кг/м³, ал су-цемент қатынасы 0,27 болған кезде, ал ең жоғарғы тығыздығы мен беріктігі 420 кг/м³, су-цемент қатынасы 0,35 болған кезде байқалады. Факторлардың кіріс мәліметтерінің өзгеруіне бірлесіп әсер етуі анықталмады.

Жалпы алғанда (Y_p және Y_R) жауап беттерінің өзгеру ерекшелігі негізінен бірдей бағытта болып, (X_1 және X_2) кіріс мәліметтеріне ұқсас себеп-салдар байланыстарына ие екені анықталды. Барлық араласпаларда факторлардың 50% қатынасы жақсы нәтиже көрсетті.

3.3 Бетон құрамын оңтайландыру

Техногенді қалдықтар негізіндегі бетонның физика-механикалық қасиеттерін жақсарту мақсатында оның құрамын оңтайландыру үшін, толтырғыштардың түрін, олардың араласпадағы мөлшері мен бетонның сәйкес сипаттамаларын қамтитын бірнеше факторларды қарастыру қажет.

3.1-кестедегі мәліметтер негізінде бетонның құрамындағы өндіріс қалдықтарының үлесіне байланысты әрбір толтырғыш түріне сәйкес бетон құрамының сәйкес өзгерістерін есептеуге болады. Бұл ең жоғары беріктік пен басқа да қажетті қасиеттерді қамтамасыз ететін композицияның құрамын дәлірек таңдауға мүмкіндік береді.

3.1- кестеде көрсетілген құрамдар негізінде техногенді қалдықтар негізіндегі бақылау құрамдары әзірленіп, әрбір бақылау құрамы үшін (дәстүрлі толтырғыштардың 25%, 50% және 100% мөлшері техногенді қалдықтармен ауыстырылғын) сығуға беріктігі, су сіңіргіштігі және басқа да негізгі сипаттамалары бойынша сынақтар жүргізілді.

Эксперименттік зерттеулер бетон араласпасындағы техногенді қалдықтардың мөлшері артқан сайын, қажетті беріктік пен басқа да

эксплуатациялық сипаттамаларына жету үшін С/Ц қатынасын реттеу қажеттігін көрсетті. Ол үшін әрбір бақылау құрамы үшін оңтайлы С/Ц қатынасын эксперименттік жолмен анықтау қажет.

Дәстүрлі және техногенді қалдықтар негізіндегі бетонның физика-механикалық қасиеттеріне салыстырмалы талдау жүргізілді, бұл нақты эксплуатациялық жағдайлар үшін ең тиімді құрамдарды анықтауға көмектесті (мысалы, жоғары жүктемелерге немесе агрессивті сыртқы ортаға ұшырайтын құрылымдарды салу үшін).

Бетон құрамын техногенді қалдықтар негізіндегі толтырғыштармен есептеу үшін бірнеше құрамдар таңдалып, олардың физика-механикалық қасиеттерге әсері талданды және де түрлі бетондарда оңтайлы қолданылу мүмкіндігі анықталды. Құрамдар 3.1 кестеде келтірілген. Олардың бетонның физика-механикалық қасиеттеріне әсерін анықтау үшін бұл материалдың қоспада қалай әрекет ететінін түсіну маңызды. Мәселен Anskhv жоғары беріктік коэффициентіне және жақсы тығыздық сипаттамаларына ие болса, оны қосу бетонның кейбір қасиеттерін жақсарты алады.

3.3.1 Бетон құрамын оңтайландырудың негізгі қадамдар

Әр толтырғыш түрінің әсерін талдау:

- түрлі техногенді қалдықтардың (фосфор өндірісі қалдығы, қорғасын қожы, Anskhv, Achots, Карбос) негізгі сипаттамаларын және олардың бетонның физика-механикалық қасиеттеріне әсерін зерттеу (беріктігі, сусіңіргіштігі, аязға төзімділігі).

Мысалы, фосфор өндірісі қалдығын қолдану бетонның тығыздығын төмендетуі мүмкін, ол кей жағдайларда тиімді болғанмен, бетонның беріктігіне де кері әсер етеді. Ал қорғасын қожы бетонның тығыздығы мен беріктігін арттыруға оң әсер етеді.

Тәжірибелерді жүргізу:

- 3.1 кестеде көрсетілген құрамдарды бетонның бақылау үлгілерін әзірлеу үшін пайдалануға болады. Мысалы, әрбір топ үшін (25%, 50%, 100% толтырғыш) сығуға беріктікке, сусіңіргіштік және басқа да негізгі қасиеттерге сынақтар жүргізілуі қажет.

Су-цемент қатынасын оңтайландыру:

- Бетон құрамында техногенді қалдықтар мөлшері артқан сайын, қажетті беріктік пен басқа да эксплуатациялық қасиеттерді жақсарту үшін су-цемент қатынасын реттеу қажет болуы мүмкін. Бұл үшін әрбір жағдайға сәйкес оңтайлы су-цемент қатынасын эксперименталды түрде анықтау қажет.

Салыстырмалы талдау:

Техногенді толтырғыштар негізіндегі (фосфор өндірісі қалдығы қорғасын қожы және т.б.) бетонның механикалық қасиеттерін дәстүрлі толтырғыштар негізіндегі бетонның механикалық қасиеттерімен салыстырамыз. Бұл нақты жұмыс жағдайлары үшін ең тиімді құрамдарды

анықтауға көмектеседі (мысалы, жоғары жүктемелерге немесе агрессивті ортада қызмет ететін құрастырылымдарды салу үшін).

Экологиялық жағдайларды ескеру:

- Техногенді қалдықтарды пайдалану бетонның экологиялық тұрақтылығын айтарлықтай жақсартып алады. Мысалы, фосфор өндірісі қалдығы немесе қорғасын қожын пайдалану полигондарға тасталатын қалдықтардың заласыздандыру арқылы, маңызды экологиялық мәселені шешуге мүмкіндік береді.

3.3.2 Түрлі техногенді қалдықтар негізіндегі бетондардың құрамын талдау

Арнайы әдістемелік нұсқаулыққа сәйкес бақылау үлгісінің және техногенді қалдықтар негізіндегі бетонның құрамы есептеліп, экспериментті түрде анықталды [91, 92].

Кесте 3.8 - 25 % техногенді толтырғыштар негізіндегі бетондар құрамдары

Бетон құрамы	1м ³ бетонның құрамы, кг			
	Цемент	Қиыр тас	Құм	Су
Дәстүрлі толтырғыштар негізіндегі бақылау құрамы	432	1200	720	182
Фосфор қожы толтырғыштары негізінде (25%)	432	300	180	182
Қорғасын өндірісі қожы (25%)	432	300	180	182
Anskhv толтырғыштары негізінде (25%)	432	300	180	182
Achots толтырғыштары негізінде (25%)	432	300	180	182
Карботс толтырғыштары негізінде (25%)	432	300	180	182

Құрамында 25% техногенді қалдықтар негізіндегі толтырғыштары бар бетон құрамдарын талдау жалпы алғанда төмендегідей қорытынды жасауға мүмкіндік береді:

- қорғасын қожының тығыздығы жоғары болғандықтан белгілі бір пропорцияда ондай толтырғыштарды қолдану арқылы бетонның беріктігін арттыруға болады;

- фосфор қожы бетонның тығыздығын төмендетуде тиімді болуы мүмкін, бұл жеңіл конструкциялар үшін пайдалы, бірақ жоғары пайыздарда беріктіктің ықтимал төмендеуін білу маңызды.

- қалдықтардың әр түрі үшін әртүрлі қызмет көрсету жағдайларындағы бетонға қалай әсер ететінін түсіну үшін зертханалық және төзімділік сынақтарын жүргізу маңызды.

Құрамында 50% өндірістік қалдықтары бар оңтайлы бетон құрамын таңдау үшін оның сипаттамаларына жан-жақты талдау жасалып, оны басқа құрамдармен салыстыру қажет. Құрамдарды таңдау кезінде ескерілетін негізгі параметрлерге мыналар жатады:

1. Сығуға беріктігі:

Бетонның беріктігі бетон сапасының маңызды көрсеткіштерінің бірі. 50% өнеркәсіптік қалдықтармен жасалған бетонның беріктігін дәстүрлі толтырғыштармен жасалған бетонның беріктігімен және өнеркәсіп қалдықтарымен жасалған басқа нұсқалармен салыстыру қажет.

Бетонның сығуға беріктігі қатаюдан кейін 7, 28 және 90 күннен кейін өлшенеді және 50% толтырғыштар сынақтың барлық кезеңдерінде қажетті беріктікті қамтамасыз етуі маңызды.

2. Сусіңіргіштік:

Материалдың сусіңіргіштігі оның ұзақтаурақтылығына, кезекті мұздату мен ерітуге тұрақтылығы мен түрлі химиялық заттардың агрессиялы әсеріне төзімділігіне әсер етеді. Құрамында 50% техногенді қалдықтары бар бетон басқа құрамдармен салыстырғанда жоғары болмайтын сусіңіргіштік көрсетуі қажет.

3. Аязға төзімділік:

Аязға төзімділік негізінен суық климаттық аймақтарда қолданылатын бетондар үшін қажет. Егер бетон құрамындағы 50% техногенді қалдықтары оның аязға төзімділігіне әсер ететін болса, онда оны бетон құрамын таңдауда ескеру қажет.

4. Қасиеттерінің тұрақтылығы:

Уақыт өте келе бетонның механикалық қасиеттерінің қалай өзгертінін, сондай-ақ агрессивті ортада (мысалы, қышқылдардың, сілтілердің, тұздардың әсерінен) өзін қалай ұстайтынын бағалау өте маңызды.

5. Экологиялық және экономикалық аспектілері:

Дәстүрлі толтырғыштардың орнына өндірістік қалдықтарды пайдалану арзанырақ және экологиялық тұрғыдан тиімді болуы мүмкін. Құрамында 50% техногенді қалдықтары бар құрамдарды таңдау қалдықтарды залалсыздандыру және құрылыс шығындарын азайту тұрғысынан тиімді болуы мүмкін.

Құрамында 50% техногендік қалдықтары бар оңтайлы құрамдарды таңдау қадамдары:

1. Зертханалық сынақтарды жүргізу:

Құрамында 50% техногенді қалдықтары бар бетон үлгілеріне сығуға беріктігін, сусіңіргіштігін, аязға төзімділігін және басқа сипаттамаларын анықтау мақсатында сынақтар жүргізу. Бұл 50% қалдықтан тұратын құрамдардың қажетті талаптарға сай болуын қамтамасыз етеді.

2. Бақылау құрамымен салыстыру:

Алынған нәтижелерді дәстүрлі толтырғыштар негізіндегі бетонның негізгі қасиеттерімен салыстырыңыз (бақылау құрамымен). 50% техногенді қалдықтар негізіндегі бетонның беріктігі мен басқа да параметрлері дәстүрлі бетонға сәйкес келсе немесе одан жоғары болса, бұл құрамды оңтайлы деп санауға болады.

3. Бетонның қызмет ету циклын модельдеу және талдау:

Құрамында 50% техногенді қалдықтары бар бетонның беріктігін оның сипаттамалары мен жұмыс жағдайлары негізінде бағалау қажет (мысалы,

әртүрлі климаттық аймақтарда немесе әртүрлі жүктемелерде). Бұл таңдалған құрамның нақты жағдайларда тиімді жұмыс жасауын қамтамасыз етуге көмектеседі.

4. Өзіндік құнын анықтау:

Құрамында 50% техногенді қалдықтары бар бетонның өзіндік құнын есептеп, оны басқа нұсқалармен салыстыру қажет. Ұсынылған құрам дәстүрлі толтырғыштармен жасалған бетонға қарағанда үнемді болуы керек.

5. Эксплуатациялық сипаттамаларын тестілеу:

Ұсынылған құрамында 50% техногенді қалдықтары бар құрам негізгі параметрлері бойынша эксплуатациялық қасиеттеріне қойылатын талаптарды қанағаттандырып қана қоймай, одан асып түсетінін растау үшін басқа эксплуатациялық сипаттамаларына (мысалы, жарықшақтарға төзімділік, коррозияға төзімділік, химиялық төзімділік) қосымша сынақтар жүргізу қажет.

Осы әдестеме негізінде дәстүрлі толтырғыштарды 75 және 100% техногенді толтырғыштармен ауыстыру арқылы бетонның құрамын оңтайландыру мәселелері қарастырылды.

Жалпы ауыр бетонның физика-механикалық қасиеттерінің техногенді тотолтырғыштардың үлесіне функционалдық тәуелділік деңгейі $y = 7.105 + 0.0000526 * x_1 + 0.0833 * x_2 + 0.00025 * x_3 + 0.00056 * x_4$ регрессия теңдеуімен анықталды. Техногенді қалдықтардың әрбір түрінің әсерін нақтылау мақсатында эксперименттік зерттеулер жүргізілді.

3.4 Карбонатты қалдықтар негізіндегі екінші реттік шикізаттың ауыр бетондардың физика-механикалық қасиеттерін зерттеу

Пайдалы қазбаларды байыту және қайта өңдеу кезінде пайда болатын қалдықтарды тауарлық өнім өндірісіне тарту ауқымы біздің елімізде өте төмен, тек 20% екінші реттік шикізат ретінде, оның ішінде шамамен 10% құрылыс материалдарын алу үшін пайдаланылады. Табиғи ортаның мүмкіндігі адамзат қызметінің барлық қалдықтарын өңдей алмайтындығын көрсетіп, жинақталған қалдықтардың қоры қоршаған ортаның жаһандық ластануына және табиғи экожүйелердің тозуына қауіп төндіруде. Жерді қалпына келтіру және экономикалық пайдалануға қайтару оларды иеліктен шығару қарқынынан едәуір артта қалып келеді. Сондықтан «Жасыл экономика» әлемдегі, соның ішінде Қазақстан үшін де өзекті мәселенің біріне айналды. «Жасыл экономиканың» негізгі бағытының бірі «Қалдықтарды басқару жүйесін ендіру» [1, 4] болып табылады.

Қазіргі таңда өндіріс қалдықтарын заласыздандыру бағытында екі негізгі көзқарас қалыптасқан, біріншіден өндіріс орындарын зиянды қалдықтардан тазалау болса, екінші көзқарас табиғи ресурстарды кешенді пайдалану, өндірістің қалдықсыз немесе аз қалдық шығаратын тиімді технологияларын әзірлеу және ендіру болып табылады. Ал өндіріс қалдықтарын тиімді пайдалануға мүмкіндік беретін экономиканың негізгі

салаларының бірі – құрылыс индустриясы. Мәселен тек цемент өндірісінде жыл сайын 30 миллион тонна түрлі қалдықтар тиімді пайдаланылады [5].

Қазақ даласында қазіргі таңда 30 млрд тоннадан астам қалдық жатыр. Оның 6,7 миллиарды - улы, 5 миллиарды - тау-кен өндірісінің үйінділері. Статистика мәліметтері бойынша, бүгінгі күнде елімізде жиналып қалған қалдықтардың 10% ғана қайта өңделеді, 90% сол күйінде жатыр [93]. Құрылыс индустриясы қалдықтардың жалпы көлемінің 25-27 %-ын қайта пайдалану мүмкіндігіне ие, бірақ қазіргі уақытта бұл шикізаттың шамамен 4% ғана пайдаланады [94].

Зерттеулер тек Қазақстанның оңтүстік өңірлерінде құрылыс материалдарын өндіруге жарамды қалдықтардың орасан зор қоры жинақталғанын көрсетеді, техногендік қалдықтардың негізгі қорын тау жыныстары, атап айтқанда Ленгер көмір комбинатының үйінділері (1 млн. тоннадан астам), Ащысай зауыты полиметалл қалдықтары (182 млн тонна), «Құрылыс материалдары» холдингінің карбонатты қалдықтары (5,4 млн тонна), «Южполиметалл» АҚ қорғасын өндірісінің металлургиялық қалдықтары (2,3 млн тонна) т.б. құрайды [56].

Сондықтан тау-кен өндірісі қалдықтарын құрылыс материалдары мен бұйымдарын өндіруде қолдану, тек қана құрылыс материалдарының өзіндік құнын төмендетіп қана қоймастан, қоршаған ортаның ластануының алдын алатын өзекті мәселе болып табылады.

Құрылыс материалдарының шикізат базасының сарқылмайтын көзі тау-кен өнеркәсібі кешенінің қалдықтары, оның ішінде карбонатты жыныстар. Тау жыныстарын механикалық өңдеу кезінде кондициялы емес түрлі фракция және пішіндегі тас сынықтары мен жоғары дисперсті ұнтақ күйіндегі қалдықтар түзіледі.

Бұл қалдықтарды кешенді пайдалану алынатын өнімнің өзіндік құнын төмендетіп қана қоймастан, өндірістің энергетикалық тиімділігін арттырып, аймақтың экологиялық жағдайын жақсартуға мүмкіндік береді. Карбонатты тау жыныстарының кондициялы емес қалдықтарын ең көп қолданатын портландцемент өндірісі. [56] еңбек авторлары портландцемент клинкерінің бір бөлігін жоғары дисперсті белсенді толықтырғыштармен ауыстыру арқылы алынған аралас байланыстырғыштарды өндіру, атмосфераға көмірқышқыл газының шығарындыларын 307 кг-ға дейін азайтуға, портландцемент өндірісінің техника-экономикалық көсеткіштерін жақсартуға мүмкіндік беретінін көрсетеді.

[48, 95] еңбек авторлары әктасты және оны механикалық өңдеу кезіндегі қалдықтарды цемент өндірісінде қолданып, карбонатты қоспалар негізіндегі цементтің гидратациялау заңдылықтарын зерттеу нәтижесінде қажетті эксплуатациялық қасиеттері бар бетонның оңтайлы құрамдарын ұсынады.

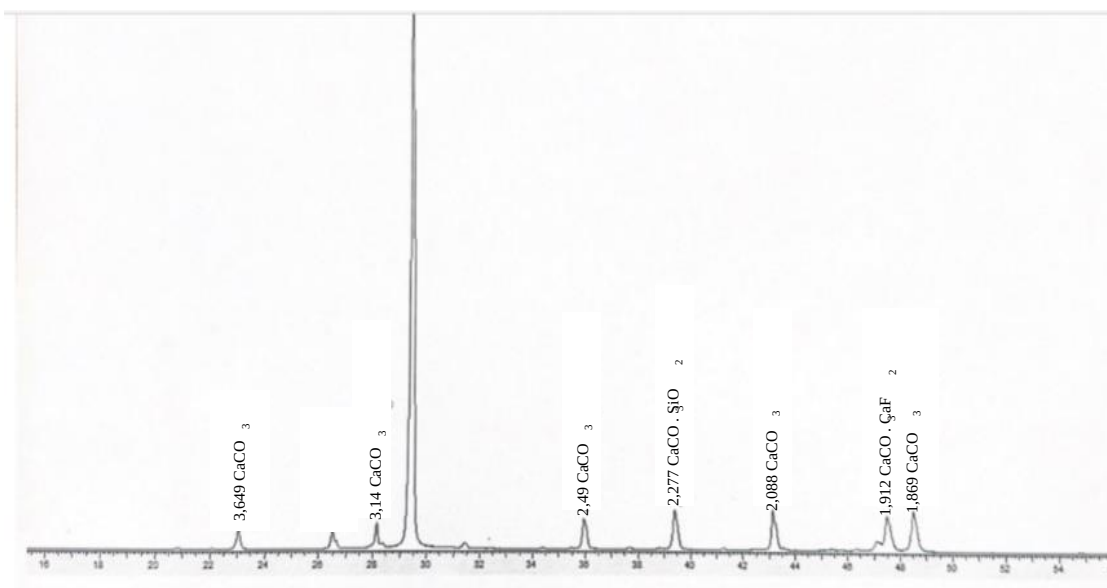
Дегенмен карбонатты тау жыныстарының кондициялы емес қалдықтарын ауыр бетон технологиясында кеңінен қолдануға мүмкіндік беретін зерттеулер мен цемент тасы және кальций карбонаты жанасу аймағындағы адгезиялық процестерді зерттеу бағытындағы ізденістер аз. Сондықтан қажетті эксплуатациялық қасиеттері бар бетондарды алу арқылы

карбонатты тау жыныстарын механикалық өңдеу кезінде түзілетін кондициялы емес қалдықтарды заласыздандыру технологиясын әзірлеу өзекті мәселе болып табылады.

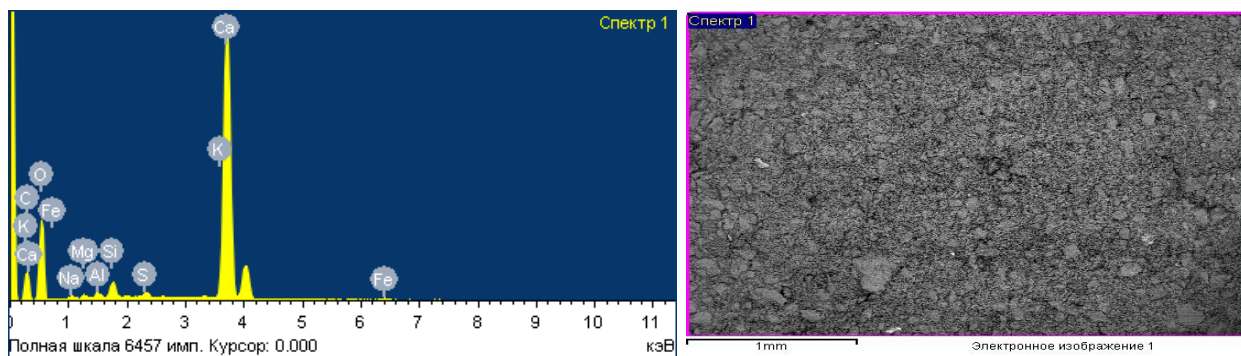
Біздер Састөбе карбонатты жыныстарын механикалық өңдеу кезінде түзілген кондициялы емес қалдықтарды құрылыс материалдары өндірісінде пайдалану мүмкіндігін және таңдалған техногенді қалдықтардың физика-механикалық және химия-минералогиялық сипаттамаларын зерттедік.

Рентгенодифрактометриялық талдаулар Bruker фирмасының D&ENDEAVOR приборында β фильтрде Cu- сәулелендіру арқылы жүргізілді. Дифрактограмманы түсіру жағдайлары: $U=35$ kV; $I=20$ mA; түсіру Q-2Q; детектор 2грд/мин. Дифрактограмманы талдау JCDD картотекасының, PDF2 ұнтақ түріндегі дифрактометриялық мәліметтер базасы мен қоспалары жоқ таза минералдардың дифрактограмма мәліметтерін пайдалану арқылы жүргізілді. Қалдықтардың химиялық құрамы (РЭМ) JEOL-6490 LV электронды микраскопында жүргізілген расторлық электронды микроскапия әдісімен анықталды. Талдаулардың барлығы М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті базасындағы аккредиттелген «КжәнеБМ» ИРЛИП зертханасында орындалды.

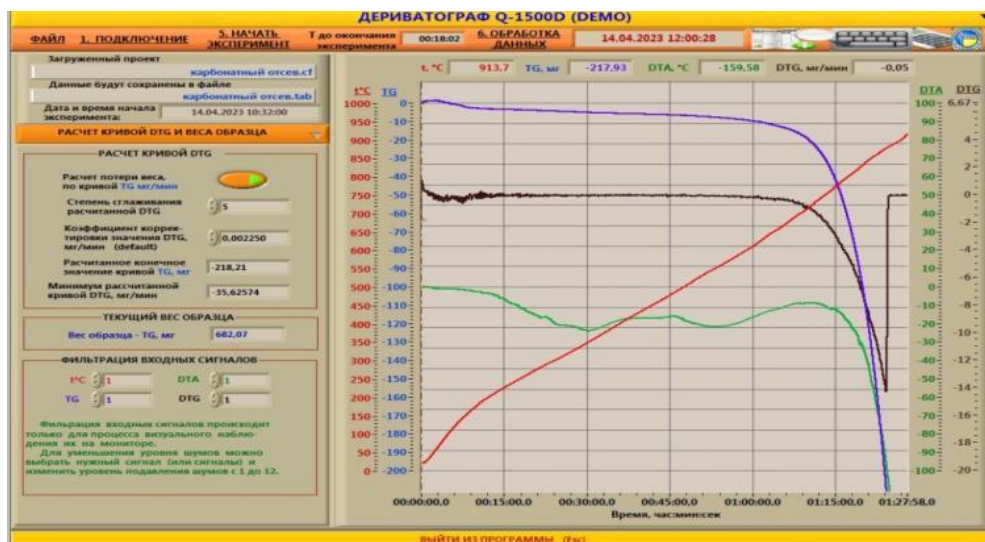
Састөбе карбонатты жыныстарын механикалық өңдеу кезінде түзілген кондициялы емес қалдықтарын физика-химиялық талдау нәтижелері 3.2-3.4 суреттерде көрсетілген.



3.2 Сурет - Кондициялы емес қалдықтардың рентгендифрактометриялық талдау нәтижелері



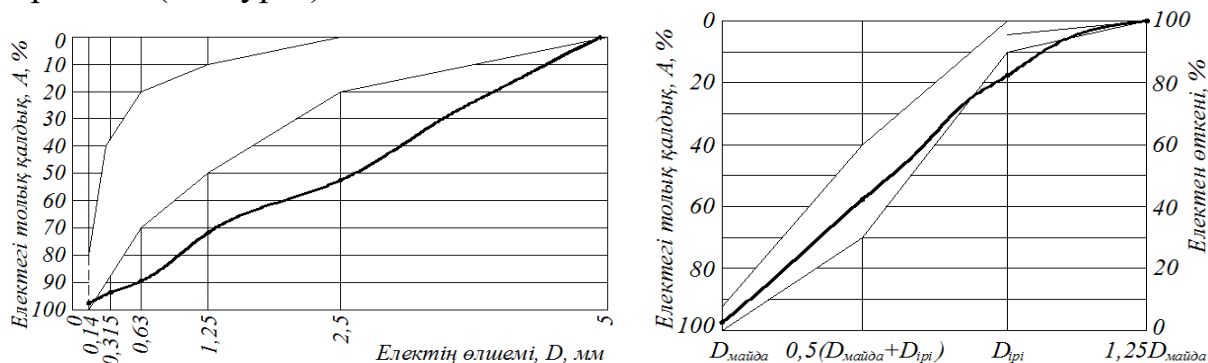
3.3 Сурет - Кондициялы емес қалдықтарды расторлық электронды микроскопия әдісімен талдау нәтижелері



3.4 Сурет - Састөбе карбонатты жыныстарын майдалау кезінде түзілген кондициялы емес қалдықтарды дифференциалды-термиялық талдау нәтижелері

Физика-химиялық талдау нәтижелері Састөбе карбонатты жыныстарын механикалық өңдеу кезінде түзілген кондициялы емес қалдықтар негізінен кальций карбонатынан CaCO_3 $d=(3,849-3,14-2,49-2,277-2,088-1,912-1,869 \text{ A}^0)$ тұратынын көрсетеді, ДТА қисығындағы $800-850^\circ\text{C}$ температура интервалындағы эндотермиялық шың бастапқы кальций карбонатының көмір қышқыл газын бөлу арқылы кальций оксидіне дейін ыдыраумен түсіндіріледі [96, 97]. Рентгенодифрактометриялық талдау оған қоса аздап мөлшерде кварцит SiO_2 $d=(2,77\text{A}^0)$, флюорит CaF_2 $d=1,912 \text{ A}^0$ минералдарының, ал қоспалардың химиялық құрамын талдау оның құрамында аз мөлшерде натрий, магний, алюминий және темір қосылыстарының бар екенін көрсетті.

Қойылған мақсатқа қол жеткізу үшін техногенді қалдықтардың сапалық сипаттамалары анықталып, Састөбе карбонатты жыныстарын майдалау кезінде түзілген кондициялы емес қалдықтарды ауыр бетон өндірісінде толтырғыш және минералды қоспа ретінде пайдалану мүмкіндіктері зерттелді. Техногенді қалдықтар негізіндегі қиыршық тас пен құмның физика-механикалық қасиеттері ГОСТ 8735-88 СТ РК 1217-2003 талаптарына сәйкес зерттелді (3.5 сурет).



3.5 Сурет – Кондициялы емес қалдықтардың түйіршіктік құрамы

Кесте 3.9 - Састөбе карбонатты жыныстарын майдалау кезінде түзілген кондициялы емес қалдықтары негізіндегі құмның негізгі сипаттамалары

Електегі толық қалдық (%), мм						Ірілік модулі	Дәнаралық қуыстылық %	Нағыз тығыздық кг/м^3	Үйме тығыздық кг/м^3
5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16				
2,4	54,8	71,0	90,4	95,6	97,6	4,1	42,5	2220	1276

Кесте 3.10 - Састөбе карбонатты жыныстарын майдалау кезінде түзілген кондициялы емес қалдықтары негізіндегі қиыршық тастың сипаттамалары

Електегі толық қалдық (%), мм						Қуыстылық	Нағыз тығыздық кг/м^3	Үйме тығыздық кг/м^3	Ұсақталу бойынша маркасы
5	10	20	40	5	10				
98,2	77,6	18	-	98,2	77,6	42,5	2500	1300	М 800

Зерттеулер карбонатты жыныстар негізіндегі майда және ірі толтырғыштар кедір-бүдірлі бетке ие екенін көрсетті, бұл олардың меншікті бетінің ауданын арттырып, цемент қамырымен ұстасуын жақсартады.

3.11 және 3.12 кестелерде Састөбе карбонатты жыныстарын майдалау кезінде түзілген кондициялы емес қалдықтар негізіндегі майда және ірі толтырғыштардың сапалық көрсеткіштері көрсетілген.

Кесте 3.11 - Састөбе карбонатты жыныстарын майдалау кезінде түзілген кондициялы емес қалдықтар негізіндегі қиыршық тастың сапалық көрсеткіштері

Електегі толық қалдық (%), мм				Дәнаралық қуыстылық %	Нағыз тығыздық кг/м ³	Үйме тығыздық кг/м ³	Ұсақталу бойынша маркасы
5	10	20	40				
95,6	56,6	10,8	-	47,5	2500	1312	Д 600
90-100	30-60	≤10	≤0,5	≤48	2500	1800	≥400

Кесте 3.12 - Састөбе карбонатты жыныстарын майдалау кезінде түзілген кондициялы емес қалдықтар негізіндегі құмның сапалық көрсеткіштері

Електегі толық қалдық (%), мм						Ірілік модулі	Дәнаралық қуыстылық %	Нағыз тығыздық кг/м ³	Үйме тығыздық кг/м ³
5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16				
2,4	54,8	71,0	90,4	95,6	97,6	4,1	42,5	2220	1276
15			65-75			3,5			

Зерттеулер карбонатты тау жыныстарын майдалау кезінде түзілетін кондициялы емес қалдықтар негізіндегі толтырғыштар мемлекеттік стандарт талаптарын қанағаттандыратынын көрсетті. «Карбонатты жыныстардың бетонның басқа компоненттерімен салыстырғанда тиімділігі: олар арзан, жақсартылған қасиеттері бар бетон өндірісі үшін ірі толтырғыш ретінде де, майда толтырғыштар ретінде де қол жетімділігі, басқа дәстүрлі бетон компоненттерімен салыстырғанда жақсы жұмыс қабілеттілігі жоғары және тығыздығы төмен. Карбонатты композиттің қасиеттеріне әктас екі бағытта әсер ете алады: инертті материал ретінде, тығыз және сәйкесінше ауыр құрылымдық элементтерді басқа минералдармен алмастырады, ал жоғары дисперсті минералды толтырғыш ретінде ол цемент тасына қатысты химиялық белсенді әрекет ете алады» [96].

Әрі қарай зерттеулер үшін табиғи толтырғыштардың белгілі бір бөлігін қалдықтар негізіндегі толтырғыштармен ауыстыру арқылы ауыр бетонның құрамдары таңдалды.

3.13 және 3.14 кестелерде дәстүрлі толтырғыштардың 25%, 50%, 100% техногенді қалдықтармен ауыстырылған бетон құрамдары және бетон араласпасы мен бетонның негізгі физика-механикалық қасиеттері көрсетілген.

Кесте 3.13 – Састөбе карбонатты жыныстарын майдалау кезінде түзілген кондициялы емес қалдықтар негізіндегі толтырғыштармен бетон құрамы

Бетон құрамы	Цемент	Қиыршық тас	Құм	Су
Дәстүрлі толтырғыштар негізіндегі бетондар	432	1200	720	182
Састобе карбонатты қалдықтарының құрамы 25%	432	900/300	557,5/162,5	182
Састобе карбонатты қалдықтарының құрамы 50%	432	600/600	360/360	182
Састобе карбонатты қалдықтарының құрамы 100%	432	1200	720	182

Бетон араласпаларының негізгі қасиеттеріне техногенді қалдықтардың әсерін зерттеу бетон араласпасының құрамындағы қалдықтар үлесінің артуымен оның қатаңдығы артатынын көрсетті, бұл карбонатты қалдықтардағы құм мен қиыршық тастың меншікті бетінің ауданы мен кеуектілігінің жоғары болуына байланысты болады.

Кесте 3.14 - Техногенді толтырғыштардың бетон араласпасының негізгі сипаттамаларына әсері

Бетон араласпасының құрамы	Жылжымалылығы (см)
Дәстүрлі толтырғыштар негізіндегі бетондар	8
Састобе карбонатты қалдықтарының құрамы 25%	6
Састобе карбонатты қалдықтарының құрамы 50%	5
Састобе карбонатты қалдықтарының құрамы 100%	3

Бетон араласпасының негізгі сипаттамаларына карбонатты қалдықтарға негізделген майда және ірі толтырғыштардың әсерін зерттеу техногендік қалдықтардың үлесі артқан сайын араласпаның су қажеттілігі біртіндеп артатынын көрсетті. С/Ц қатынасы тұрақты болған жағдайда, қалдықтардың үлесі артқан сайын бетон араласпасының қатаңдығы артады, бұл кондициялы емес толтырғыштардың меншікті бетінің ауданы мен кеуектілігінің жоғарылығымен түсіндіріледі.

Техногендік қалдықтардың бетон тығыздығына айтарлықтай әсер етпейтіндігі анықталды, 3.6 суретте көрсетілгендей, дәстүрлі толтырғыштарды карбонатты жыныстарды механикалық өңдеуден қалған қалдықтармен толық ауыстыру бетонның тығыздығын бақылау үлгісімен салыстырғанда 2%-ға арттырады. Бұл негізінен карбонатты қалдықтардағы ұсақ фракция цемент қамыры көлемін арттырып, толтырғыштың кеуектері мен толтырғыш аралық қуыстарды толтыратындығына байланысты болады.

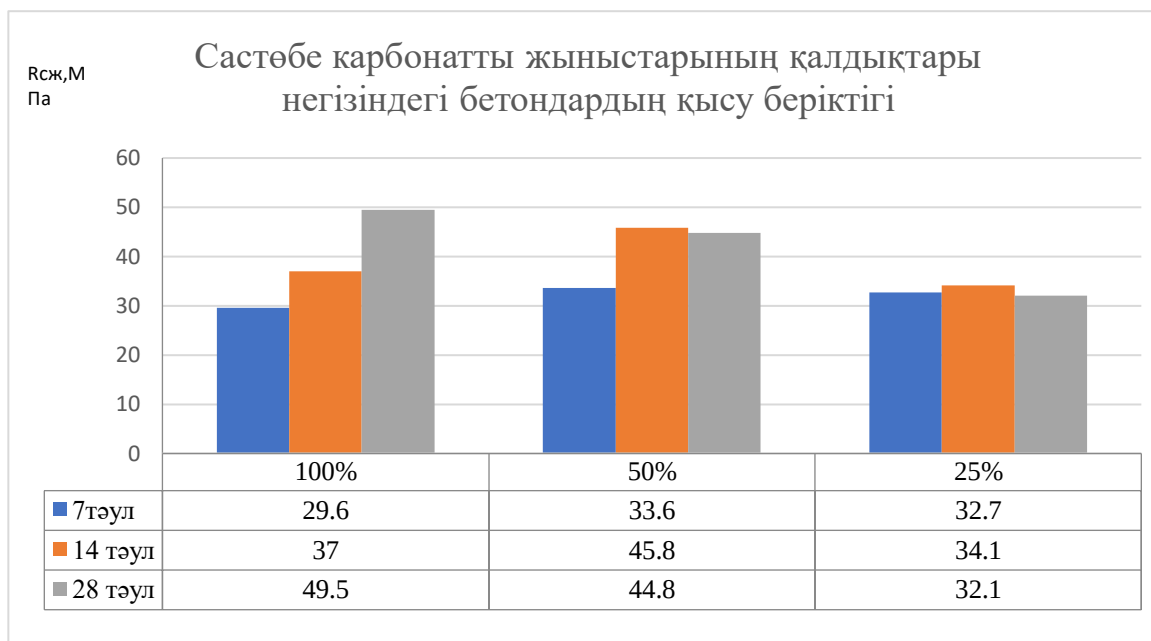


**3.6 Сурет – Састөбе карбонатты жыныстарын майдалау кезінде түзілген
кондициялы емес қалдықтар негізіндегі толтырғыштармен бетонның
тығыздығы**

3.15 кесте мен 3.7 суретте техногенді толтырғыштардың бетонның беріктік жинау кинетикасына әсері көрсетілген.

Кесте 3.15 - Техногенді толтырғыштардың бетонның беріктік жинау кинетикасына әсері

Бетон құрамы	7 тәуліктегі беріктігі, МПа	14 тәуліктегі беріктігі, МПа	28 тәуліктегі беріктігі, МПа
0	33,7	51,4	51,7
1	32,7	34,1	32,1
2	33,6	45,8	44,8
3	29,6	37,0	49,5

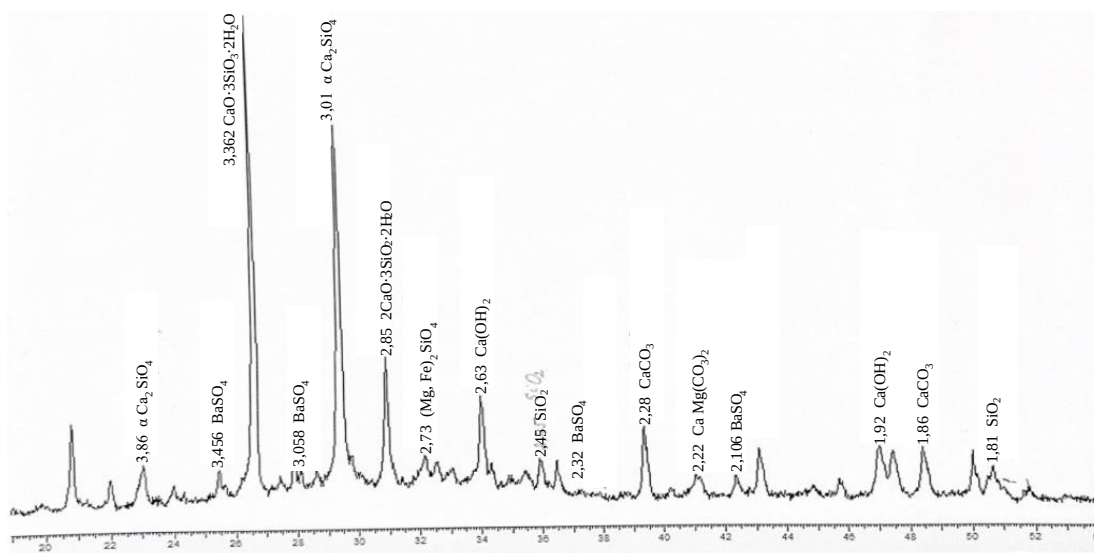


3.7 Сурет - Техногенді толтырғыштардың бетонның беріктік жинау кинетикасына әсері

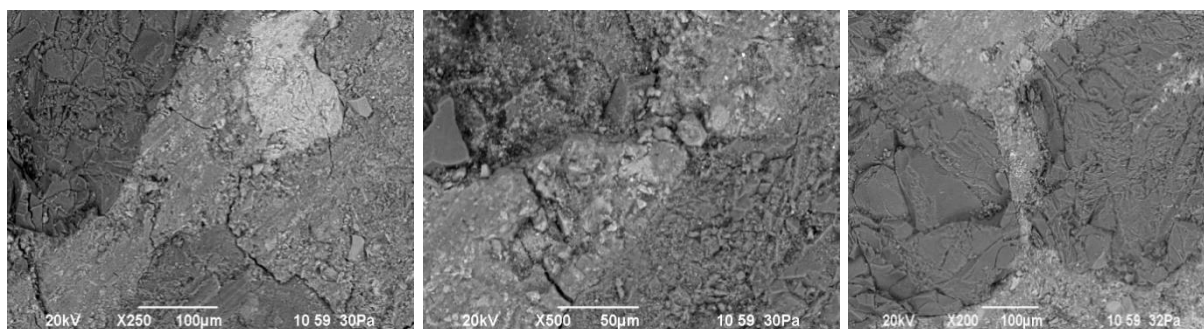
[96] еңбектің авторлары «портландцемент негізіндегі қатайтатын цемент қамыры карбонатты толтырғышпен әрекеттескен кезде $\text{CaCO}_3\text{-Ca(OH)}_2\text{-H}_2\text{O}$ жүйесіндегі әртүрлі құрамдағы кальций карбонатын түзістінін көрсетеді. Кальций карбонаты кристалдары салыстырмалы түрде шағын өлшемді болып, Ca(OH)_2 кристалдарынан өзгеше гидратация өнімдерінің арасында еркін орналаса алатыны» атап өтілген.

3.10 кестенің мәліметтеріне сәйкес қолданылған кондициялы емес қалдықтардың құрамында 3-4% көлемінде жоғарыдисперсті (0,16 електен өткен) қалдықтар бар. Бұл [97] еңбектің деректеріне сүйенсек, карбонатты жыныстардың химиялық белсенділігіне әсер етеді және «карбонатты-цемент» жүйесінде кальций гидрокарбоалюминаты $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{CaCO}_3\cdot 11\text{H}_2\text{O}$, гидрокарбонат – $\text{CaCO}_3\text{-Ca(OH)}_2\cdot\text{H}_2\text{O}$ және гидросульфокاربосиликат (таумасит) $\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2\cdot\text{CaSO}_4\cdot\text{CaCO}_3\cdot 15\text{H}_2\text{O}$ түзілуіне алып келеді.

3.8 суретте Састөбе карбонатты жыныстарын майдалау кезінде түзілген кондициялы емес толтырғыштар негізіндегі бетонды рентгендифрактометриялық талдау нәтижелері, ал 3.9 суретте цемент тасы мен карбонатты толтырғыштың жанасу аймағының электронды суреттері көрсетілген.



3.8 Сурет - Састөбе карбонатты жыныстарын майдалау кезінде түзілген кондициялы емес толтырғыштар негізіндегі бетонды рентгендифрактометриялық талдау нәтижелері



3.9 Сурет - Цемент тасы мен карбонатты толтырғыштың жанасу аймағының электронды суреті

3.9 суреттен көрінгендей толтырғыштар бетінің кедір-бүдірлігі есебінен бір-біріне жақын жанасу адгезиясы байқалады, сонымен бірге кальций гидроксидінің карбонизациясы нәтижесінде түзілген кальций карбонатының іздері де байқалады.

3.16 кестеде Састөбе карбонатты жыныстарын майдалау кезінде түзілген кондициялы емес толтырғыштар негізіндегі бетонның физика-механикалық қасиеттері көрсетілгін.

Жалпы алғанда зерттеулер Састөбе карбонатты жыныстарын механикалық өңдеу кезінде пайда болған техногендік қалдықтар негізінен кальций карбонаты CaCO_3 $d=(3,849-3,14-2,49-2,277-2,088-1,912-1,869 \text{ Å}^0)$, сонымен қатар аз мөлшерде кварцит SiO_2 $d=(2,77 \text{ Å}^0)$, флюорит CaF_2 $d=1,912 \text{ Å}^0$ минералдарынан, аз мөлшерде натрий, магний, алюминий және темір қосылыстарынан тұратынын көрсетті.

Кесте 3.16 - Кондициялы емес толтырғыштар негізіндегі бетонның физика-механикалық қасиеттері

Бетон құрамы	Бетон тығыздығы кг\м ³	Сусіңіргіштік, W%	Аязға төзімділігі, F (циклы)
0	2450	0,67	F 400
1	2500	0,98	F 300
2	2490	0,66	F 400
3	2550	0,73	F 200

Карбонатты жыныстарды механикалық өңдеу кезінде пайда болған техногендік қалдықтарды толтырғыш ретінде пайдалану бетонның физика-механикалық қасиеттерін төмендетпей, дәстүрлі қиыршық тас пен құмның шығынын төмендетуге мүмкіндік беретіні анықталды.

Зерттеулер көрсеткендей, дәстүрлі толтырғыштардың 50%-ын карбонатты жыныстарға негізделген техногенді толтырғыштармен алмастыру бетонның тығыздығын 2490 кг/м³-ке дейін арттырып, сусіңіргіштігін 0,66%-ға дейін төмендетті, сығуға беріктігін 49,8 МПа-ға дейін, ал аязға төзімділігін F400-ге дейін арттыратыны анықталды.

Ауыр бетон технологиясында карбонатты жыныстарды механикалық өңдеу кезінде пайда болған техногенді толтырғыштарды пайдалану бетонның құнын төмендетуге және бетонның физика-механикалық қасиеттерін төмендетпей, аймақтың экологиялық жағдайын жақсартуға мүмкіндік береді.

3.5 Шымкент қорғасын зауыты техногендік қалдықтары негізіндегі толтырғыштардың ауыр бетонның физика-механикалық қасиеттеріне әсерін зерттеу

Тау-кен өндірісі қалдықтарын өңдеу және пайдалану тәжірибесін талдау техногендік қалдықтарды қайта өңдеудің екінші реттік пайдалану технологияларының жетілмегендігіне байланысты тиімсіз екендігін, бірақ та ресурстық құндылығы бойынша тау-кен өндіру және өңдеу, металлургия, отын-энергетика кәсіпорындарының қалдықтары өте маңызды, қоймаларда сақталған және тұрақты техногендік және минералды шикізат болып табылатынын [98] көрсетеді. Техногендік қалдықтарды кәдеге жаратудың ең көп көлемі қара және түсті металлургия кәсіпорындарының үлесінде болып, олар жол жамылғылары үшін қиыршық тас, құм өндіру үшін, қалдық қоймаларының бөгеттерін толтыру, бұзылған жерлерді рекультивациялау және т.б. мақсаттарда пайдаланылады [69].

Қазақстанның оңтүстігінде ғана пайдалануға жарамды қалдықтардың орасан зор қоры, олардың бірі металлургиялық қалдықтар, «Южполиметалл» АҚ өндірісінің қорғасын шлактары – 2,3 млн тонна [4] көлемінде жинақталған. Ауыр металдармен ластану ауқымы бойынша Шымкент қаласы мен Түркістан облысының қалаға жақын аудандары Қазақстанның негізгі қауіпті аймақтарының қатарына жатады. Бұндағы ластаушы – қорғасын қалдықтарымен «жеткізілетін» қорғасын болып табылады.

Химиялық талдау қорғасын өндірісінің шлактарындағы улы металдардың орташа мөлшері (%): қорғасын – 2-2,7; мырыш – 9,5-10,3; мыс – 0,9-1,1; темір – 25,0-25,6; кремний оксиді – 24,3-25,0; кальций оксиді – 16,0-16,4; калий оксиді – 1,0-1,8; күкірт – 1,0-1,7 пайызды құрайтынын көрсетеді [99].

Авторлардың зерттеулері [100] қорғасын қалдықтарының құрамында ауыр металдардың көп мөлшері бар екенін, бұл оның шлакты портландцемент өндірісінде қолдану мүмкіндігін шектейтінін көрсетті. Дегенмен, портландцемент клинкері ауыр металдармен физика-химиялық әсерлесіп, суда ерімейтін қосылыстар түзуге қабілетті екені анықталған.

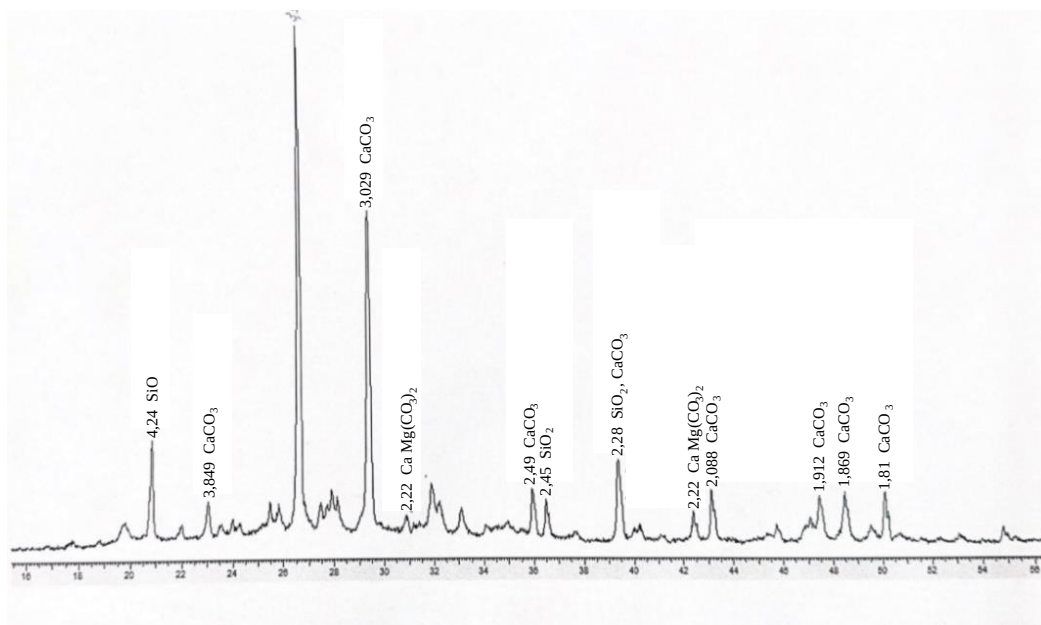
Зерттеулер қорғасын өндірісі қожында 75-85%-ға дейін темір, кальций және кремний оксидтері бар екенін көрсетеді, сондықтан ол қалдықтарды құрылыс материалдарын өндіруде тікелей пайдалануға балмайды, ал құрамынан түсті металдарды бөліп алынғаннан кейін шлактарды цемент, құрылыс материалдары, тротуар плиталары өндірісінде пайдалануға болады [101].

Құрамында қорғасын оксидтері, сульфаттар, сульфидтер және басқа қосылыстар түрінде болатын техногендік қалдықтардан қорғасын және оның қорытпаларын алу үшін әлемдік тәжірибеде негізінен пирометаллургиялық әдістер қолданылады [102-103].

Мамандар қорғасын қожынан түсті металдарды хлоридті возгонка әдісі арқылы бөліп алуды ұсынады. Шамамен 1100-1200°C температурада барлық түсті металдар – күміс, алтын, мырыш және қорғасын – айдала бастайды, ал қалған силикат құрамды қалдықтар құрылыс материалдарына өңделеді [104].

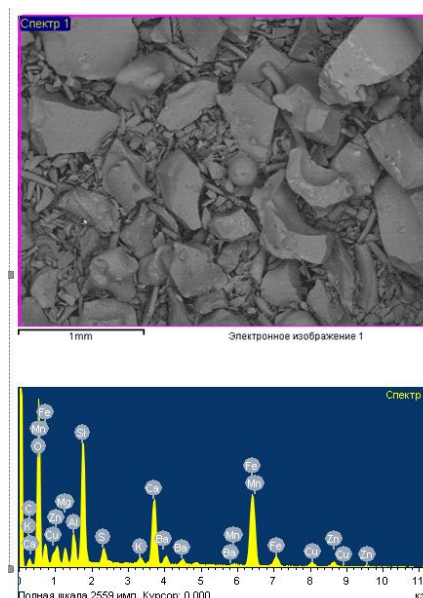
Осылайша, «Южполиметалл» АҚ қорғасын қалдықтарының белгілі дәрежеде құндылығы бар. Оның құрамында кара және түсті металлургия өнеркәсібі үшін қажетті көптеген пайдалы компоненттер бар, ал металдарды бөліп алғаннан кейін құрылыс индустриясы, соның ішінде жол, гидравликалық және басқа да құрылыс жұмыстары үшін минералды шикізат ретінде пайдалануға болады. Қорғасын өндірісі қалдықтарын өңдеу минералды-шикізат базасын кеңейтіп, көбірек өнім шығарып қана қоймай, сонымен қатар өңірдегі қоршаған ортаның ластануын азайтады. Қалдық үйінділерінің қаланың қоршаған ортасына кері әсерін төмендетудің ең экономикалық және экологиялық жағынан тиімді әдісі - мақсатты өнімдерді алу үшін одан әрі өңдеу, содан кейін қалған қалдықтарды құрылыс материалдары мен бұйымдарын өндірісінде пайдалану болып табылады.

Шымкент қорғасын зауытынан шыққан қалдықтардың рентгендифракциялық талдау оның құрамында CaCO_3 (кальций карбонаты) $d = (3.849-3.029-2.49-2.29-2.089-1.912\text{Å})^0$, SiO_2 (кварцит) $d = (4.24-3.34-2.45-2.12-1.82-1.52\text{Å})^0$, $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ (доломит) $d = (2.883-2.22-1.84\text{Å})^0$ минералдарының бар екенін көрсетті. Талдау нәтижелері 3.10 суретте көрсетілген.



3.10 Сурет - Шымкент қорғасын зауытынан шыққан қалдықтардың рентгендифракциялық талдау нәтижелері

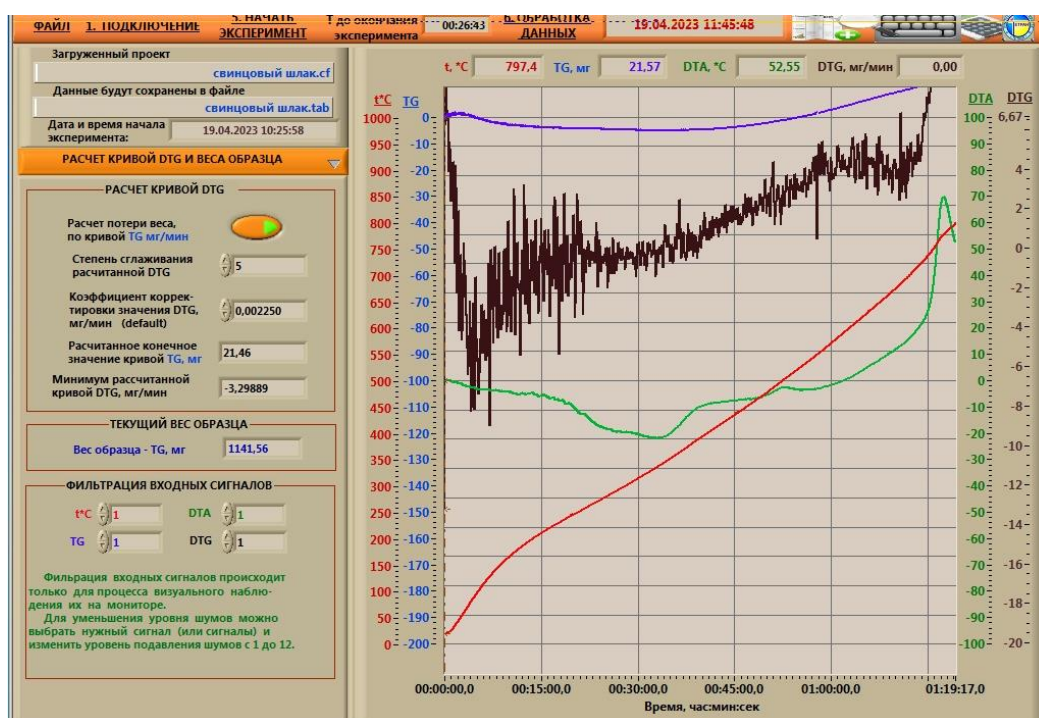
Элемент	Салмақтық %	Оксид	Салмақтық %
C	7.20	-	-
O	36.98	-	-
Mg	1.87	MgO	3.10
Al	2.81	Al ₂ O ₃	5.31
Si	10.00	SiO ₂	21.39
S	1.25	-	-
K	0.65	K ₂ O	0.78
Mn	0.45	MnO	0.58
Fe	22.83	Fe ₂ O ₃	32.65
Cu	2.27	CuO	2.84
Zn	3.92	ZnO	4.88
Ba	2.22	BaO	2.48
Итоги	100.00		



3.11 Сурет — Электронды микроскопия нәтижелеріне сәйкес қорғасын өндірісі қалдықтарындағы элементтердің бөлінуі

Қорғасын өндірісі қождарының химиялық құрамын анықтау үшін JEOL-6490 LV сканерлеуші электронды микроскоп (РЭМ) көмегімен алынған сканерлеуші электронды микроскопия әдісі мәліметтері талданды. Рентгендифракциялық талдау және құрылымдық талдау нәтижелері әртүрлі, себебі кальций карбонаты, кварцит және доломит кристалдық торда болады, ал темір, мыс, мырыш және барий оксидтері аморфты және шыны тәрізді фазадағы қоспалар ретінде болады. Мұны РЭМ дәлелдейді, онда доломит, кварцит және кварц кристалдары арасында аморфты фазасының бар екені көрінеді.

Қорғасын өндірісі қалдықтары L.Erdey жүйесінің Q 1500 D(Demo) дериватографында ауада, 20-дан 1000°C-қа дейінгі температура диапазонында, динамикалық қыздыру режимінде ($dT/dt = 10$), эталондық зат Al_2O_3 күйдіріліп, үлгі салмағы 500 мг, үлгі салмағының өзгеру шкаласының бөлу мәні 500 мкВ болатын дифференциалды термиялық талданды. Зерттеулер барысында келесі параметрлер анықталды: шкала сезімталдығы 100 мг, құрылғының басқа өлшеу жүйелерінің сезімталдығы: DTA = 250 мкВ, DTG = 500 мкВ, TG = 500 мкВ, T = 500 мкВ. Қолданылатын әдіс затты қыздыру кезінде жүретін термохимиялық және физикалық параметрлеріндегі өзгерістерді тіркеуге негізделген. Үлгінің термохимиялық күйі: T (температура), DTA (дифференциалды термоаналитикалық), TG (термогравиметриялық) және DTG (дифференциалды термогравиметриялық) сызықтарымен сипатталды, соңғы сызық TG функциясының туындысы болып табылады.



3.12 Сурет — Қорғасын қожының термиялық күйі сипатталған талдау нәтижелері

Сынақ қорғасын қожын термиялық өңдеу кезінде алынған негізгі термохимиялық параметрлер, қождың термиялық белсенді компоненттерінің жойылу сипатын анықтауға мүмкіндік берді. Ұнтақ үлгісінің құрамы термиялық қисықтардың морфологиясына, эндо- және экзотермиялық әсерлердің қарқындылығының сандық мәндеріне негізделіп, TG сызықтарының тиісті термогравиметриялық көрсеткіштерін пайдалана отырып анықталды. Талдау нәтижелері басқа анықтамалық әдебиеттерде ұсынылған және осы зерттеулерді жүргізген зертхананың дерекқорында жинақталған мономинералды үлгілердің термиялық өзгерістерінің сипаттамаларымен салыстырылды. Динамикалық қыздыруға ұшыраған қож

үлгісі 3.12 суретте көрсетілгендей, эндо- және экзотермиялық реакциялардан туындаған әртүрлі температура диапазоңдарында DTA, DTG және TG сызықтарында бірқатар әсерлер қалдырды.

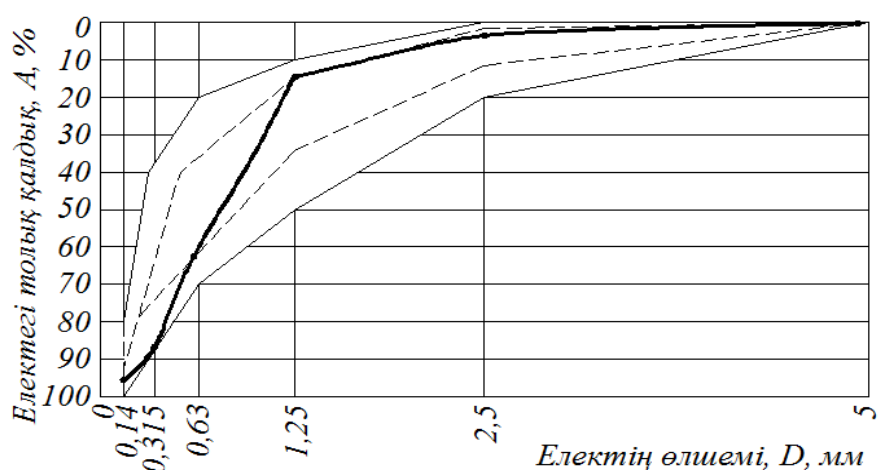
Зерттелген үлгілерде төмен температураларда (20-200°C) үлгі массасының 1,75%-ына тең Δm_1 салмақ жоғалтуымен эндотермиялық әсер байқалды, бұл үлгіде физикалық байланысқан ылғалдың кетуін көрсетеді. Сусызданудан кейін жүйенің энтальпиясы 200-280°C диапазоңында іс жүзінде өзгеріссіз қалады, себебі бұл температура диапазоңында үлгілерді салмақ жоғалту байқалмайды. 280-930°C диапазоңында термогравиметриялық сызық (TG) жүйеге атмосфералық оттегінің енуіне байланысты үлгі массасының артуына байланысты үнемі жоғары қарай жылжитынын атап өткен жөн. Массаның ұлғаюы DTA қисық сызығының ұлғаюымен қатар жүреді, ол 640-800°C диапазоңында, 700 және 740°C температурада анық анықталған экзотермиялық шыңдар байқалады. Сонымен бірге үлгідегі темір компоненттерінің тотығуымен байланысты жүретін эндотермиялық шыңдар да байқалады. Анықталған температура диапазоңдарында әдетте оттегіге бай темір оксидтері түзіледі. Осы аралықтағы жоғары температуралық шыңдар темір оксидінің төмен қышқылдық деңгейден жоғары қышқылдық деңгейге ауысуынан туындайды. Жоғары температурада (930°C) үлгі массасының өсуі шегіне жетеді ($\Delta m_2 = -6\%$). Үлгіні одан әрі қыздыру (1000°C дейін) массаның 0,25%-ға төмендеуіне алып келеді.

Физика-химиялық зерттеулердің нәтижелері қорғасын қожының құрамында қара металл қосылыстары үлесінің салыстырмалы түрде жоғары екенін көрсетеді.

Физика-химиялық талдау нәтижелері қорғасын қожы құрамында кальцит (CaCO_3), кварцит (SiO_2), доломит ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) және темір оксидтері сияқты минералдардың бар екенін көрсетті. Бұл минералдар ауыр бетон өндірісінде майда және ірі толтырғыштар ретінде кеңінен қолданылады. Қорғасын қалдықтарын ауыр бетон өндірісінде пайдалану мүмкіндігін зерттеу үшін қалдықтардың сапалық сипаттамалары анықталды және қорғасын қожын майда және ірі толтырғыштар ретінде пайдаланатын ауыр бетон құрамы әзірленді.

Кесте 3.17 - ГОСТ 8735-88 СТ РК 1217-2003 негізінде анықталған Шымкент қорғасын зауыты қожының физика-механикалық сипаттамалары

Електегі толық қалдықтар (%), мм						Ірілік модулі	Қуыстылығы %	Нағыз тығыздығы кг/м ³	Үйме тығыздығы кг/м ³
5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16				
0,8	4,6	16,8	62,4	88,4	97,4	3,34	11,8	3846	3441



3.13 Сурет – Қорғасын қожы негізіндегі толтырғыштардың түйіршіктік құрамы

Зерттеулер қорғасын қалдықтары негізіндегі толтырғыштардың ірілік модулі $M_{kr} = 3,34$ тең болатынын көрсетті. Сонымен қатар, бұл қалдықтарда 0,16 мм електен өтетін ұсақ фракцияның үлесі 3%-ға дейін болады, бұл фракция толықтырғыш ретінде цементтің белгілі бір бөлігін ішінара алмастырады. Бұл бөлшектерде аморфты кремний диоксиді $SiO_2 \cdot 2H_2O$ болады, ол байланыстырғыштың гидратация реакциясы кезінде түзілген кальций гидроксидімен жақсы әрекеттесіп, нәтижесінде жаңатүзілімдер, гидратталған кальций силикаттарының CSH мөлшерін арттырады. Бетонда өндіріс қалдықтарының осындай ұсақ фракциясын пайдалану цемент тасындағы әлсіз байланыстардың үлесін азайтып, ең берік және энергетикалық тұрғыдан күшті, біршама біртекті микробөлшектердің қалыптасуына ықпал етеді. Майдаланған өндіріс қалдықтарының майда фракциясының түйіршіктері неғұрлым ұсақ болса, соғұрлым олар термодинамикалық тұрғыдан белсенді болады. Бұл қалдық микробөлшектері бетон құрылымына біріктірілуі арқылы, цемент түйіршіктерінің меншікті беткі ауданы артады [105].

Зерттеулер қорғасын қалдықтары негіздегі толтырғыштардың физика-механикалық сипаттамалары дәстүрлі табиғи аналогтарымен салыстырғанда төмен болмайтынын көрсетті.

Одан әрі зерттеулер үшін табиғи толтырғыштарды қорғасын қожы негізіндегі толтырғыштармен ішінара және толық ауыстыру арқылы ауыр бетонның құрамдары таңдалды.

3. 18 және 3.19 кестелерде дәстүрлі толтырғыштар және әртүрлі құм мен қиыршық тас негізіндегі бетондардың құрамы, сонымен бірге ішінара қорғасын қалдықтарымен 25%, 50% және 100% ауыстырылып әзірленген бетон араласпасы жылжымалылығы жайлы мәліметтер көрсетілген.

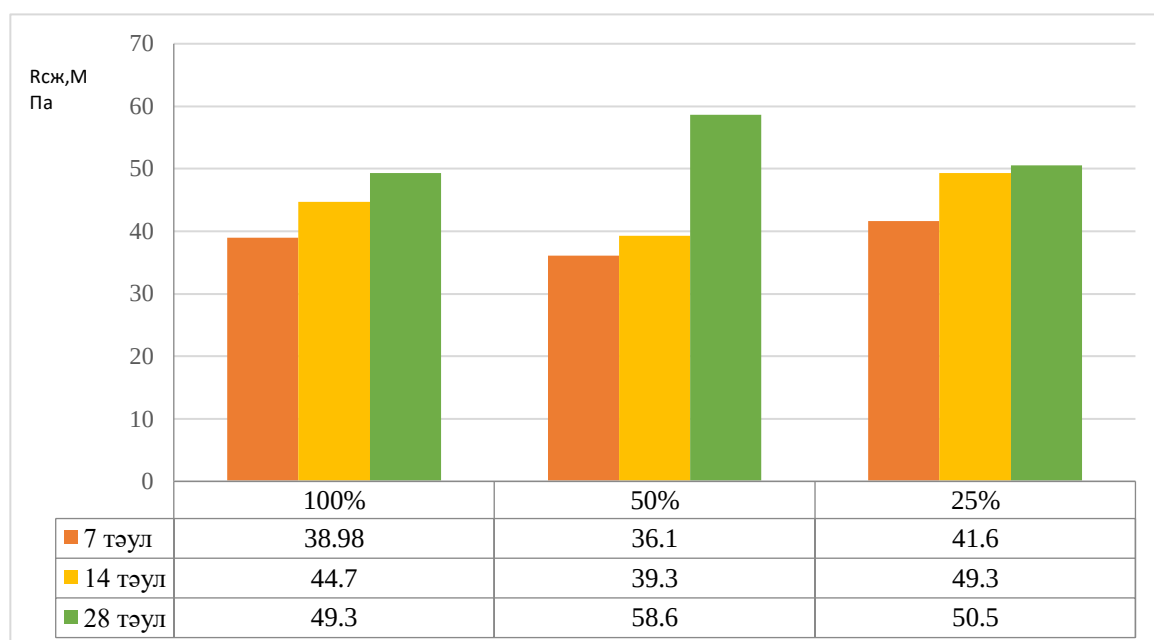
Кесте 3.18 – Қорғасын қожы негізіндегі бетон араласпаларының жылжымалылығы

Бетон араласпаларының атауы	Жылжымалылығы (см)	Қатаңдық (сек)
Дәстүрлі толтырғыштар негізіндегі бақылау құрамы	6	
(25%) қорғасын қожы негізіндегі		16
(50%) қорғасын қожы негізіндегі	5	
(100%) қорғасын қожы негізіндегі	3	

Қорғасын қалдықтарының бетон араласпаларының негізгі қасиеттеріне әсерін зерттеу өндіріс қалдықтары негізіндегі толтырғыштардың бақылау құрамымен салыстырғанда бетон араласпасының суқажеттілігін арттыратындығын көрсетті.

Кесте 3.19 – Қорғасын қожы негізіндегі толтырғыштардың бетонның беріктік жинау кинетикасына әсері

Бетон құрамы	7 тәуліктегі беріктігі, МПа	14 тәуліктегі беріктігі, МПа	28 тәуліктегі беріктігі, МПа
Дәстүрлі толтырғыштар негізіндегі бақылау құрамы	33,7	51,4	51,7
№1 (25%) қорғасын қожы негізіндегі	41,6	49,3	50,5
№2 (50%) қорғасын қожы негізіндегі	36,1	39,3	58,6
№3 (100%) қорғасын қожы негізіндегі	38,98	44,7	49,3

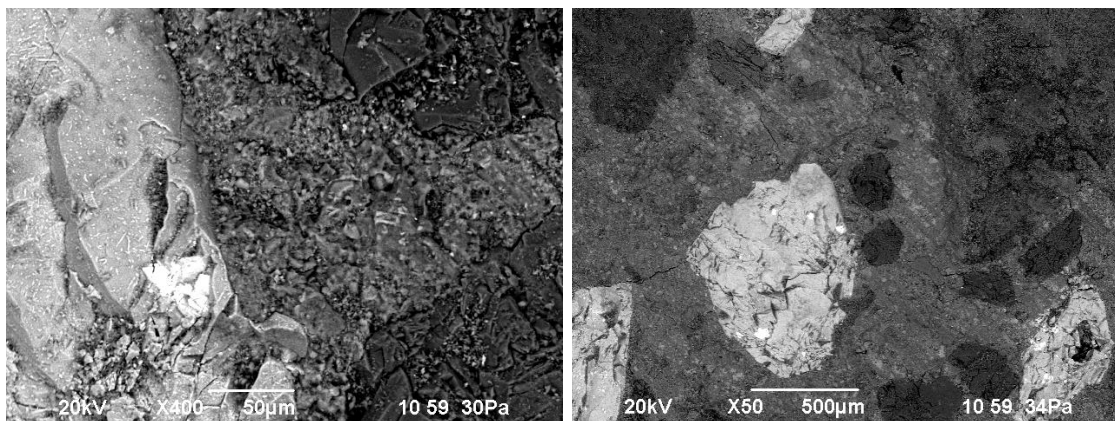


3.14 Сурет - Қорғасын қожы негізіндегі толтырғыштардың бетонның беріктік жинау кинетикасына әсері

Жылжымалылығы бірдей бетон араласпаларында құрамында дәстүрлі толтырғыштарды 25% қорғасын қожы негізіндегі толтырғыштармен алмастырылған бетон араласпаларында беріктіктің жылдам артуы байқалады, бірақ та 28 тәуліктегі беріктік табиғи толтырғышты қорғасын өндірісінің қалдықтарымен 50% ауыстырған үлгілерде байқалады.

Цемент тасының толтырғыштарға адгезия беріктігі бетонның беріктігін анықтаушы негізгі факторлардың бірі. [76] еңбектің мәліметтеріне сәйкес, цемент тасының толтырғыш түйіршіктеріне адгезия беріктігі көптеген факторларға, атап айтқанда: толтырғыш түйіршіктерінің пішіні мен бетінің кедір-бұдырлығы және олардың тазалық дәрежесіне, толтырғыш түйіршіктерінің химиялық және минералогиялық құрамына, цемент тасының беріктігіне, араласпа құрамында адгезия беріктігін арттыратын минералды қоспалардың болуына, жанасу аймағындағы құрылымдық микроақаулардың санына тәуелді болады.

Нақты біздің жағдайда цемент тасының толтырғыш түйіршіктеріне адгезия беріктігі толтырғыш түйіршіктері бетінің кедір-бұдырлығы жоғары болуы есебінен артады. Сонымен қатар, портландцемент клинкері қорғасын қожындағы ауыр металдармен физика-химиялық әрекеттесіп, суда ерімейтін қосылыстар түзіп, оларды гидратация өнімдерінің «капсуласында» ұстап қалады.



3.15 Сурет – Қорғасын қожы негізіндегі бетонның жанасу бетінің микросуреті

3.15 суретте цемент қамыры мен қорғасын қожы толтырғыштары жанасу аймағының микросуреті көрсетілген. Суретте өндіріс қалдықтары негізіндегі толтырғыштар бетінің кедір-бұдырлығы мен біркелкі еместігіне байланысты тығыз жанасу адгезиясы байқалады. Бұл негізінен толтырғыш құрамындағы кремний қос тотығы кальций гидроксидімен әрекеттесіп ($\text{Ca(OH)}_2 + \text{SiO}_2 + m\text{H}_2\text{O} = \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$), төменгі негізді кальций гидросиликаттарын түзетіндіктен жүреді.

Қорыта айтқанда физика-химиялық және физика-механикалық зерттеулер нәтижелері қорғасын өндірісі қалдықтарын бетон араласпаларында

толтырғыштар және минералды қоспалар ретінде пайдалануға жарамды кальцит, кварцит, доломит және темір қосылыстарының бар екенін көрсетті.

Дәстүрлі табиғи толтырғыштарды қорғасын қалдықтары негізіндегі толтырғыштармен ішінара (50%) алмастыру бетонның маркалық беріктігін бақылау құрамымен салыстырғанда 13,3%-ға арттыратыны анықталды. Зерттеулер табиғи толтырғыштарды қорғасын қалдықтарымен 50% алмастырылған бетон үлгілерінің беріктігі ең жоғары болатынын көрсетті, ал дәстүрлі толтырғыштарды қорғасын қалдықтарымен толық ауыстырған кезде бетонның сығуға беріктігі төмендейді.

Қорғасын өндірісі қалдықтарынан алынған толтырғыштар негізіндегі бетон араласпаларынан ауыр бетон алу мүмкіндігі дәлелденді. Эксперименттік зерттеулер нәтижесінде сығуға беріктігі 58,6 МПа дейінгі ауыр бетондар алынды, бірақ зерттелген қорғасын өндірісінің қалдықтарында 33%-ға дейін темір қосылыстары, 5%-ға дейін мыс, мырыш және барий оксидтері болғандықтан, одан аталған металдарды бөліп алғаннан кейін толтырғыш ретінде пайдалану ұсынылады.

3.6 Полиметалды өндірісі қалдықтарынан алынған толтырғыштар негізіндегі бетондар

Қазақстандағы құрылыс индустриясының қарқынды дамуы құрылыс материалдары өнеркәсібі үшін минералды шикізаттың айтарлықтай көлемін қажет етеді. Өндірістің бұл саласын дамыту құрылыс материалдарының құнын төмендету мақсатында бастапқы табиғи ресурстардың орнына өндіріс қалдықтарын пайдалануды көздейді [106]. Қазіргі таңда құрылыс материалдарын өндіруге екі миллиард тоннадан артық минералды шикізаттар жұмсалады, және де жұмсалатын шикізаттың үлесі өнімнің өзіндік құнының 25-50% құрайды. Сондықтан миллиардтаған тонна өндіріс қалдықтарын шикізат ретінде пайдалану, құрылыс материалдарының өзіндік құнын төмендетуге және де қалдықтарды заласыздандыру арқылы аймақтағы экологиялық жағдайды жақсартуға мүмкіндік беретін өзекті мәселе болып табылады.

Бүгінгі күнде «Жасыл экономика» әлемде өзекті мәселеге айналды. Елімізде де бұл ретте бірқатар шаралар жүзеге асырылып жатыр. ҚР президенті Тоқаев: «Біз шын мәнінде нарықтық, еркін және бәсекеге қабілетті экономика құруға бағытталған ел үшін жаңа экономикалық бағытты жүзеге асырып жатырмыз. Сонымен бірге, біз инвестициялық ахуалды жүйелі түрде жақсартуға да баса назар аударамыз» деген еді. «Жасыл экономиканың» негізгі бағытының бірі «Қалдықтарды басқару жүйесін ендіру» [107].

Ал өндіріс қалдықтарын тиімді пайдалануға мүмкіндік беретін экономиканың негізгі салаларының бірі – құрылыс индустриясы, мәселен тек цемент өндірісінде жыл сайын 30 миллион тонна түрлі қалдықтар тиімді пайдаланылады.

Қазақстанда жылына 1,53 млрд. тонна қатты қазба байлықтар өндірілетін болса оның үштен бірі (534 млн. т) металлургия саласына тиісті.

Бірақ та өндірілетін шикізаттың тек 4-8% ғана соңғы өнімге айналады, ал қалған бөлігі үстінгі тау жыныстары, байытудың қосалқы өнімдері және қождар түрінде жиналып, мыңдаған гектар қажетті алқапты алып жатады. Оның ішінде қалдықтардың негізгі бөлігі (57,6%) түсті және қара металлургияға тиісті (сәйкесінше 38,9 және 23,7%). Көмір өндіру саласында қалдықтар 1,8 млрд. т, немесе республикада түзілетін қалдықтардың 12%, ал энергетикада (күлді қож) - 1,2, ал фосфор өндірісінде - 2,3% құрайды. Ал қалдықтарды халық шаруашылығында айналымға ендіру үлесі әлемдік деңгеймен салыстырғанда өте төмен, атап айтқанда қара металлургия саласында - 3,3%, көмір өндіру саласында - 5,2%, түсті металлургияда - 5,6% ғана құрайды [108].

Мәселен тек Қазақстанның оңтүстігінде ғана құрылыс материалдарын өндіруге жарамды қалдықтардың үлкен қоры жинақталған, оның 182 миллион тоннадан астамы "Ачполиметалл" АҚ қалдықтары болып табылады.

Өндіріс қалдықтарын заласыздандыру бағытындағы зерттеулер металлургия өндірісінің қалдықтарын қайта қолдану деңгейі елімізде қанағаттанарсыз екенін көрсетуде, ал металлургиядағы тау-кен өндірісі қалдықтары негізінен шөгінді жыныстар: құмтастар, алевролит, аргилит, құм және құмдақтардан, сазды жыныстардан тұратыны анықталған. Сондықтан металлургия өндірісінің қалдықтарын құрылыс индустриясында, химия және басқа да өндірістерде кеңінен қолдануға болады. Өндіріс қалдықтарының ішінде металлургия қождарының алатын орыны ерекше. ТМД елдерінде қара металлургия қождарының 53%, домна қождарының 74%, темірді балқыту қождарының 44,3%, болат өндіру қождарының 12%, ал түсті металлургия қождарының 1-3% қайта қолданылатыны, қалған бөлігі қалдық ретінде шығарылып тасталатыны анықталған [109].

Ғылыми әдебиеттерді талдау полиметалды кендердің байытылған қалдықтарындағы карбонатты жыныстардың мөлшері 50-70% шамасында болатынын көрсетеді, бұл оларды байланыстырғыш заттарға карбонатты қоспа ретінде пайдалануға мүмкіндік береді және полиметалл кендерінің байытылған қалдықтарында барий сульфатының болуы композиттік цементтің гамма және рентген сәулелерінен қорғаныш қасиеттерін жақсартатыны анықталған [110]. Жұмыста [111] «Ачполиметалл» АҚ полиметалл кендерін байыту қалдықтарын қаптау плиталарын өндіруде пайдалану бойынша зерттеулер ұсынылған.

Еңбек авторлары [112] барит қалдықтарын ауыр бетонға арналған ұсақ дисперсті минералды қоспа ретінде пайдалануды ұсынады және бұл қалдықтармен бетон араласпасындағы кварц құмын ішінара немесе толық алмастыруға болатынын көрсетеді. Бұндай бетондарда сызықтық гамма-сәулелерді сіңіру коэффициенті 19%-ға дейін артатыны анықталған, ал кварц құмының 40%-ын баритті қалдықтармен ішінара алмастыру гамма-сәулелерден де, нейтрондық сәулеленуден де қорғауды қамтамасыз ете алатыны дәлелденген. Барит құмын пайдаланып бетон құрамын оңтайландыру арқылы дәстүрлі кварц құмы қолданылатын бетондармен салыстырғанда механикалық қасиеттері жоғары бетондар алуға болады [87].

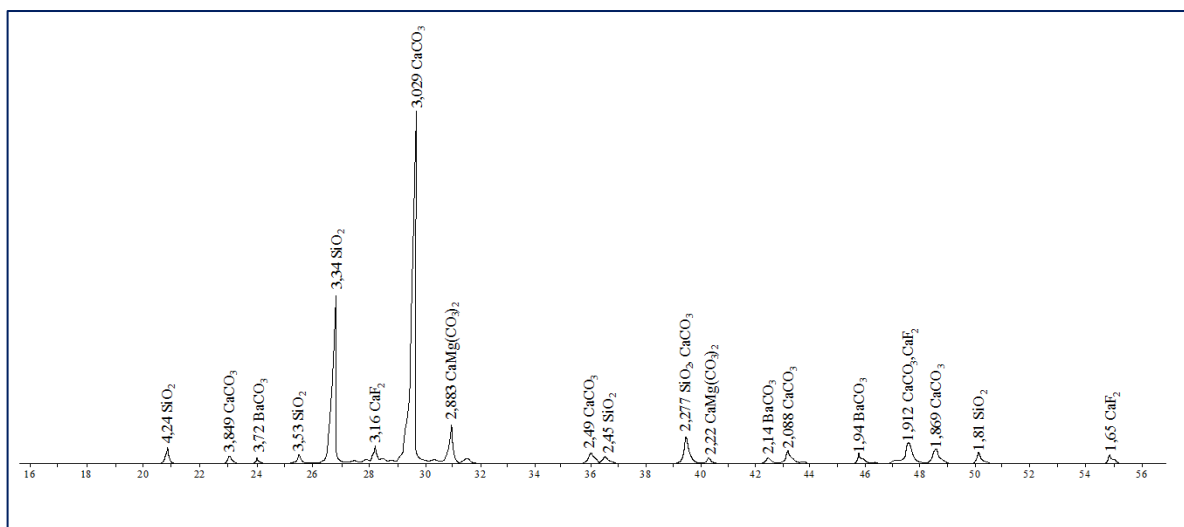
Авторлар [113, 114] барит құрамды қалдықтарға негізделген құрғақ құрылыс араласпаларын ұсынады.

Біз Ащысай және Ансай кен орындарынан алынған қалдықтарды тек минералды қоспа ретінде ғана емес, сонымен қатар бетонға арналған толтырғыштар (қиыршық тас, құм) ретінде де пайдалану мүмкіндігін зерттеуге бағытталған алғашқы кең ауқымды эксперименттік зерттеулер жүргіздік.

Дисертациялық жұмыста Оңтүстік Қазақстанның өндірістік қалдықтары, соның ішінде Ащысай (Achots) полиметалл зауытының қалдықтары және Кентаудағы Ансай кен орнынан (Anskhv) қалған қалдықтары әртүрлі мақсаттардағы бетондарға толтырғыштар және минералды қоспалар ретінде пайдалану талданды.

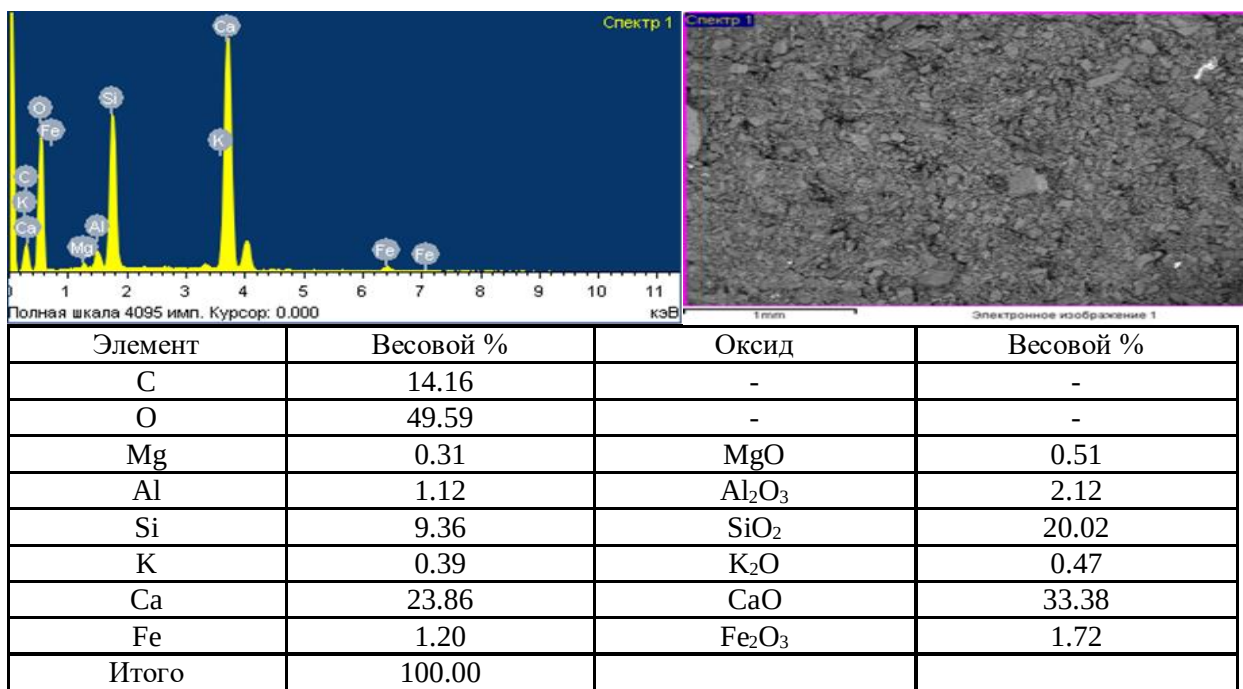
Таңдалған өндіріс қалдықтарының физикалық, механикалық, химиялық қасиеттері мен минералогиялық құрамы зерттелді.

Рентгендік дифракциялық талдаулар Bruker (Германия) компаниясының Cu-сәулеленуі және β сүзгісі бар D&ENDEAVOR құралын пайдалану арқылы жүргізілді. Дифракциялық үлгіні жазу шарттары $U=35$ кВ; $I=20$ мА; $Q=2Q$ жазуы; детектор 2 град/мин. Дифракциялық үлгілер JCDD картотекасындағы деректерді пайдалану арқылы түсіндірілді: PDF2 ұнтақ дифракциялық деректер базасы және қоспалардан таза минералдардың дифракциялық үлгілері. Үлгілердің химиялық құрамы JEOL-6490 LV сканерлеуші электрондық микроскопия (РЭМ) көмегімен сканерлеуші электрондық микроскопия әдісімен анықталды.



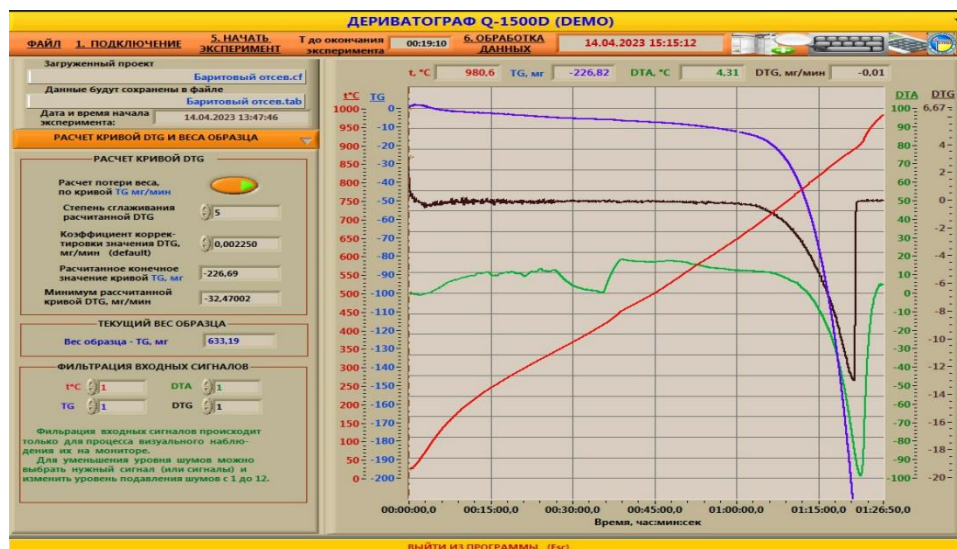
3.16 Сурет – Ансай (Anskhv) кенорнын байыту қалдықтарын рентгендифрактометриялық талдау нәтижелері

3.16 суреттен көрінгендей, қалдықтар келесі минералдардан тұрады: CaCO_3 (кальций карбонаты) $d=(3.849-3.029-2.49-2.277-2.088-1.912-1.626 \text{ \AA})$, SiO_2 (кварцит) $d=(4.24-3.53-3.34-2.45-2.28-1.81-1.54 \text{ \AA})$, $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ (доломит) $d=(2.883-2.22-1.54 \text{ \AA})$, BaCO_3 (витерит) $d=(3.72-2.14-1.94-1.52 \text{ \AA})$, CaF_2 (флюорит) $d=3.16-1.912-1.65 \text{ \AA}$, $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ (доломит) $d=2.883-2.22-1.54 \text{ \AA}$.



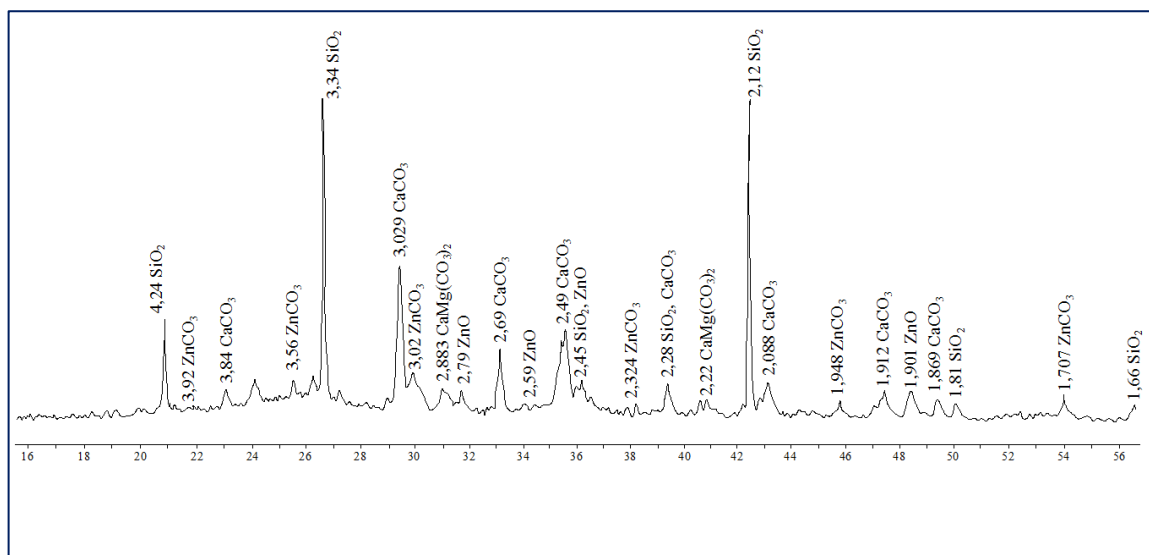
3.17 Сурет - Ансай (Anskhv) кенорнын байыту қалдықтарын электронды микроскопиялық талдау нәтижесіндегі элементтердің бөлінуі

Ансай (Anskhv) кенорнын байыту қалдықтарын дифференциалды-термиялық талдау нәтижелері 3.18 суретте көрсетілген.



3.18 Сурет - Ансай (Anskhv) кенорнын байыту қалдықтарын дифференциалды-термиялық талдау нәтижелері

Ащысай полиметалл зауыты қалдықтарының рентгендік дифракциялық талдауы 3.19 суретте көрсетілген.

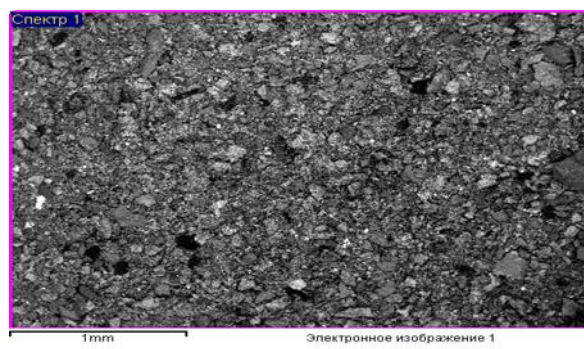
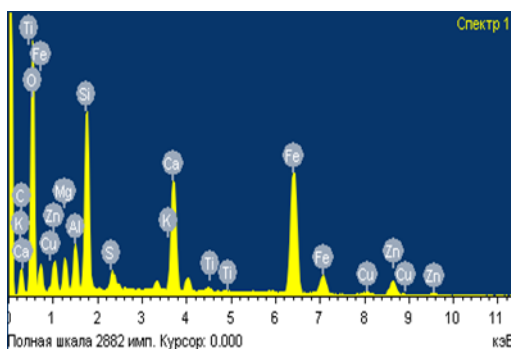


3.19 Сурет - Ащысай (Achots) полиметалл зауыты қалдықтарын рентгендік дифракциялық талдау нәтижелері

Ащысай (Achots) полиметалл зауыты қалдықтарын рентгендік дифракциялық талдау, оның құрамында CaCO_3 (кальций карбонаты) $d=(3.849-3.029-2.49-2.277-2.088-1.912-1.869-1.626\text{\AA})$, SiO_2 (кварцит) $d=(4.24-3.34-2.45-2.28-1.81-1.66-1.54\text{\AA})$, $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ (доломит) $d=(2.883-2.22-1.54\text{\AA})$, ZnCO_3 (смитсонит) $d=(3.92-3.56-3.02-2.79-2.324-1.948-1.727-1.495\text{\AA})$, ZnO (цинкит) ($d=2.79-2.594-2.45-1.901-1.49\text{\AA}$) бар екені анықталды.

Қалдықтарды физика-химиялық талдаулар нәтижелері екі қалдықта да кальций карбонатының, кварциттің және доломиттің бар екенін көрсетті, бұл табиғи минералды шикізаттардың құрамымен салыстыруға болатындай, бетонда толтырғыштар мен минералды қоспалар ретінде пайдалануға жарамды құнды компоненттер болып табылады. Anskhv үлгілерінде Achots үлгілерімен салыстырғанда кальций карбонаты мен кварцит мөлшері жоғары болды. Сонымен бірге, бұл байыту қалдықтары біртекті және майдаланған, кейде фракцияланған материал болып табылатындықтан рудалы емес құрылыс материалдарын өндіруде қолдануға жарамды.

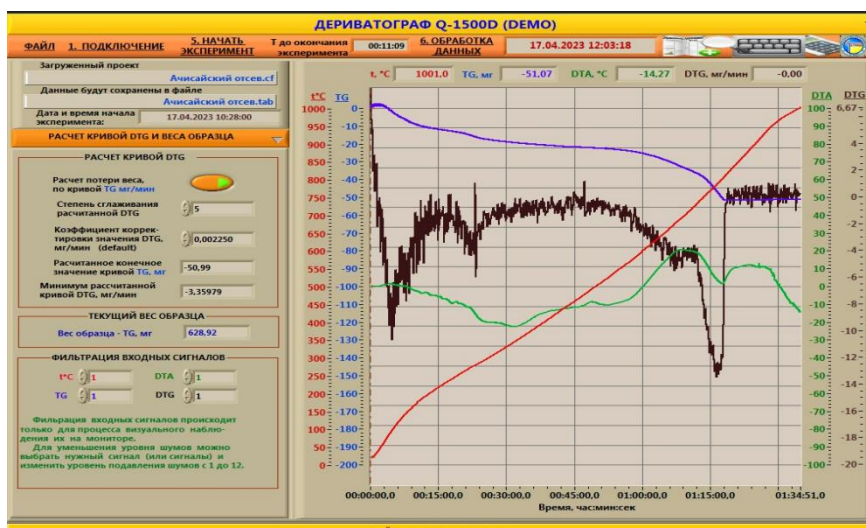
Сканерлейтін электронды микроскоптағы химиялық құрам келесі мәндері 3.20 суретте көрсетілген.



Элемент	Весовой %	Оксид	Весовой %
C	9.12	-	-
O	37.11	-	-
Mg	2.32	MgO	3.85
Al	2.55	Al ₂ O ₃	4.82
Si	8.81	SiO ₂	18.84
S	0.74	-	-
K	0.56	K ₂ O	0.67
Ca	7.66	CaO	10.72
Ti	0.38	TiO ₂	0.63
Fe	23.87	Fe ₂ O ₃	34.13
Cu	0.8	CuO	1.0
Zn	6.09	ZnO	7.58
Итого	100.00		

3.20 Сурет - Ащысай (Achots) полиметалл зауыты қалдықтарын электронды микроскопиялық талдау нәтижесіндегі элементтердің бөлінуі

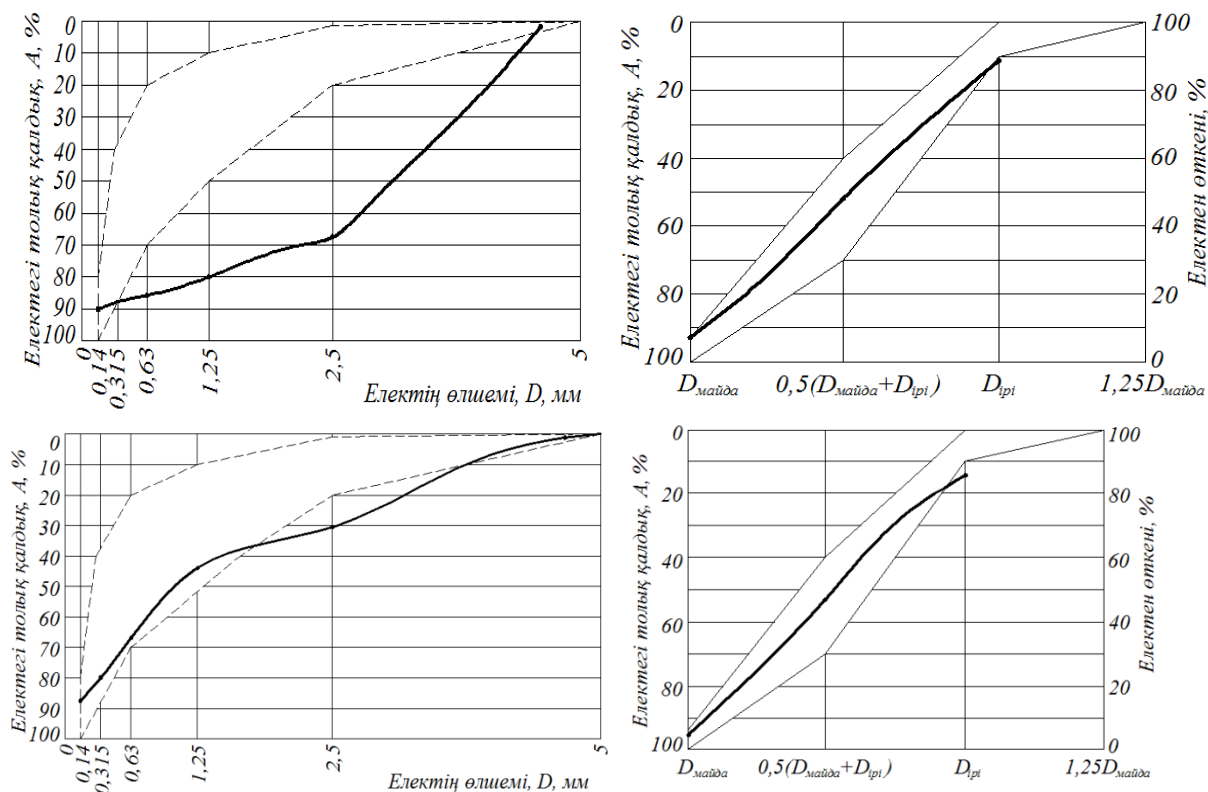
Дифференциалды-термиялық талдау нәтижелері 3.21 суретте көрсетілген.



3.21 Сурет - Ащысай (Achots) полиметалл зауыты қалдықтарын дифференциалды-термиялық талдау нәтижелері

Техногендік қалдықтарға негізделген толтырғыштардың ұсақ түйіршікті компонентінің физика-механикалық қасиеттері [115] талаптарына сәйкес зерттелді және 3. 22 суретте көрсетілген.

Өндіріс қалдықтарының ұсақ түйіршікті компонентінің түйіршіктік құрамы келесідей талданды: дайындалған құм үлгісі диаметрі 2,5 мм дөңгелек тесіктері және тор өлшемдері 1,25, 0,63, 0,315 және 0,16 болатын електер жиынтығы арқылы қолмен еленді. Елеу уақыты әрбір електі 1 минут бойы қарқынды қолмен шайқаған кезде жалпы массасының 0,1%-дан аспайтын бөлігі електен өтетіндей жүргізілді.



3.22 Сурет – Ащысай (Achots) полиметалл зауытының қалдықтары мен Аңсай кен орнының (Anskhv) байыту қалдықтарының түйіршіктік құрамы

Әрбір електегі құмның қалдығы таразда өлшеніп, әрбір електегі ішінара қалдық 0,1% дәлдікпен есептеледі. Содан кейін әрбір електегі жалпы қалдық 0,1% дәлдікпен анықталады. Електердегі жалпы қалдық A_i , %-бен, тесік өлшемдері үлкен барлық електердегі ішінара қалдықтардың қосындысы ретінде анықталады.

Құмның түйіршіктік құрамы 0,1 дәлдікпен есептелетін M_k ірілік модулімен де сипатталады.

Техногендік қалдықтарға негізделген қиыршық тастың физика-механикалық қасиеттері [116] стандарт талаптарына сәйкес зерттелді.

Қалдықтар негізіндегі қиыршық тастың түйіршікті құрамы да стандарт талаптарына сәйкес анықталды. Елеу нәтижелеріне сүйене отырып, әр електегі

ішінара қалдық үлгі массасының пайызы ретінде анықталды. Әрбір електегі жалпы қалдық үлгі массасының пайызы ретінде, сол електегі және үлкен саңылаулары бар барлық електердегі ішінара қалдықтардың қосындысы ретінде анықталды.

Майдаланған тас қалдықтарының маркасын анықтау үшін диаметрі 75 мм цилиндрді пайдаландық. Тегістеу кезінде материалдың жоғарғы деңгейі цилиндрдің жоғарғы жағынан шамамен 15 мм төмен болтындай етіп майдаланған тас үлгісі цилиндрге 50 мм биіктіктен құйылды. Содан соң цилиндрге поршень енгізілді, сол кезде поршень пластинасы цилиндрдің жоғарғы жағымен біртегіс орналасты. Әрі қарай цилиндр престің төменгі пластинасына орналастырылып, престің жүктемесін секундына 1-2 кН (100-200 кгс) арттыру арқылы цилиндрдегі майдаланған тасты сынау кезінде ол 50 кН (5000 кгс) дейін жеткізілді. Сынақтан соң үлгі цилиндрден құйылып, өлшенді. Содан кейін түйіршіктік құрамы 10-20 мм дәндер өлшемі 2,5 мм електерде еленді.

Бетонның номиналды құрамы [117] талаптарына сәйкес таңдалып, бетон құрамын таңдау келесі кезеңдерде жүзеге асырылды:

- бастапқы шикізаттық материалдардың сипаттамаларын таңдау және анықтау;
- бастапқы негізгі құрамды есептеу;
- бастапқы қосымша бетон құрамдарын есептеу;
- бастапқы және қосымша құрамдардан сынақ партияларын әзірлеу;
- бетон араласпасын сынау үшін сынама алу және бақылау үлгілерін әзірлеу;
- стандартқа сәйкес сапа параметрлерін анықтау үшін бетонды сынау;
- алынған нәтижелерді өңдеу арқылы бетон құрамы параметрлерінің стандартталған сапа параметрлеріне әсерін көрсететін байланыстарды анықтау;
- қажетті сападағы бетон араласпасы мен бетон өндірісін қамтамасыз ететін жұмысшы бетон құрамын таңдау.

Бетонның номиналды құрамы сәйкес шикізаттық материалдарға арналған стандарттар талаптарына сәйкес келетін нақты материалдар таңдалды және материалдар олардың сипаттамаларын талдауға және сынақ нәтижелеріне негізделген.

Бетонның номиналды және негізгі құрамдары шикізаттық материалдардың кіріс сапа бақылау мәліметтері негізінде есептелді. Номиналды құрамды есептеулер үшін цемент белсенділігі оның маркалық беріктігіне тең деп есептелді.

Материал үлгілері номиналды бетон құрамын таңдау үшін қажетті көлемде алынды. Толтырғыштар үлгілері тұрақты салмаққа дейін кептіріліп, 5 мм-ден кіші майда толтырғыштар дан 5 мм-ден үлкен ірі толтырғыштарды бөліп алу үшін електен өткізілді.

Бетонның бастапқы негізгі құрамы тиісті түрде бекітілген әдістерге, нұсқаулықтарға және ұсыныстарға сәйкес нақты материалдық сипаттамаларға негізделіп есептелді.

Бетон құрамының айнымалы параметрлері ретінде бетон араласпасының қасиеттеріне айтарлықтай әсер ететін параметрлер және бетонның стандартталған сапа көрсеткіштері, мысалы, С/Ц қатынасы, толтырғыштардың құрамындағы құмның үлесі және ауыр бетонға арналған араласпа шығыны таңдалды. Бетонның әрбір түрі үшін беріктігіне елеулі әсер ететін негізгі параметрлер белгіленді.

Бастапқы қосымша құрамдар бастапқы негізгі құрамдарды есептеу әдістемесіне сәйкес есептелді, бетон құрамының айнымалы параметрлерінің мәндері бастапқы негізгі құрамды есептеу кезінде қабылданған мәндерден 15%-дан 30%-ға дейін жоғары немесе төмен ауытқумен таңдалды. Кемінде екі қосымша құрам таңдалды.

Сынақ үшін әзірленген бетон араласпасының әр партиясының көлемі бетон араласпасы мен бетонның қасиеттерін тексеру үшін пайдаланылған үлгілер мен үлгілердің жалпы көлемінен кемінде 10%-ға артық болды.

Шикізаттық материалдар массасы бойынша 1,0%-дан аспайтын кателікпен мөлшерленді. Су және қоспалардың сулы ерітінділері массасы немесе көлем бойынша мөлшерленді. Жұмысшы араласпа сулы ерітіндісінің тығыздығы алдын ала анықталды.

Құрамдарды таңдау кезінде сынақ партиялары алдын ала ылғалдандырылған ыдыста кемінде 5 минут бойы қолмен араластырылды.

Тәжірибелік араласпаларды әзірлеу толтырғыштар мен цементті араластырудан басталып, содан кейін қатаю суы қосылды.

Араластырғаннан кейін, бетон араласпасының жайғасымдылығын, орташа тығыздығын және басқа да технологиялық қасиеттерін анықтау үшін бетон құрамының сипаттамасында көрсетілгендей үлгілер таңдалды. Егер сынақ нәтижелері бойынша бетон араласпасының қасиеттері бетон құрамының сипаттамалары талаптарына сәйкес келмесе, бетон құрамдары көрсетілген технологиялық қасиеттері бар араласпа алынғанша реттелді. Негізгі бастапқы құрамның жайғасымдылығын реттеу кезінде, сынақ араласпасы бір рет су мен қоспа қосуға рұқсат етіледі. Егер бір реттік су қосу қажетті жайғасымдылықты қалыптастырмаса, сынақ араласпасын қайта даярлау қажет. Араласпаның жайғасымдылығы бетон араласпасының нақты конустық шөгуі немесе қатаңдығы көрсетілген жайғасымдылық дәрежесінде болса немесе бетон құрамының сипаттамасында көрсетілген конустық шөгу немесе қатаңдық мәніне сәйкес келсе, онда белгіленген мәнге сәйкес деп есептеледі.

Бетон араласпасының жайғасымдылығы араласпаның маркасына байланысты оның конустық шөгуімен (КШ) және қатаңдығымен бағаланады. Жайғасымдылық см-мен өлшенеді, ал қатаңдық (К) өнеркәсіптік вискозиметрді пайдаланып бетонды тығыздау үшін қажетті дірілдеу уақыты, секундпен өлшенеді. Конустық шөгуді тек П1-П5 араласпа маркалары үшін анықталады. Бетон араласпасының қабаттарға бөлінуі ерітіндінің бөліну және судың ағу параметрлері бойынша бағаланады.

Конустың шөгуді анықтау [118] талаптарына сәйкес жүргізілді. Сынақты жүргізу үшін конус сулы шүберекпен сүртіліп, тегіс параққа

қойылды. Бетон араласпасы воронка арқылы бірдей биіктіктегі үш қабатта құйылды. Араласпаның әр қабаты металл шыбықпен 25 рет тығыздау арқылы тығыздалды. Конусты толтыру және тығыздау кезінде параққа мықтап басылды. Бетон араласпасын тығыздағаннан кейін воронка алынып, ал артық араласпаны конустың жоғарғы шеттерімен тегістелген шпательмен алып тасталды. Конусты араласпамен толтыру 3 минут мерзімде орындалды. Конус қалыпталған бетон араласпасынан тік бағытта тегіс алынып, жақын жерге қойылды. Конусты алып тастау 5-7 секунд мерзімде орындалды. Бетон араласпасының шөгуі конустың үстіне тегіс шыбық қойып, шыбықтың төменгі бетінен араласпа конусының жоғарғы бетіне дейінгі қашықтықты 5 мм дәлдікпен өлшеу арқылы анықталды.

Бетон араласпасының КШ екі рет анықталды. Жалпы сынақ уақыты 10 минут. КШ бетон араласпасы бір үлгіден алынған екі конус шөгуін анықтау нәтижелерінің арифметикалық орташасы мәні ретінде 0,1 см-ге дейін дөңгелектеніп есептелді, олар бір-бірінен $OK \leq 9$ үшін 1 см-ден, $OK = 10...15$ см үшін 2 см-ден және $OK \geq 16$ см үшін 3 см-ден аспайтын айырмашылықпен ерекшеленеді. Нәтижелерде үлкен сәйкессіздік болған жағдайда, сынақтар жаңа үлгіде қайталанды.

Бетонның орташа тығыздығы [119] талаптарына сәйкес, бетон массасының оның жалпы көлеміне қатынасы ретінде анықталады. Дұрыс пішінді үлгілердің көлемі олардың геометриялық өлшемдеріне негізделіп есептелді. Үлгі өлшемдері сызғышпен немесе штангенциркульмен 1% дәлдікпен, ал үлгінің массасы 0,1% дәлдікпен өлшеу арқылы анықталды. Бетонның орташа тығыздығы барлық үлгілер үшін сынақ нәтижелерінің арифметикалық орташасы мәні ретінде есептеледі.

Аязға төзімділік - бұл бетонның сумен қаныққан немесе тұзбен қаныққан күйде сыртқы зақымдану белгілерінсіз (жарықтар, шашыраулар, үлгі шеттерінің қабыршақтануы), беріктік жоғалтпастан, массасы өзгерусіз алма кезекті мұздату мен ерітуге шыдау қабілеті. Аязға төзімділік сынақтары [120] талаптарына сәйкес жүргізілді.

Бетон үлгілері [121] талаптарына сәйкес қалыптарда дайындалды. Сынақ алдында негізгі және бақылау үлгілері натрий хлоридінің 5% сулы ерітіндісімен қанықтырылды. Бақылау үлгілері ерітіндіден алынып, сулы шүберекпен сүртіліп, өлшеніп, сығу беріктігіне сыналды. Негізгі үлгілер қанықтырылғаннан кейін бақылау үлгілері алма кезек мұздату-еріту арқылы сыналды. Бастапқы үлгілерді мұздатқышқа орналастырдық. Мұздатудың басталуы камера температурасы минус 16°C-қа жеткен сәт деп есептелді. Бастапқы үлгілер алма-кезек мұздату-ерітудің белгілі бір циклдарынан кейін тексерілді. Үлгіден бөлінген (сынған) материал қатты металл щеткамен алынып тасталды. Үлгілер сулы шүберекпен сүртіліп, өлшеніп, сығу беріктігіне сыналды. Үлгі массасының өзгеруі анықталды. Үлгі массасының орташа төмендеуі 2%-дан аспады. Негізгі және бақылау үлгілерінің беріктігін анықтау нәтижелері өңделіп, стандартты ауытқу есептелді. Бетонның аязға төзімділік дәрежесі массаның азаю коэффициенті 2%-дан аспайтын және

үлгілерде жарықтар, сынықтар немесе қабырғалардың қабыршақтануы байқалмайтын циклдер санын ескере отырып анықталды.

Бетонның сусіңіргіштігі [122] талаптарына сәйкес үлгілерді сынау арқылы анықталды. Үлгілердің өлшемдері мен саны талаптарға сәйкес алынды. Үлгілердің бетіндегі шаң, кірден және май іздерінен сым щеткамен немесе абразивті таспен тазартылды. Үлгілер табиғи ылғалдылық күйінде тексерілді немесе тұрақты салмаққа дейін кептіріліп, массасы өлшеніп, ыдыстағы судың деңгейі салынған үлгілердің жоғарғы деңгейінен шамамен 50 мм жоғары болатындай етіп, сумен толтырылған ыдысқа салынды. Су сіңірген үлгілердің массасы әрбір 24 сағат сайын таразыларда өлшенді. Судан алынған үлгілер алдын ала сығылған дымқыл шүберекпен сүртілді. Сынақтар екі рет өлшеу нәтижелерінің айырмашылығы 0,1% аспағанға дейін жүргізілді.

Қойылған мақсатқа қол жеткізу үшін техногенді шикізаттың сапалық сипаттамалары анықталып, Ашысай (Achots) және Ансай (Anskhv) кен орындары қалдықтарын майда және ірі толтырғыштар ретінде пайдалана отырып, ауыр бетон құрамы таңдалды. Төменде Ашысай (Achots) және Ансай (Anskhv) кен орындарының қалдықтарының бетонның майда толтырғыш (құм) ретіндегі негізгі сипаттамалары келтірілген.

Кесте 3.20 - Ашысай (Achots) кенорны қалдықтары негізіндегі майда толтырғыштың негізгі сипаттамалары

Електегі толы қалдық (%), мм						Ірілік модулі	Дән аралық қуыстылық %	Нағыз тығыздығы кг/м ³	Үйме тығыздығы кг/м ³
5	2.5	1.25	0.63	0.315	0.16				
3.6	67.4	80	87.4	90	92.4	4.43	47.5	2,500	1,312

Кесте 3.21 - Ансай (Anskhv) кенорны қалдықтары негізіндегі майда толтырғыштың негізгі сипаттамалары

Електегі толы қалдық (%), мм						Ірілік модулі	Дән аралық қуыстылық %	Нағыз тығыздығы кг/м ³	Үйме тығыздығы кг/м ³
5.0	2.5	1.25	0.63	0.315	0.16				
2.0	31.4	46.2	68.4	80.4	89.2	3.7	58	3,846	1,388

Зерттеу нәтижелеріне сүйене отырып, өнеркәсіптік қалдықтар негізіндегі майда толтырғыштар түйіршіктерінің өлшемдік таралуы шамамен ұқсас екені, дегенмен Ашысай (Achots) құмының ірілік модулі Ансайға (Anskhv) қарағанда жоғары екені анықталды.

Зерттеулер аталған қалдықтардың құрамында цементтің бір бөлігін ішінара алмастыра алатын, өлшемі 0,16 мм електен өтетін 11%-ға дейін ұсақ фракция бар екенін көрсетті. Бұл бөлшектерде аморфты кремнезем $\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ бар, ол алиттің гидратациялануы кезінде түзілетін бос күйіндегі кальций гидроксидімен оңай әрекеттесіп, нәтижесінде жаңа түзілімдегі гидратталған кальций силикаттарының CSH үлесін артады. Бетонда толтырғыштардың осындай ұнтақ фракциясын пайдалану, өте берік және энергетикалық тұрғыдан мықты, азды-көпті біртекті микробөлшектер түзу арқылы цемент

тасымен барлық әлсіз байланыстарды азайтады. Қалдықтарды майдалау кезінде алынған бөлшектер неғұрлым ұсақ болса, соғұрлым белсенділігі жоғары болады. Қалдықтардағы микроұнтақтар бетон құрылымына интеграцияланып, цемент түйіршіктерінің меншікті бетінің ауданын арттырады [123].

3.22 және 3.23 кестелерде Ашысай (Achots) және Ансай (Anskhv) кен орындарының қалдықтарының бетонның ірі толтырғышы ретіндегі негізгі сипаттамалары келтірілген.

Кесте 3.22 - Ашысай (Achots) кенорны қалдықтары негізіндегі ірі толтырғыштың негізгі сипаттамалары

Електегі толы қалдық (%), мм				Дәнаралық қуыстылық %	Нағыз тығыздық кг/м ³	Үйме тығыздық кг/м ³	Бөлшектенуі бойынша маркасы 5-20 мм
5	10	20	40				
95.6	56.6	10.8	-	47,5	2,500	1,312	D 600

Кесте 3.23 - Ансай (Anskhv) кенорны қалдықтары негізіндегі ірі толтырғыштың негізгі сипаттамалары

Електегі толы қалдық (%), мм				Дәнаралық қуыстылық %	Нағыз тығыздық кг/м ³	Үйме тығыздық кг/м ³	Бөлшектенуі бойынша маркасы 5-20 мм
5	10	20	40				
98.4	77.4	13.6	-	58	3,846	1,388	D 800

Anskhv қиыршық тасының бөлшектену дәрежесі Achots салыстырғанда 33,3%-ға жоғары, бұл, ең алдымен, Anskhv құрамында ZnCO₃ (смитсонит) және ZnO (цинцит) сияқты минералдардың болуына байланысты.

Зерттеулер негізгі сипаттамалары бойынша өнеркәсіптік қалдықтардан алынған құм мен қиыршық тас табиғи аналогтарымен салыстыруға болатынын көрсетті.

Одан әрі зерттеу үшін табиғи толтырғыштардың белгілі бір мөлшерін өнеркәсіптік қалдықтармен ішінара және толық ауыстыру арқылы ауыр бетон құрамдары таңдалды.

3.24, 3.25 және 3.26 кестелерде дәстүрлі толтырғыштардан жасалған және дәстүрлі толтырғыштардың белгілі бір мөлшері Achots пен Anskhv қалдықтарымен 25%, 50% және 100% ауыстырылған бетон араласпасы мен бетонның негізгі сипаттамалары көрсетілген.

Кесте 3.24 - Ашысай (Achots) және Ансай (Anskhv) қалдықтары негізіндегі бетонның құрамдары

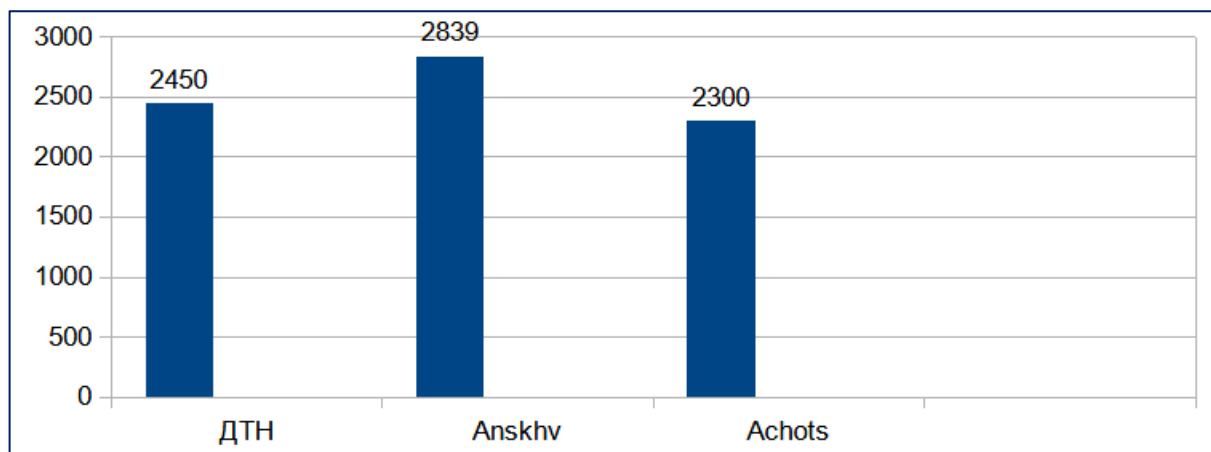
Бетон құрамдары	1м ³ бетон құрамы, кг							
	Цемент	Қиыршық тас	Құм	Су	Achots қиыршық тасы	Achots құмы	Anskhv қиыршық тасы	Anskhv құмы
Дәстүрлі толтырғыштар негізіндегі бақылау құрамы	432	1,200	720	182				
Achots толтырғыштары (25%)	432	900	557.5	182	300	162.5	-	-
Achots толтырғыштары (50%)	432	900	360	182	600	360	-	-
Achots толтырғыштары (100%)	432	-	-	182	1,200	720	-	-
Anskhv толтырғыштары (25%)	432	900	557.5	182	-	-	300	162.5
Anskhv толтырғыштары (50%)	432	900	360	182	-	-	600	360
Anskhv толтырғыштары (100%)	432	-	-	182	-	-	1200	720

Өнеркәсіптік қалдықтардың бетон араласпаларының негізгі қасиеттеріне әсерін зерттеу Anskhv толтырғыштарының бақылау құрамымен салыстырғанда бетон араласпасының су қажеттілігіне айтарлықтай әсер етпейтінін, бірақ Achots толтырғыштары бұл көрсеткішті арттыратынын көрсетті. Сонымен қатар, бетон араласпасындағы техногенді қалдықтар үлесінің артуымен, араласпаның қатаңдығы да артады, бұл Achots құмы меншікті беттік ауданы мен кеуектілігінің артуына байланысты болады. Бетон құрамындағы техногенді қалдықтар үлесінің бетон араласпасының жайғасымдылығына әсері 3.25 кестеде келтірілген.

Кесте 3.25 — Техногенді қалдықтардың бетон араласпасының жайғасымдылығына әсері

Бетон араласпасының құрамы	Конустық шөгу (см)
Дәстүрлі толтырғыштар негізіндегі бақылау құрамы	8
№1 Achots толтырғыштары (25%)	6
№ 2 Achots толтырғыштары (50%)	5
№3 Achots толтырғыштары (100%)	4
№4 Anskhv толтырғыштары (25%)	8
№5 Anskhv толтырғыштары (50%)	9
№6 Anskhv толтырғыштары (100%)	7

Техногенді қалдықтардың бетонның орташа тығыздығына әсерін зерттеуде де осындай тәуелділік байқалады. 3.23 суретте табиғи толтырғышты Anskhv толтырғыштарымен толығымен ауыстыру бетонның орташа тығыздығын 16%-ға арттыратыны, ал оны Achots толтырғыштарымен ауыстыру 6%-ға төмендететіні көрсетілген.



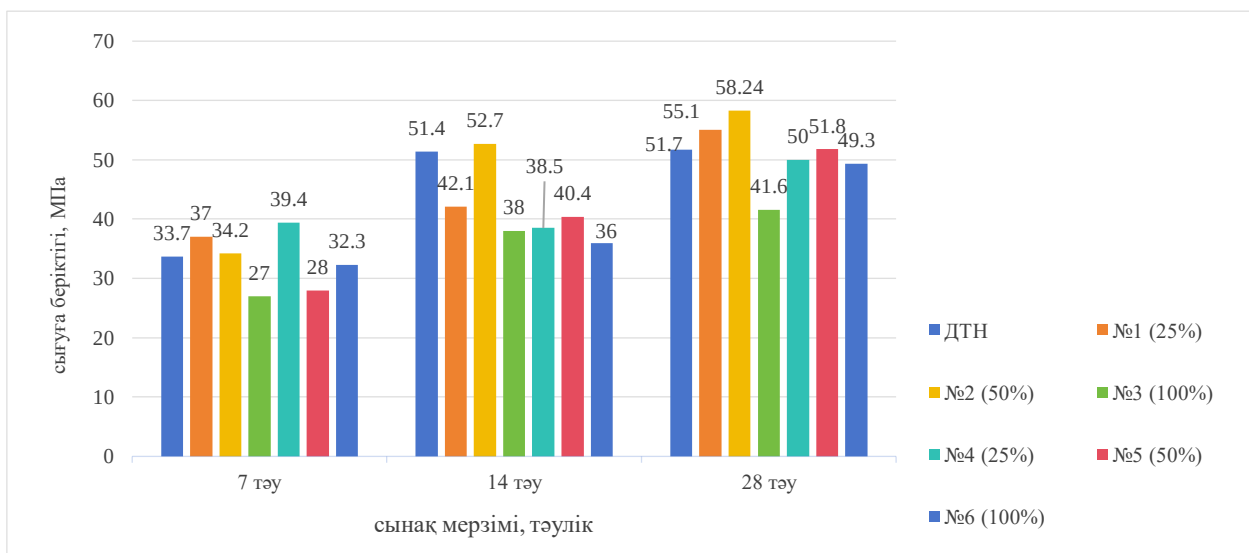
3.23 Сурет - Ансай (Anskhv) и Ашысай (Achots) қалдықтары негізіндегі бетонның тығыздығы

Ансай және Ашысай техногенді қалдықтары негізіндегі толтырғыштардың бетонның беріктік жинау кинетикасына әсері 3.25 кесте мен 3.24 суреттерде көрсетілген.

Кесте 3.25 - Ансай және Ашысай техногенді қалдықтары негізіндегі толтырғыштардың бетонның беріктік жинау кинетикасына әсері

Бетон құрамы	7 тәуліктегі бетон беріктігі, МПа	14 тәуліктегі бетон беріктігі, МПа	28 тәуліктегі бетон беріктігі, МПа
Дәстүрлі толтырғыштар негізіндегі бақылау құрамы	33.7	51.4	51.7
№1 Achots толтырғыштары (25%)	37	42.1	55.1
№ 2 Achots толтырғыштары (50%)	34.2	52.7	58.24
№3 Achots толтырғыштары (100%)	27	38.0	41.6
№4 Anskhv толтырғыштары (25%)	39.4	38.5	50
№5 Anskhv толтырғыштары (50%)	28	40.4	51.8
№6 Anskhv толтырғыштары (100%)	32.3	36	49.3

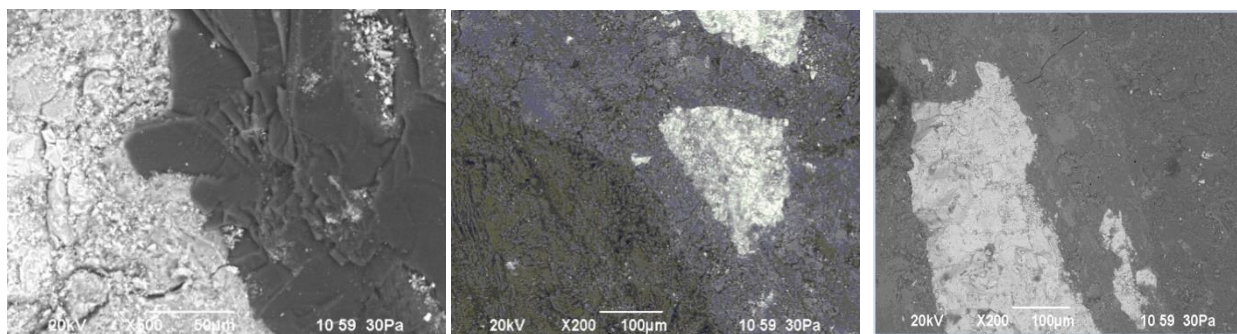
Жылжымалылығы бірдей араласпаларда (2 және 5 құрамдар) (КШ ~ 8 см) беріктіктің ең жылдам өсуі табиғи толтырғыштарды Achots қалдықтарымен (5 құрам) 25% ауыстырған құрамдарда байқалды. Ең жоғары беріктік табиғи толтырғышты Achots қалдықтарымен 50% ауыстырған үлгілерде анықталды. 1 және 5 құрамдар іс жүзінде бірдей нәтижелер көрсетті. Ең төменгі беріктік табиғи толтырғыштарды техногенді қалдықтармен толығымен ауыстырған үлгілерде анықталды.



3.24 Сурет - Ансай (Anskhv) және Ашысай (Achots) техногенді қалдықтары негізіндегі толтырғыштардың бетонның беріктік жинау кинетикасына әсері

Balykov A.S., Nizina T.A. [124] және басқа да авторлар портландцемент негізінде қатаятын цемент қамыры карбонатты толтырғыштармен әрекеттесіп, $\text{CaCO}_3\text{-Ca(OH)}_2\text{-H}_2\text{O}$ жүйесіне жататын әртүрлі құрамдағы кальций карбонатын түзетінін анықтаған. Еңбекте кальций карбонаты кристалдарының өлшемі салыстырмалы түрде кішкентай екені және Ca(OH)_2 -нің үлкен бағытталған кристалдарынан айырмашылығы, гидратация өнімдерінің арасында еркін орналастыны атап өтіледі. Зерттеулерде қолданылған екі қалдықта да кальций карбонатының үлесі көп болғандықтан, цемент тасы мен карбонатты жыныс арасындағы жанасу аймағының механикалық беріктігінің артуына ықпал ететін құбылыс осы болуы мүмкін, бұл жалпы бетон беріктігінің артуына алып келеді.

3.25 суретте Ансай (Anskhv) кенорны қалдықтары негізіндегі бетонның жанасу аймағының микросуреті көрсетілген.

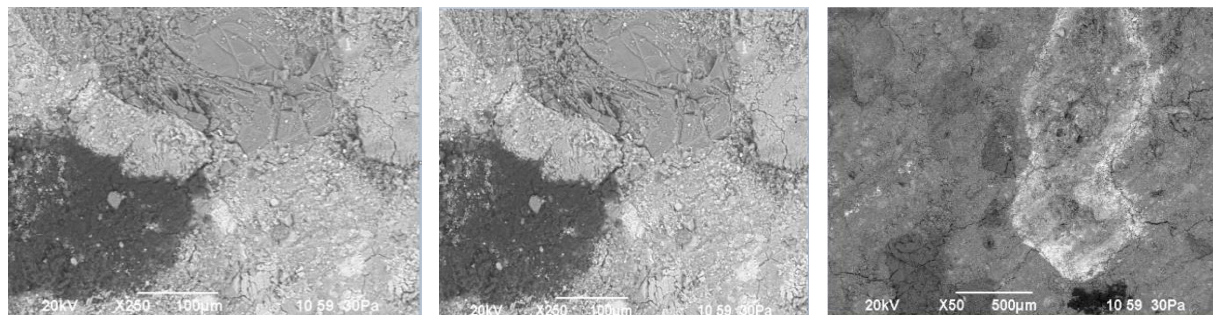


3.25 сурет - Ансай (Anskhv) кенорны қалдықтары негізіндегі бетонның жанасу аймағының микросуреті

Электронды микроскопия әдісімен зерттеу нәтижелері бетондарда Ансай толтырғыштарымен жанасу аймағының пайда болу ерекшелігін көрсетті. 3.25 суретте толтырғыштардың цемент матрицасымен жанасуы

айқын көрсетілген: беті тегіс емес, шашыраңқы және тығыз, цемент тасы толтырғышқа терең енеген. 3.16 суретте көрсетілген рентгендік дифракциялық талдаудан (Anskhv) көрініп тұрғандай және жоғарыдағы авторлар [124] атап өткендей құрамында CaCO_3 бар толтырғыштардың цемент клинкері минералдарымен әрекеттесіп, $\text{CaCO}_3\text{-Ca(OH)}_2\text{-H}_2\text{O}$ жүйесін түзеді.

3.26 суретте Ашысай техногенді қалдықтары негізіндегі бетонның жанасу аймағының микросуреті көрсетілген.



3.26 Сурет - Ашысай техногенді қалдықтары негізіндегі бетонның жанасу аймағының микросуреті

3.26 суретте цемент пен Ашысай толтырғыштары арасындағы жанасу аймағының фотосуреті көрсетілген. Техногенді толтырғыш бетінің кедір-бұдырлығы мен біркелкі еместігіне байланысты тығыз жанасу адгезиясы байқалады. Бұл толтырғыштың құрамындағы кремний қос тотығы кальций гидроксидімен әрекеттесіп, төмен негізді кальций гидросиликаттарын түзетіндіктен болады $\text{Ca(OH)}_2 + \text{SiO}_2 + m\text{H}_2\text{O} = \text{CaO-SiO}_2\text{-nH}_2\text{O}$.

[125] еңбектің мәліметтеріне сәйкес, жоғары және орта сапалы бетондар беріктігінің шамамен 40%-ы цемент қамырының қиыршық таспен адгезиялық байланысы есебінен, ал 20%-ы - қиыршық тас бетінің микрорельефінен туындаған механикалық адгезия есебінен қалыптасады. Сапасы төмен бетондар үшін (ерітінді бөлігінің беріктігі 20 МПа-дан төмен) жалпы беріктіктің жартысынан көбі адгезия есебінен қамтамасыз етіледі. Толтырғыштар беті кедір-бұдырлығының артуымен В15-В25 класты бетондардың беріктігі 30%-ға дейін, ал жоғары кластағы бетондар үшін 50%-ға дейін артады.

Цемент тасының толтырғыштарға адгезия беріктігі бетон беріктігінің анықтаушы факторларының бірі болып табылады. [126] еңбектің мәліметтеріне сәйкес, цемент тасының толтырғыш түйіршіктеріне адгезия беріктігі көптеген факторларға:

- толтырғыш түйіршіктерінің пішіні мен бетінің кедір-бұдырлығына;
- олардың тазалық дәрежесіне;
- толтырғыш түйіршіктерінің химиялық және минералогиялық құрамына, цемент тасының беріктігіне;
- адгезия беріктігін арттыратын минералды қоспалардың болуына;
- жанасу аймағындағы құрылымдық микроақаулардың санына тәуелді.

Зерттелген өндіріс қалдықтары негізіндегі толтырғыштардың (қиыршық тас, құм) беті кедір-бұдырлы және құрамында 0,16 мм електен өтетін барит шаңы (11%-ға дейін) бар екенін ескерсек, ол негізінен белсенді минералды қоспа ретінде әрекет ететінін атап өту қажет. Екінші реттік шикізатты негізінде алынған көптеген қоспалардың құрамында құрылыста дәстүрлі түрде қолданылмайтын химиялық қосылыстардың бар екенін және олардың цемент пен аралас байланыстырғыштардың гидратация және қатаю процестеріне әсер ету механизмдері жеткілікті түрде зерттелмегенін атап өткен жөн. Сондықтан, екінші реттік шикізатты пайдаланып тиімді модификациялық қоспалар алу үшін оларды дайындау және өңдеу технологияларын әзірлеу, сондай-ақ композиттік материалдардың беріктік қасиеттері мен беріктігін қамтамасыз ететін цемент байланыстырғыштарының гидратация және қатаю процестерін зерттеу өзекті мәселе болып табылады.

Осы бағыттағы ғылыми зерттеулер мен ғылыми әдебиеттерді талдау елдің көптеген аймақтарындағы әртүрлі салалардан алынатын жергілікті шикізат пен екінші реттік ресурстардың негізгі бөлігі кәдеге асырылмайтынын көрсетеді [76, 127-129].

Kulikova A.A., Kopanitsa N.O. және басқа да ғалымдар жанасу аймағының микроқұрылымының компьютерлік модельдеу арқылы, минералды қоспалардың жанасу аймағына әсерін зерттеді [130]. Алынған нәтижелерді статистикалық талдау C/Ц қатынасы $>0,4$ бетон араласпаларына $<10\%$ мөлшерде минералды қоспаларды енгізу жанасу аймағының микроқұрылымына елеулі әсер етпейтінін көрсеткен. Минералды қоспаларды енгізу жалпы $\text{Ca}(\text{OH})_2$ мөлшерінің күрт азайуына байланысты жанасу аймағының капиллярлық кеуектілігін айтарлықтай төмендетеді (бірақ бүтіндей жоймайды). Сонымен бірге толтырғыш бетінің тікелей маңында CSH мөлшерінің артуы да жанасу аймағының қасиеттеріне оңтайлы әсер етеді. Сондықтан, салыстырмалы түрде аз мөлшерде минералды қоспаларды бетон араласпасына енгізу жанасу аймағының микроқұрылымына оңды әсер ететіні анықталған.

Жалпы бетонның қатаюында клинкер минералдарының гидратация реакциялары негізгі болғандықтан, бұл процестің жеделдеткіші - меншікті беттік ауданы жоғары болатын және тікелей химиялық өзара әрекеттесумен бірге фазалар шекарадағы физика-химиялық процестерге оңды әсер ететін 0,16 мм електен өткен (11%-ға дейін) барит шаңы түріндегі толықтырғыш болып табылады.

Микро деңгейде минералды қоспалар мен портландцементтің компоненттері және гидратация кезінде түзілген жанатүзілімдер арасындағы химиялық өзара әрекеттесулер байқалады. Белсенді минералды қоспалар гидратация реакциясының бағытын гидратация өнімдерінің қарқынды бөлінуіне қарай ығыстырып, оларды ерімейтін қосылыстарға байланыстырады. Бұл өнімдер кальций гидроксиді $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -мен әрекеттескенде төменгі негізді гидросиликаттар түзеді. Кальций және магний карбонаттары құрамында алюминий бар клинкерлік минералдарымен

әрекеттесіп, $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot (\text{Ca}, \text{Mg})\text{CO}_3 \cdot 11\text{H}_2\text{O}$ сияқты күрделі қосылыстар түзеді.

Белсенді минералды қоспаның гидратация процестеріне катализаторлық әсері электрон жұбының немесе заряд тасымалдаушылардың (электрондардың, протондардың) бастапқы ауысуын қамтамасыз етіп, катализатордың табиғатына байланысты реакция механизмінің және сәйкесінше оның жылдамдығының өзгеруіне алып келеді (жоғарылауы немесе төмендеуі). Цемент суспензиясы гидратациясының бастапқы кезеңінде минералды қоспаның беткі қабаты, негізінен сумен әрекеттесіп, оның белсенділігін сипаттайтын кем дегенде екі негізгі қасиетті өзгертеді: ортаның рН көрсеткішін және тотығу-тотықсыздану (электродты потенциалын) [131-139].

3.26 кестеде Ансай (Anskhv) және Ашысай (Achots) қалдықтары толтырғыштары негізіндегі бетонның негізгі физика-механикалық қасиеттері көрсетілген.

Кесте 3.26 Ансай (Anskhv) және Ашысай (Achots) қалдықтары толтырғыштары негізіндегі бетонның негізгі физика-механикалық қасиеттері

Бетон құрамы	Бетон тығыздығы, кг/м ³	Сусіңіргіштігі, W%	Аязға төзімділігі, F (циклы)
Дәстүрлі толтырғыштар негізіндегі бақылау құрамы	2,450	0,67	F 400
№1 Achots толтырғыштары (25%)	2,455	0,68	F 200
№ 2 Achots толтырғыштары (50%)	2,486	0,92	F 300
№3 Achots толтырғыштары (100%)	2,283	2	F 150
№4 Anskhv толтырғыштары (25%)	2,698	0,69	F 300
№5 Anskhv толтырғыштары (50%)	2,846	0,5	F 300
№6 Anskhv толтырғыштары (100%)	2,532	0,41	F 200

Бетон үлгілерінің аязға төзімділігі жеделдетілген әдіс арқылы анықталды. Авторлардың [132] айтуынша, бетонның аязға төзімділігін екі негізгі жолмен арттыруға болады: бетон араласпасына енгізілетін қатаю суының мөлшерін азайту арқылы, яғни С/Ц қатынасын төмендету және бетон денесінде тұйық кеуектерді қалыптастырып, кіретін ауа қатынасын арттыру арқылы. Біздің жағдайда бетонның тығыздығы цемент тасының толтырғышқа терең енуіне байланысты тығыз құрылым қалыптасуына байланысты артады, бұл үлгілердің сусіңіргіштігін төмендетіп, аязға төзімділікті арттырады.

Қорыта айтқанда:

- Физика-химиялық зерттеулер нәтижелері талданған техногендік қалдықтарда кальций карбонатының, кварциттің және доломиттің бар екенін, олардың барлығы бетонда толтырғыштар мен минералды қоспалар ретінде пайдалануға жарамды екенін көрсетеді. Achots құрамында Anskhv салыстырғанда кальций карбонаты мен кварциттің мөлшері жоғары екендігі анықталды;

- Портландцемент негізіндегі катаю қамыры техногенді қалдықтар негізіндегі карбонатты толтырғышпен әрекеттесіп, $\text{CaCO}_3\text{-Ca(OH)}_2\text{-H}_2\text{O}$ жүйесіндегі әртүрлі құрамдағы кальций карбонатын түзетіні анықталды, бұл цемент тасы мен карбонатты жыныс арасындағы жанасу аймағының механикалық беріктігінің артуына ықпал етіп, бетон беріктігінің артуына оңтайлы әсер етеді.

- Қажетті қасиеттері бар бетон алу үшін техногенді шикізатты толтырғыш ретінде пайдалану бетонның физика-механикалық қасиеттерін төмендетпей, қиыршық тас пен құмның шығынын 50%-ға азайтуға мүмкіндік беретіні дәлелденді;

- Дәстүрлі толтырғыштарды Achots негізіндегі толтырғыштармен ішінара (50%) ауыстыру кезінде бетонның маркалық беріктігі бақылау құрамымен салыстырғанда 12,5%-ға артатыны анықталды. Зерттеулер көрсеткендей, табиғи толтырғыштарды техногендік қалдықтармен 50% ауыстырған құрамдар ең жоғары беріктікке (2-құрам – 58,24 МПа және 5-құрам – 51,8 МПа) ие болады. Дегенмен, толтырғыштарды техногендік қалдықтармен толық ауыстырған кезде бетонның сығуға беріктігі төмендейді;

- Барит рудаларын елеу кезінде алынған екі фракциялы толтырғыш пен ұсақ дисперсті толтырғышты қамтитын бетон араласпаларынан ауыр бетон өндіру мүмкіндігі дәлелденді. Тығыздығы 2300-ден 2839 кг/м³-ге дейінгі және сығуға беріктігі 41,6-дан 58,2 МПа-ға дейінгі ауыр бетондар алынды.

- Anskhv кен орнынан алынған техногендік қалдықтарды бетон өндірісінде пайдалану энергия мен ресурстарды үнемдеуді, қалдықтарды кәдеге асыруды және аймақтағы экологиялық жағдайды жақсартуға мүмкіндік береді.

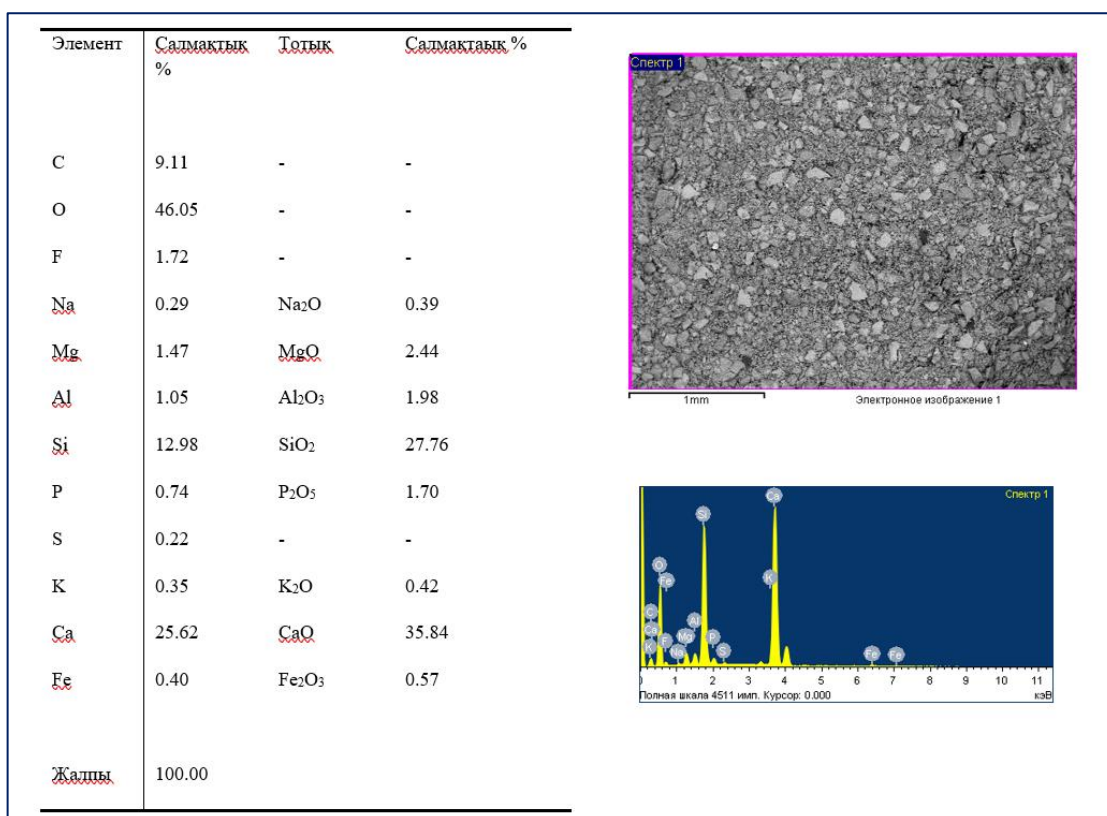
3.7 Фосфор қожы толтырғыштары негізіндегі бетонның қасиеттерін зерттеу

Жұмыстың 3.4 — 3.6 бөлімдерінде баяндалған мәліметтермен салыстырғанда фосфор қожы негізіндегі толтырғыштар бетон технологиясында біршама аз қолданылады.

Фосфор қожы бұл фосфорды фосфатты шикізаттан элетротермиялық жолмен алу кезіндегі қосалқы өнім. [70, 140-143] еңбектерде фосфор шлағын бетон технологиясында қолданудың түрлі бағыттары көрсетілген. Аталған зерттеулер фосфор қожы негізінен байланыстырғыштың құрамына және жоғарыдисперсті толықтырғыштар ретінде қолданылатынын көрсетеді.

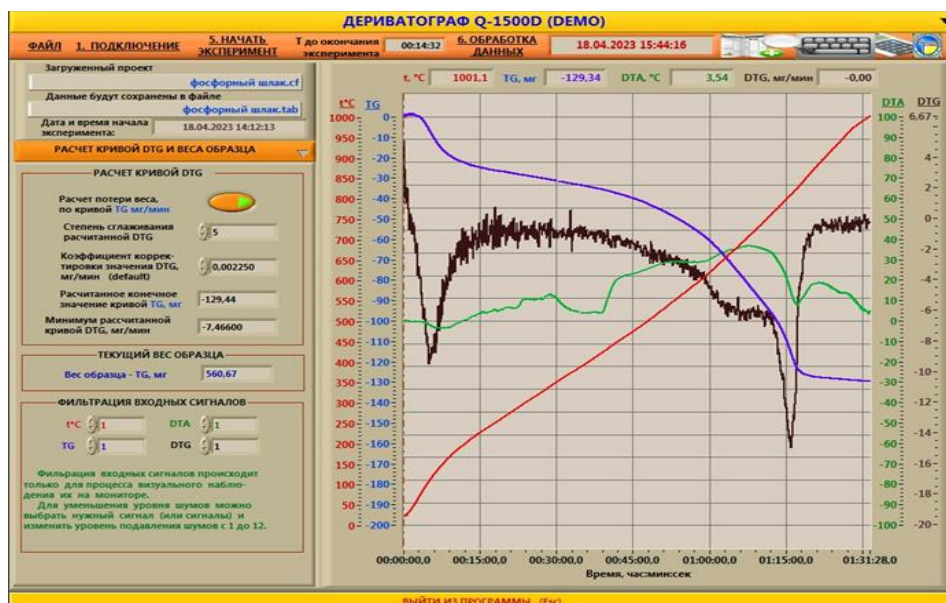
Бұл диссертациялық жұмыста Шымкент фосфор зауыты қожын бетон технологиясында толтырғыш ретінде пайдалану мүмкіндігі зерттелді.

Шикізаттық материалдарды зерттеу жұмыстың 2 бөлімінде баяндалған әдістемелерелге сәйкес орындалды.

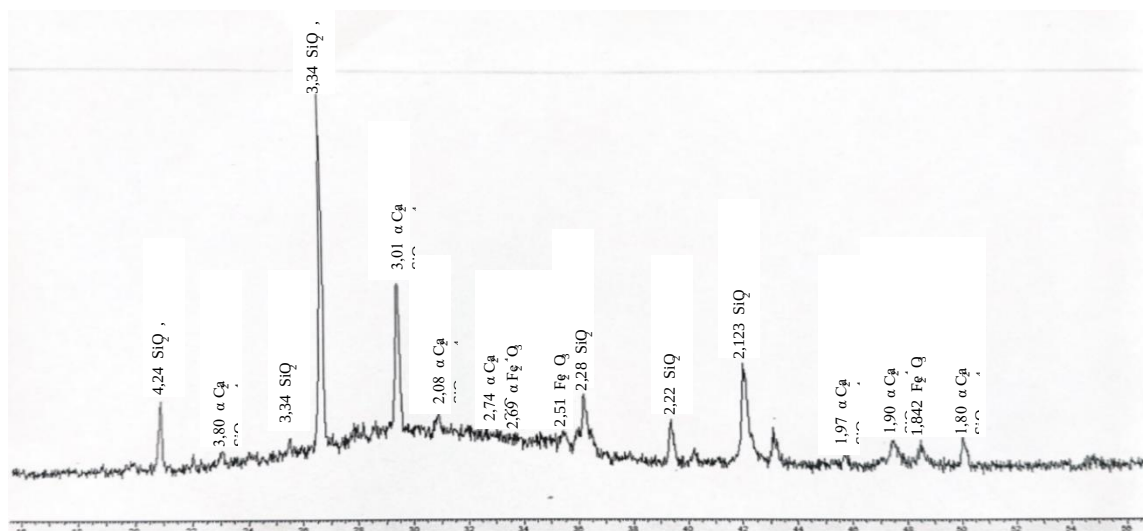


3.27 Сурет — Шымкент фосфор зауыты қожының химиялық құрамы

Шымкент фосфор зауыты қалдықтарының физика-химиялық талдау оның құрамында SiO₂ (кварц) $d = (4.24-3.34-2.49-2.45-2.288-2.123-1.54\text{Å})^0$, α -Ca SiO₂ (жалған вольостанит) $d = 3.23-2.80-1.97-1.83$; α -CaSiO₄ (парнит) $d = 3.80-3.01-2.74-1.99-1.80\text{ Å}^0$; α -Fe₂O₃ (гептатит) $d = 2.69-2.51-1.842\text{ Å}^0$ бар екенін көрсетті (3.28 және 3.29 суреттер).

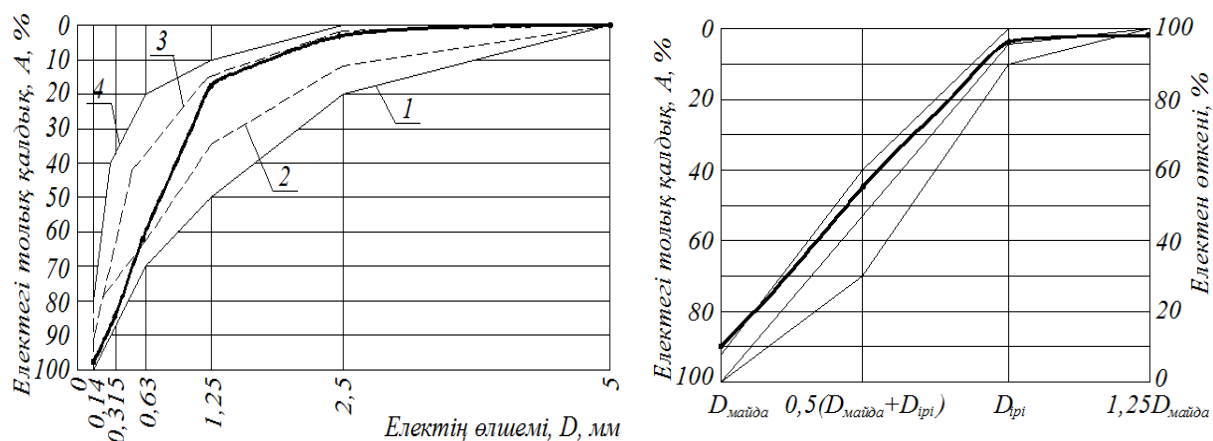


3.28 Сурет — Шымкент фосфор зауыты қожын дифференциалды-термиялық талдау нәтижелері



3.29 Сурет — Шымкент фосфор зауыты қожын рентгенодифрактометриялық талдау нәтижелері

Фосфор қожының түйіршіктік құрамы келесідей талданды: дайындалған құм үлгісі диаметрі 2,5 мм дөңгелек тесіктері және тор өлшемдері 1,25, 0,63, 0,315 және 0,16 болатын електер жиынтығы арқылы қолмен еленді. Елеу уақыты әрбір електі 1 минут бойы қарқынды қолмен шайқаған кезде жалпы массасының 0,1%-дан аспайтын бөлігі електен өтетіндей жүргізілді.



3.30 Сурет — Фосфор құмы мен фосфор қиыр тасының түйіршіктік құрамы

Кесте 3.27 — Шымкент фосфор зауыты негізіндегі құмның физика-механикалық сипаттамалары (ГОСТ 8735-88, СТ РК 1217-2003)

Електтегі толық қалдық (%), мм						Ірілік модулі	Қуыстылы қ, %	Нағыз тығыздық, кг/м ³	Үйме тығыздығы, кг/м ³
5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16				
0,8	4,6	16,8	62,4	88,4	97,4	2,7	51	2120	1046

Кесте 3.28 — Шымкент фосфор қалдықтары негізіндегі қиыршық тастың физика-механикалық қасиеттері (ГОСТ 8735-88, СТ РК 1217-2003)

Електтегі толық қалдық (%), мм				Қуыстылығы, %	Нағыз тығыздығы, кг/м ³	Үйме тығыздығы, кг/м ³	Ұсақталу маркасы, 5-20 мм
5	10	20	40				
86,6	75,4	46,2	3,8	51	2120	1046	M300

Жұмыстың 3.2-3.6 бөлімдерінде сипатталған әдістемелерге сәйкес дәстүрлі толтырғыштардың белгілі бір бөлігін фосфор қожы негізіндегі толтырғыштармен аламсытру арқылы ауыр бетонның құрамы таңдалып, негізгі физика-механикалық қасиеттері зерттелді.

Кесте 3.29 - Техногенді қалдықтар негізіндегі толтырғыштардың бетонның физика-механикалық қасиеттеріне әсері

Бетон түрі	Орташа тығыздығы, кг/м ³	Сүсіңіргіштігі, %	Аязға төзімділігі, цикл	28 тәуліктегі сығуға беріктігі, МПа
Бақылау үлгісі	2450	0,67	F400	51,4
100% фосфор қожы	2120	2,1	F300	26,3
50% фосфор қожы	2180	1,09	F300	41,2
25% фосфор қожы	2135	1,17	F300	38,3

Зерттеулер фосфор қожын ауыр бетондарда дәстүрлі толтырғыштардың орнына қолданудың тиімсіз екенін көрсетті.

4 ТҮРЛІ ӨНДІРІС ҚАЛДЫҚТАРЫ ТОЛТЫРҒЫШТАРЫ НЕГІЗІНДЕГІ БЕТОННЫҢ НЕГІЗГІ СИПАТТАМАЛАРЫН САЛЫСТЫРМАЛЫ ТАЛДАУ

4.1 Техногенді толтырғыштар негізіндегі бетондарды коррозиялық төзімділігін бағалау

Техногенді қалдықтар негізіндегі бетон үлгілерінің коррозиялық төзімділігі ГОСТ 31383-2008 «Бетон және темірбетон конструкцияларын коррозиядан сақтау. Сынақ әдістері», талаптарына сәйкес үлгілерді ұзақ уақыт бойы агрессивті ортада ұстау, содан кейін беріктік деформациясы мен масса жоғалту көрсеткіштері өзгерістерін бағалау арқылы анықталды. Ол үшін $40 \times 40 \times 160$ мм өлшемдегі балкалар қалыптанып, қалыпты жағдайда ($+22 \pm 2^\circ\text{C}$ температура, $\geq 95\%$ ылғалдылық жағдайында) 28 тәулікте кептірілді. Түрлі толтырғыштар негізіндегі бетондардың I және II типтегі коррозияға төзімділігін анықтау үшін натрий сульфаты ерітінділері қолданылды, яғни бақылау үлгілері дистилденген су, аталған тұздың ерітінділері құйылған ыдысқа орналастырылды. Сұйықтың көлемі үлгі бетінің әрбір 1 см^2 -не кемінде 5 мл сұйықтық келетіндей етіп алынады. Әр сұйықтыққа тоғыз үлгі балка орналастырылады.

Дайындалған үлгілер арнайы ыдысқа салынып, үстіне үлгілер 2-3 см тереңдікте орналасатындай етіп Na_2SO_4 5% ерітіндісі құйылды. Ерітіндінің концентрациясы әр айда тексерілді. Әр 30 күнде сыналатын үлгілердің беріктігі, масса жоғалтуы және сызықтық деформациясы анықталып, химиялық төзімділік коэффициенті агрессивті ортада ұсталған үлгілер беріктігінің, бақылау үлгілерінің беріктігіне қатынасы ретінде анықталды:

$$K_{\text{хт}} = R_{\text{агр}} / R_{\text{бак}} \quad (4.2) [147]$$

бұндағы:

$R_{\text{агр}}$ — агрессиялы ортада ұсталғаннан кейінгі беріктігі;

$R_{\text{бак}}$ — бақылау үлгілерінің беріктігі.

ГОСТ 25246-82 «Химиялық төзімді бетондар. Техникалық жағдайлары» талаптарына сәйкес үлгілердің химиялық төзімділігі агрессиялы ортада ұсталған үлгілер иуге беріктігінің, бақылау үлгілерінің иуге беріктігіне қатынасымен анықталады.

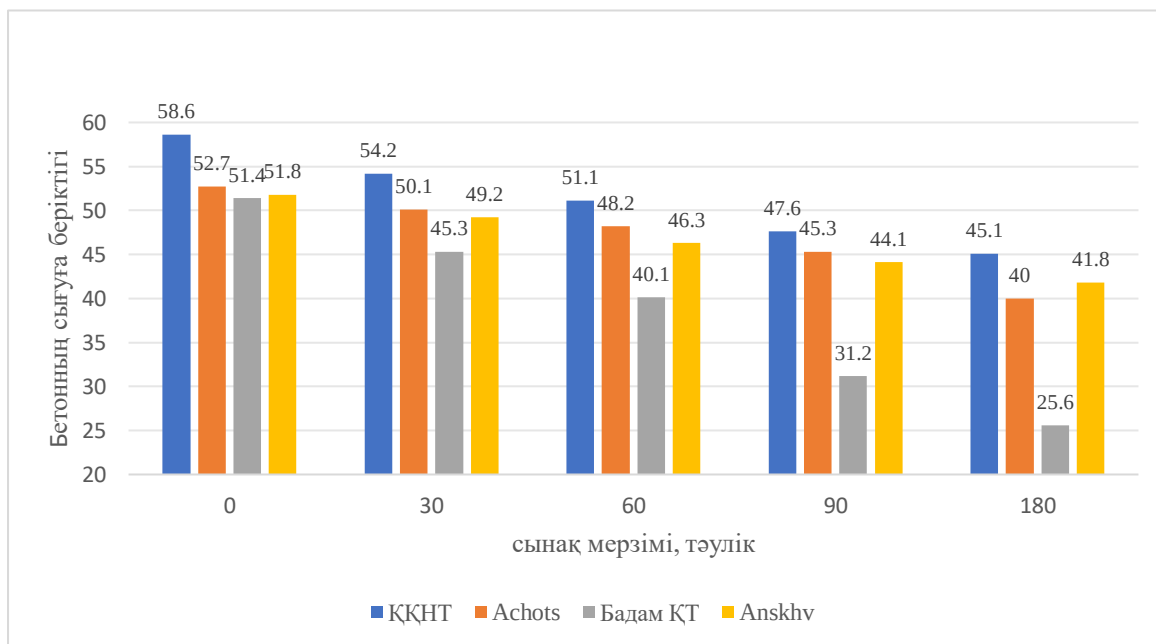
Кесте 4.1 - Агрессивті ортаның сипаттамалары

Бастапқы заттың формуласы	Агрессивті ион	Ортаның pH көрсеткіші	Сусыз тұздың концентрациясы, г/л	Агрессивті ион концентрациясы, моль/л
H_2O	-	7	-	-
Na_2SO_4	SO_4^{2-}	6,5	37	0,35

Агрессивті сұйықтықтар олардың концентрациясы 5% төмендегенде (шамамен екі аптадан кейін, содан кейін төрт аптадан кейін) ауыстырылды. Ортаның pH көрсеткіші алғашқыда күн сайын, кейін әр 2-3 күн сайын бақыланды. Үлгілердің сығуға және иуге беріктігі 30, 60, 90 және 180 тәулікте сыналды. Сынақ нәтижелері 4.2 кестеде көрсетілген.

Кест 4.2 – Техногенді толтырғыштардың бетонның агрессиялы ортадағы сығу беріктігіне әсері

Үлгілер	Үлгі. Бастапқы беріктігі, МПа	30 тәулік		60 тәулік		90 тәулік		180 тәулік		K _{хт}
		Дис. суда, МПа	Na ₂ SO ₄ ерітін. МПа	Дис. суда, МПа	Na ₂ SO ₄ ерітін. МПа	Дис. суда, МПа	Na ₂ SO ₄ ерітін. МПа	Дис. суда, МПа	Na ₂ SO ₄ ерітін. МПа	
Қорғасын қожы негізіндегі толтырғыштар	58,6	56,3	54,2	53,1	51,1	49,8	47,6	46,8	45,1	0,77
Achots толтырғыштары негізінде	52,7	50,4	50,1	48,3	48,2	45,2	45,3	41,8	40,0	0,75
Дәстүрлі толтырғыштар негізіндегі бақылау үлгілері	51,4	48,2	45,3	44,3	40,1	38,1	31,2	34,9	25,6	0,5
Anskhv толтырғыштары негізінде	51,8	50,3	49,2	48,6	46,3	46,3	44,1	43,5	41,8	0,81

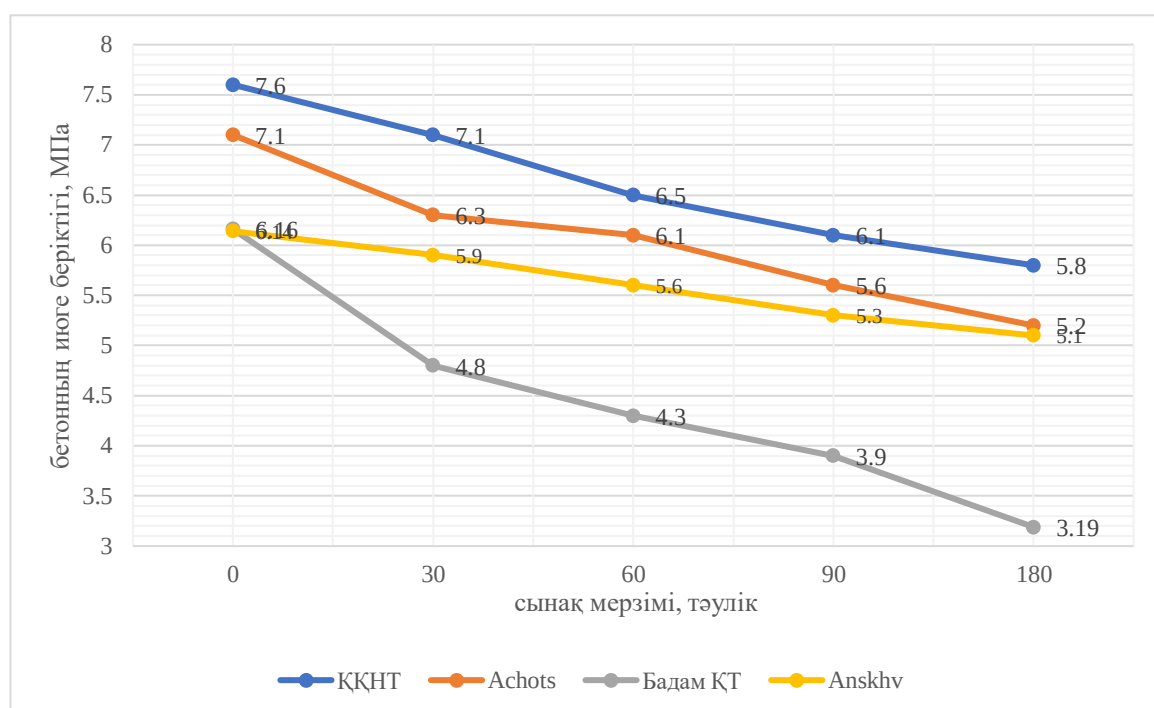


4.1Сурет – Толтырғыштардың агрессиялы ортадағы бетонның сығу беріктігіне әсері

Кесте 4.3 – Техногенді толтырғыштардың бетонның агрессиялы ортадағы иуге беріктігіне әсері

Үлгілер		30 тәулік	60 тәулік	90 тәулік	180 тәулік	K _{хт}
---------	--	-----------	-----------	-----------	------------	-----------------

	Үлгі. бастапқы беріктігі, МПа	Дис. суда, МПа	Na ₂ SO ₄ ерітін. МПа	Дис. суда, МПа	Na ₂ SO ₄ ерітін. МПа	Дис. суда, МПа	Na ₂ SO ₄ ерітін. МПа	Дис. суда, МПа	Na ₂ SO ₄ ерітін. МПа	
Қорғасын қожы негізіндегі толтырғыштар	7,6	7,2	7,1	6,8	6,5	6,4	6,1	5,9	5,8	0,76
Achots толтырғыштары негізінде	7,1	6,7	6,3	6,3	6,1	5,8	5,6	5,6	5,2	0,73
Дәстүрлі толтырғыштар негізіндегі бақылау үлгілері	6,16	5,1	4,8	4,56	4,3	4,1	3,9	3,45	3,19	0,52
Anskhv толтырғыштары негізінде	6,14	6,0	5,9	5,8	5,6	5,7	5,3	5,5	5,1	0,82



4.2 Сурет – Толтырғыштардың агрессиялы ортадағы бетонның иуге беріктігіне әсері

Бетонның коррозияға төзімділігін зерттеу нәтижелері дәстүрлі толтырғыштар негізіндегі бетонның сығуға беріктігі агрессиялы ортада (Na₂SO₄ 5% ерітіндісі) 180 тәуліктік мерзімде бастапқы (сығуға және иуге) беріктігінің шамамен 50% жоғалтқанын, ал осы мерзімде қорғасын қожы толтырғыштары негізіндегі бетондар 33%, Ащысай толтырғыштары негізіндегі бетондар 25%, Ансай толтырғыштары негізіндегі бетондар 19% жоғалтқанын көрсетті. Бұл қолданылған техногенді толтырғыштар негізінде сульфатты ортаға төзімді бетондар алуға мүмкін екенін көрсетеді.

Сонымен бірге бетондардың коррозиялық төзімділігін анықтау нәтижелері (4.2 және 4.3 кесте) Ансай кенорны қалдықтары негізіндегі

бетонның химиялық төзімділігі $K_{\text{хт}} > 0,8$ жоғары, яғни аталған техногенді толтырғыштарды бетондарда қолдану химиялық төзімді бетон алуға мүмкіндік береді, ал қорғасын өндірісі қалдықтары мен Ащысай қалдықтары негізінде орташа төзімді бетондар алынады, ал жергілікті Бадам қиыршық тасы негізіндегі бетондардың химиялық төзімділігі төмен болатынын көрсетті.



4.3 Сурет - Бетон үлгілерін коррозиялық төзімділікке сынау

Теориялық мәліметтерге сүйенсек [148] агрессиялы SO_4^{2-} ионы бетонның құрамындағы алюминаттармен әрекеттесіп эттрингит ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 32\text{H}_2\text{O}$) түзеді, ол өз кезегінде бетонда көлемдік деформация туғызып, бетонның химиялық бұзылуына алып келеді.

Кесте 4.4 – Толтырғыштардың құрамындағы Al_2O_3 мөлшері (диссертацияның 3 тарауында көрсетілген мәліметтерге сәйкес)

№	Толтырғыштардың атауы	Құрамындағы Al_2O_3 мөлшері, %
1	Қорғасын қожы негізіндегі толтырғыштар	5,31
2	Achots толтырғыштары негізінде	4,82
3	Дәстүрлі толтырғыштар негізіндегі бақылау үлгілері	10-16
3	Anskhv толтырғыштары негізінде	2,12

4.4 кестенің мәліметтері алынған эксперименттік нәтижелердің дұрыс екендігін көрсетеді. Пайдаланылған толтырғыштардың ішінде Бадам қиыршық тасының құрамында алюминий тотығының мөлшері көп (10-16%

шамасында), ал Ансай кеноры қалдықтарында бұл тотық ең аз мөлшерде кездеседі. Барлық үлгілерде бірдей портландцемент қолданылғандықтан, салыстырмалы талдау кезінде оның құрамындағы алюминий тотығының мөлшері есепке алынған жоқ. Әрі қарайғы есептеулерде химиялық төзімділігі ең жоғары Ансай кенорны толтырғыштары негізіндегі бетондар қолданылды.

ГОСТ 25881-83 «Химиялық төзімді бетондар. Сынақ әдістері» талаптарына сәйкес кез келген конструкцияның жұмыс жағдайына сәйкес олрадың экономикалық тұрғыдан тиімді қызмет ету мерзімі есептеледі. Осы қызмет ету мерзімі кезіндегі бетон конструкциядағы агрессиялық ортаның әсерінен химиялық төзімділік коэффициентінің төмендеуі C шамасына сәйкес келеді деп қабылданады.

Қабылданған қызмет ету мерзімі кезіндегі конструкцияның химиялық төзімділігі төмендегі жағдай орындалған кезде ғана қамтамасыз етіледі:

$$K_{x,t} \geq 1 - C, \quad (4.1) [149]$$

бұндағы $K_{x,t}$ - (4.2) формулаға сәйкес есептелген шамаларды потенциялау арқылы есептелген химиялық төзімділік коэффициенті.

Қабылданған қызмет ету мерзімі кезіндегі химиялық төзімділік коэффициентін $K_{x,t}$ болжау үшін төмендегі тәуелділік қолданылады ($t \geq 30$ тәулік кезінде):

$$\lg K_{x,t} = a + b \lg t, \quad (4.2) [149]$$

бұндағы $\lg K_{x,t}$ және $\lg t$ – химиялық төзімділік коэффициенті мен қабылданған қызмет ету мерзімінің логарифмдері, a және b – нақты осы орта мен бетонның нақты түрі үшін қабылданған тұрақтылар.

(4.2) формуладағы a және b тұрақтылары эксперименттік сынақтар нәтижесінде төмендегі формулаларға сәйкес есептеледі:

$$a = \lg \bar{K}_{x,c} - b \lg \bar{t} \quad (4.3) [149]$$

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n (\lg \bar{K}_{x,c} - \lg K_{x,c_i}) (\lg \bar{t} - \lg t_i)}{\sum_{i=1}^n (\lg \bar{t} - \lg t_i)^2}$$

бұндағы $\lg \bar{K}_{x,c} = \frac{\sum_{i=1}^n \lg K_{x,c_i}}{n}$ - химиялық төзімділік коэффициенті

логарифмінің орташа мәні, $\lg \bar{t} = \frac{\sum_{i=1}^n \lg t_i}{n}$ - сынақ мерзімі логарифмінің орташа мәні, $\lg K_{x,t_i}$ және $\lg t_i$ – үлгілердің 1 сериясының сәйкесінше химиялық төзімділік коэффициенті мен сынақ мерзімі логарифмдері (ГОСТ 25881-83 5.5

пунтына сәйкес аралық мерзімдер), n – аралық мерзімдерде сыналған сериялар саны.

Техногенді қалдықтар негізіндегі ауыр бетонды Na_2SO_4 5% ерітіндісінде сынау кезінде қабылданған сынақ мерзімдеріне сәйкес төмендегі химиялық төзімділік коэффициенттерінің орташа мәндері алынды.

Кесте 4.5 - Бетонның химиялық төзімділік коэффициенті

Химиялық төзімділік коэффициенті, $K_{х.т.}$	Сынақ мерзімі t_i , тәулік			
	30	60	90	180
Дәстүрлі толтырғыштар негізіндегі бақылау үлгілері	0,77	0,69	0,63	0,52
Anskhv толтырғыштары негізіндегі үлгілер	0,96	0,91	0,86	0,82

(4.2) теңдеудегі a және b коэффициенттерін 4.5 кестедегі мәліметтерді (4.3) және (4.4) формулаға қою арқылы есептелінді. Коэффициенттерді есептеуге қажетті аралық мәліметтер 4.6 кестеде берілген.

Қажетті тәуелділік төмендегі теңдеумен беріледі:

$$\lg K_{х.т} = 0,1 - 0,108 \lg t. \quad (4.5) [149]$$

Мәселен техногенді қалдықтар негізіндегі бетонның экономикалық тиімді қызмет ету мерзімі $t = 10$ жыл және де осы 10 жылдағы (3600 тәулік) мүмкін болатын беріктіктің төмендеуі $C \geq 0,5$ болуы қажет деп алайық.

Онда дәстүрлі бетон үшін a және b мәндері төмендегідей болады:

Кесте 4.6 - Алғашқы мәліметтер

Үлгілер атауы	Сынақ мерзімі t_i , тәулік	$K_{х.т.}$
Дәстүрлі толтырғыштар негізіндегі бақылау үлгілері	180	0,52
	3600	$\geq 0,5$
Anskhv толтырғыштары негізіндегі үлгілер	180	0,82
	3600	$\geq 0,5$

Кесте 4.7 - Логарифдердің мәні

Дәстүрлі толтырғыштар негізіндегі бақылау үлгілері	$\lg 0,52$	$\lg 0,50$	$\lg 180$	$\lg 3600$
	-0,2833	-0,3010	2,2553	3,5563
Anskhv толтырғыштары негізіндегі үлгілер	$\lg 0,82$	$\lg 0,80$	$\lg 180$	$\lg 3600$
	-0,0862	-0,0969	2,2553	3,5563

Кесте 4.8 - Берілген мәндер үшін есептелген a және b мәндері

Үлгілер атауы	a	b	$\lg K_{х.т.}$	3600 тәулік үшін $K_{х.т.}$
---------------	-----	-----	----------------	-----------------------------

Дәстүрлі толтырғыштар негізіндегі бақылау үлгілері	-0,2526	-0,0136	-0,3014	0,50
Anskhv толтырғыштары негізіндегі үлгілер	-0,0677	-0,0082	-0,0968	0,80

Бетонның қабылданған қызмет ету мерзімі кезіндегі химиялық төзімділік коэффициентін есептейміз.

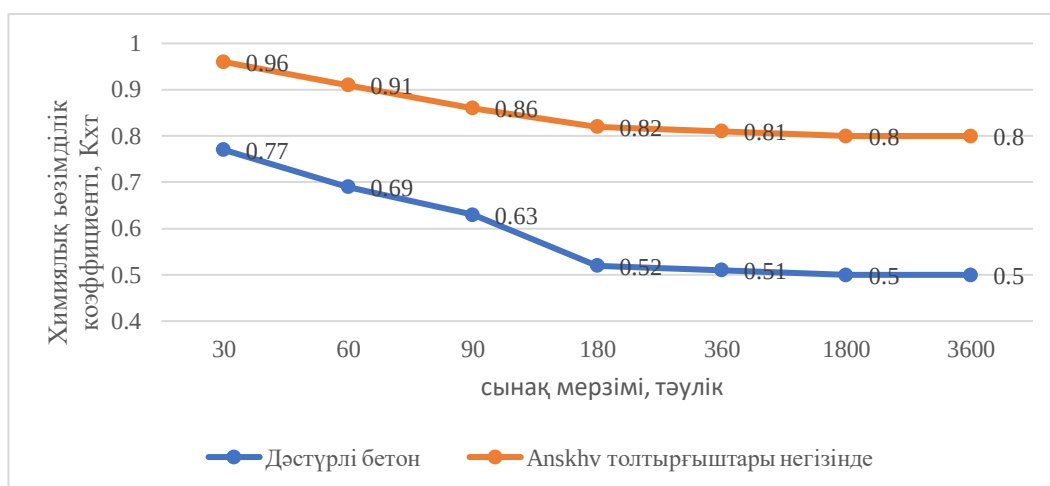
Сонда дәстүрлі бетон үшін:

$$K_{x.t} = 10^{-0.3014} \approx 0,50$$

Ал Ащысай қалдықтары негізіндегі бетон үшін:

$$K_{x.t} = 10^{-0.0968} \approx 0,80$$

Яғни бақылау үлгісі мен Ансай қалдықтары негізіндегі бетон үшін де $C \geq 0,5$ шарты орындалады, дегенмен техногенді қалдықтар негізіндегі бетондар үшін бұл көрсеткіш салыстырмалы түрде әлде қайда жоғары. Мәселен техногенді қалдықтар негізіндегі бетон үлгісінің химиялық төзімділік коэффициенті 30 тәуліктегі мерзімде бақылау үлгісімен салыстырғанда 24,6, 180 тәулікте 57,6, 3600 тәулікте 60% жоғары. Бұл жоғарыда көрсетілгендей толтырғыштардың минералдық құрамына тәуелді. Олардың құрамында алюминий тоғының үлесі жоғары болған сайын (Бадам қиыршық тасының құрамына 10-16% шамасында, ал Ансай кеноры қалдықтарында 2,12%) олардың сульфатты коррозияға төзімділігі төмендейді. Дегенмен уақыт өтуіне байланысты үлгілердің химиялық төзімділік коэффициентінің төмендеу қарқыны төмендейтіні байқалады.



4.4 Сурет – Бетон үлгілерінің химиялық төзімділік коэффициенті

Бұл құбылысты уақыт өтуіне байланысты үлгілердің құрамындағы алюминий тотығы мөлшерінің азаюымен және соған байланысты сульфаттық коррозияға төзімділігінің артуымен түсіндіруге болады.

Осылайша Ансай кенорыны баритті қалдықтарды ауыр бетондарда толтырғыш ретінде қолдану, техногенді қалдықтардың құрамында дәстүрлі толтырғыштармен салыстырғанда алюминий тотығының үлесі төмен болуы есебінен үлгілердің сульфатты коррозияға төзімділігін 64% арттыратыны анықталды. Бұл өз кезегінде ГОСТ 25881-83 «Химиялық төзімді бетондар. Сынақ әдістері» талаптарына сәйкес үлгілердің жұмыс жағдайына сәйкес экономикалық тұрғыдан тиімді қызмет ету мерзімін арттырады.

4.2 Түрлі өндіріс қалдықтары толтырғыштары негізіндегі бетонның негізгі сипаттамаларын салыстырмалы талдау

Диссертацияның 3 бөлімінде жүргізілген эксперименттік зерттеулер нәтижесінде техногенді қалдықтар негізіндегі толтырғыштардың бетонның физика-механикалық қасиеттеріне әсері талданды. Талдау бірдей жағдайларда және бірдей құрамда қалыптанған бетон үлгілерінде сәйкес стандарт талаптары негізінде жүргізілді.

Салыстырмалы талдаудың мақсаты техногенді қалдықтарды қолдану кезіндегі бетонның физика-механикалық қасиеттерінің өзгеру заңдылықтары мен оларды қолданудың тиімділігін анықтау болып табылады.

Мақсатқа қол жеткізу үшін төмендегі салыстырмалы талдаулар жүргізілді:

- түрлі техногенді қалдықтардың физикалық қасиеттері мен олардың бетонның физикалық қасиеттеріне әсерін талдау;
- түрлі техногенді қалдықтардың бетонның механикалық қасиеттеріне әсерін талдау;
- техногенді қалдықтар негізіндегі оңтайлы бетон құрамын таңдау.

Кесте 4.9 — Техногенді қалдықтар негізіндегі ауыр бетон құрамдары

Бетон құрамдары	1м ³ бетон құрамы, кг			
	Цемент	ҚТ/ТҚ	Құм/ТҚ	Су
Бақылау құрамы	432	1200	720	182
Фосфор қожы негізіндегі толтырғыштар (50%)	432	600/600	360/360	182
Қорғасын қожы негізіндегі толтырғыштар (50%)	432	600/600	360/360	182
Anskhv толтырғыштары негізінде (50%)	432	600/600	360/360	182
Achots толтырғыштары негізінде (50%)	432	600/600	360/360	182
Карботс толтырғыштары негізінде (50%)	432	600/600	360/360	182

Диссертацияның 3 бөлімінде жүргізілген эксперименттік талдаулар дәстүрлі толтырғыштардың 50%-н техногенді қалдықтар негізіндегі толтырғыштармен алмастыру физика-механикалық қасиеттері бақылау үлгісімен салыстырғанда төмен болмайтын бетон алуға мүмкіндік беретінін көрсетті. Сондықтан келесі талдаулар осындай құрамдағы бетондарда жүргізілді.

Теориялық мәліметтерге сүйенсек материалдың беріктігі оның тығыздығына тура пропорционал [144]:

$$R = R_1(p/p_1)n \quad (4.6)$$

бұндағы:

- R_1 — тығыздығы p_1 кезіндегі материалдың беріктік шегі;
- p — беріктігі R болған кездегі материалдың тығыздығы;
- n — материалдың құрылымына тәуелді дәреже көрсеткіші.

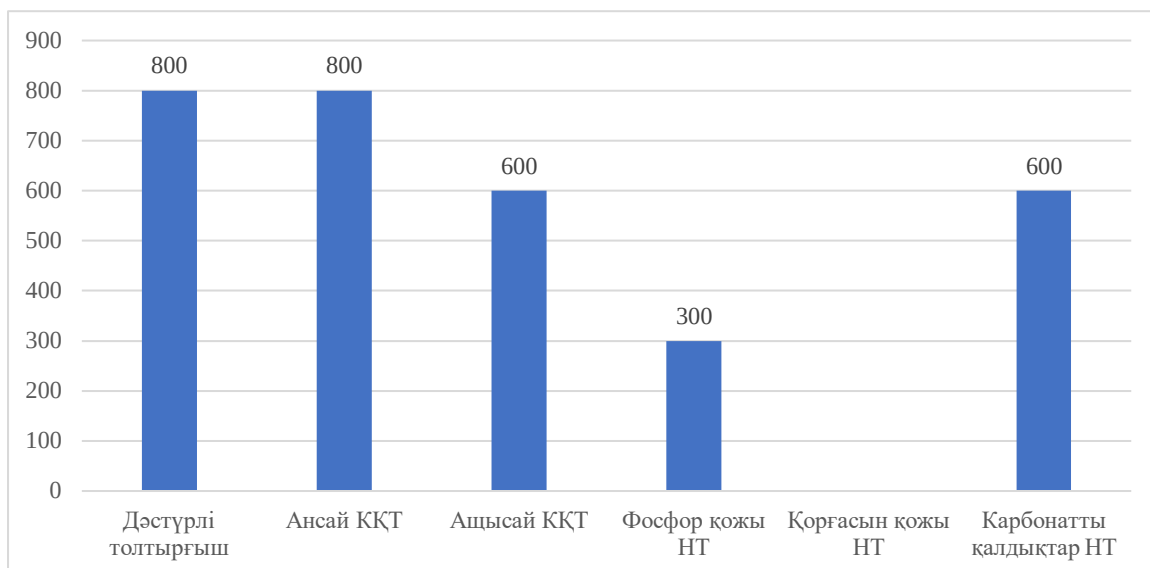
4.10 кесте — Толтырғыш беріктігінің оның тығыздығына тәуелділігі

№	Толтырғыштың орташа тығыздығы, кг/м ³	Құрылымы	Беріктігі
1	1000 төмен	Кеуекті	Төмен
2	1000-2000 аралығында	Орташа кеуекті	Орташа
3	2400 жоғары	Тығыз, кристалды	Жоғары

4.11 кесте — Өндіріс қалдықтары негізіндегі толтырғыштардың орташа тығыздығы

№	Қалдық атауы	Нағыз тығыздық, кг/м ³	Орташа тығыздық, кг/м ³
1	Шымкент фосфор зауытының қалдықтары	2120	1046
2	Шымкент қорғасын зауытының қалдықтары	3441	1650
3	Ансай кенорны қалдықтары	3300	1388
4	Ащысай кенорны қалдықтары	2500	1312
5	Састөбе кенорны қалдықтары	2220	1270

4.11 кесте мен 4.5 суреттің мәліметтерін талдау техногенді толтырғыштың тығыздығы мен оның ұсақталу маркасы арасында тәуелділік бар екенін көрсетеді. Шымкент қорғасын зауыты қалдықтарын елеу кезінде ірі толтырғыш фракциясы болмаған соң, ұсақталу маркасы анықталған жоқ. Қалған толтырғыштардың ұсақталу маркасы түйіршіктерінің орташа тығыздығына сәйкес нәтижелер көрсетті. Мәселен Ансай қалдығы қиыршық тасының орташа тығыздығы Ащысай қиыршық тасының орташа тығыздығынан 5,8%, ал сығуға беріктігі салыстырмалы түрде 33,3% жоғары.



Ординат осінде толтырғыштың сығуға беріктігі кг/см², абсцисс осінде бетон толтырғыштарының түрі

4.5 Сурет – Толтырғыштардың ұсақталу маркасы

Толтырғыштардың ұсақталу маркасы:

- минералогиялық құрамына;
- тау жынысының құрылымына;
- жыныстың кеуектілігіне т.б. да факторларға тәуелді.

Мәселен Ансай (3300 кг/м³) және Ащысай (2500 кг/м³) қалдықтарының нағыз тығыздықтарын салыстырмалы талдау, Ансай қалдықтары біршама тығыз жыныстардан құралғанын, ал отраша тығыздығындағы айырмашылық Ансай қалдықтарының кеуектілігі Ащысай қалдықтарымен салыстырғында төмен екенін көрсетеді. Сондықтан да Ансай қалдықтарының ұнтақталу бойынша маркасы әлде қайда жоғары.

Техногенді қалдықтардың ұсақталу бойынша маркасын салыстырмалы талдау Ащысай қалдықтары мен карбонатты қалдықтар негізіндегі қиыршық тасты азқабатты құрылыстар үшін бетондарда, ал Ансай кенорны қалдықтары мен қорғасын қожы толтырғыштарын көпқабатты, монолитті құрылыста қолдануға болатынын көрсетеді (ГОСТ 8267-93 талаптарына сәйкес). Ал фосфор қожы негізіндегі толтырғыштарды ауыр бетондарда қолдануға болмайды.

Эксперименттік зерттеулер бетонның орташа тығыздығының толтырғыштардың орташа тығыздығы тәуелді екенін көрсетеді.

Техногенді толтырғыштың тығыздығы мен бетон тығыздығының арасында да тәуелділік байқалады. Жалпы бұл тәуелділікті төмендегі формуламен бейнелеуге болады:

$$\rho_{\text{бетон}} = k_1 \cdot \rho_{\text{толтырғыш}} + k_2 \quad 4.7$$

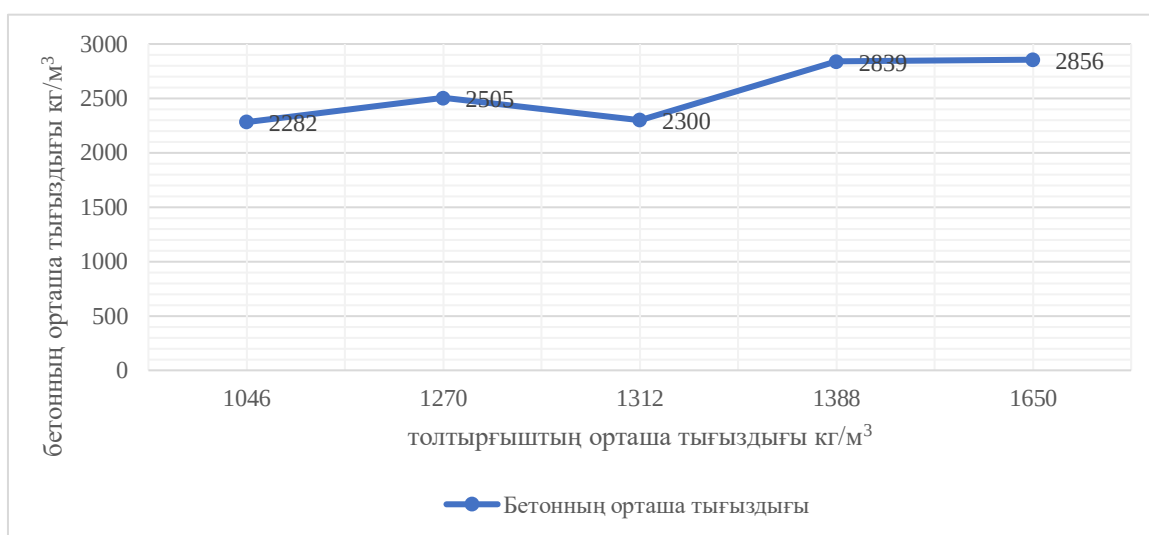
бұндағы k_1 және k_2 – цемент қамыры мен кеуектілікті есептейтін коэффициенттер.

Бұл формула бетонның тығыздығы толтырғыштың тығыздығына тәуелді екенін көрсетеді.

4.6 суреттің мәліметтерінен көрінгендей бетонның ең жоғары тығыздығы қорғасын қожы мен Ансай кенорны қалдықтары толтырғыштары негізіндегі ауыр бетондарда байқалады, Ансай кенорны қалдықтары негізіндегі бетондарда бұл көсеткіш бақылау үлгісімен салыстырғанда 15,8%, қорғасын қожы негізінде 16,6, карбонатты қалдықтар негізіндегі ауыр бетонда 2,24% артық. Ал Ащысай қалдықтары мен фосфор қожы негізіндегі бетондарда бақылау үлгісімен салыстырғанда төмен. Бұл мәліметтер бетон тығыздығының толтырғыштың тығыздығына тәуелділігін көрсетеді.

Кесте 4.12 – Толтырғыш тығыздығының бетон тығыздығына әсері

№	Қалдық атауы	Толтырғыштың орташа тығыздығы, кг/м ³	Қуыстылығы, %	Бетонның орташа тығыздығы, кг/м ³
1	Дәстүрлі толтырғыш	1500	46	2450
2	Шымкент фосфор зауытының қалдықтары	1046	51,0	2282
3	Шымкент қорғасын зауытының қалдықтары	1650	11,8	2856
4	Ансай кенорны қалдықтары	1388	58	2839
5	Ащысай кенорны қалдықтары	1312	47,5	2300
6	Састөбе кенорны қалдықтары	1270	42,5	2505



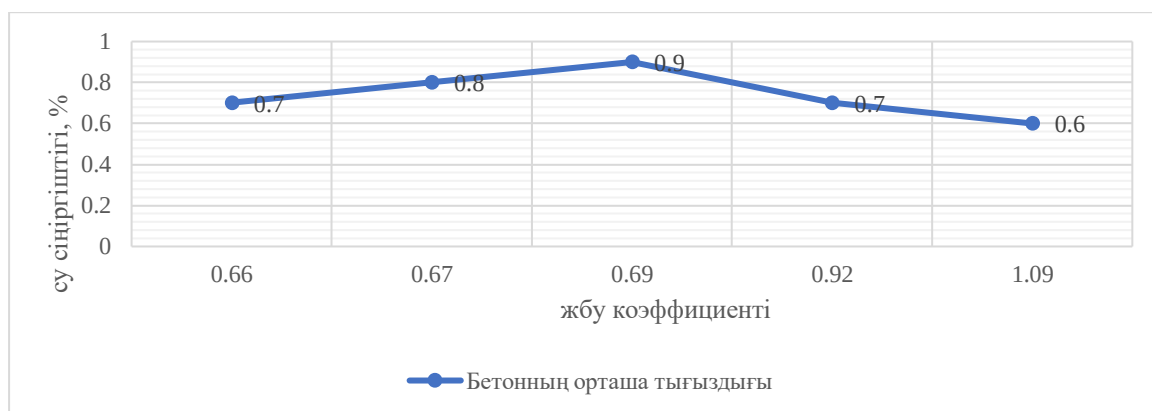
4.6 Сурет – Толтырғыш тығыздығының бетон тығыздығына әсері

Бетонның маңызды физикалық қасиеттерінің бірі оның сусіңіргіштігі мен аязға төзімділігі.

Бетонның сусіңіргіштігі мен тығыздығының арасында кері тәуелділік бар, бетон тығыз болған сайын оның кеуектілігі, соның ішінде ашық кеуектілігі төмендейді, соған сәйкес бетонның сусіңіргіштігі де төмен болады. Сонымен бірге бетон тығыздығының артуы капиллярлық соруды да төмендетеді, бұл бетонның суға төзімділігін арттырады. 4.13 кестеде үлгілердің сусіңіргішті мен жібу коэффициенттері мәндері көрсетілген.

Кесте 4.13 – Түрлі толтырғыштар негізіндегі бетонның физикалық қасиеттері

Бетон түрі	Бетон тығыздығы, кг\м ³	Сусіңіргіштігі, W%	Жібу коэффициенті, $k_{ж} = \frac{R_{ыл}}{R_{кұр}}$
Бақылау үлгісі	2450	0,67	0,8
50% Ансай КҚТ	2846	0,69	0,9
50% Ашысай КҚТ	2486	0,92	0,7
50% Фосфор қожы НТ	2282	1,09	0,6
50% Карбонатты қалдықта НТ	2505	0,66	0,7



Сурет 4.7 – Техногенді толтырғыштар негізіндегі бетонның сусіңіргіштігі

Сусіңіргіштік бетонның тағы дағы да бір маңызды қасиеттерінің бірі жібу коэффициентін анықтайды. Жібу коэффициенті бетонның судың әсеріне төзімділігін сипаттайтын маңызды қасиеттерінің бірі. 4.7 суреттің мәліметтерінен ең жоғары жібу коэффициенті Ансай толтырғыштары негізіндегі бетон үлгілерінде болатынын көрсетті, бұл үлгілердің жібу коэффициенті бақылау үлгілерімен салыстырғанда 12,5% жоғары, қалған үлгілердің жібу коэффициенттері бақылау үлгілерімен салыстырғанда төмен. Жалпы алғанда бетонның сусіңіргіштігі артқан сайын оның жібу коэффициенттері төмендейтіні белгілі, бірақ та жібу коэффициенті тек қана сусіңіргіштікке ғана тәуелді болып қалмастан, ол кеуектердің түріне, толтырғыштың беріктігіне, толтырғыштың цемент қамырымен ұстасуына да тәуелді. Бұл жағдайда Ансай толтырғыштарының сығуға беріктігі дәстүрлі толтырғыштармен бірдей (4.5 сурет), сондықтан бұл үлгілердегі жібу

коэффициентінің жоғары болуы ол толтырғыштармен цемент қамырының арасында мықты байланыс болатынын, соның есебінен үлгілердің судың әсеріне төзімділігі артатынын көрсетеді.

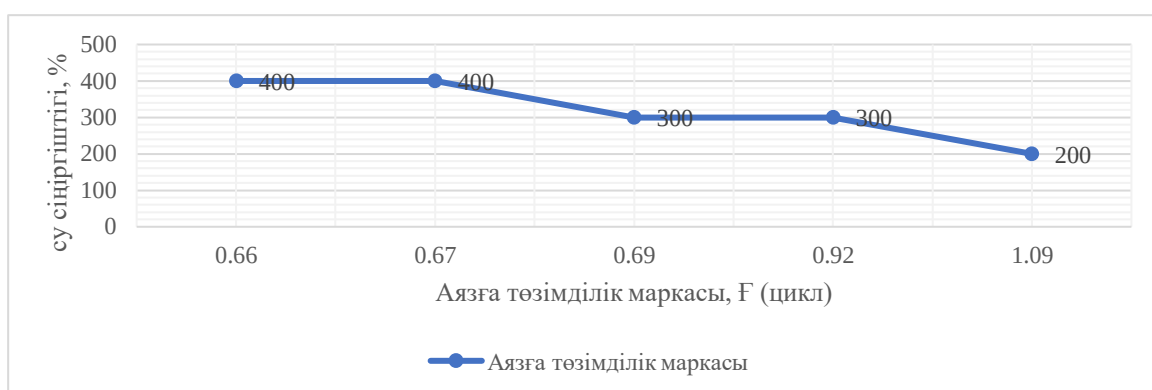
Ал қалған техногенді толтырғыштар негізіндегі бетон үлгілерінің жібу коэффициенті бақылау үлгілерімен салыстырғанда төмен, оның себебі қалған үлгілердің тығыздығы бақылау үлгісінен төмен болуы есебінен, соған сәйкес сусіңіргіштігі жоғары және де толтырғыштардың сығуға беріктігі де дәстүрлі толтырғыштармен салыстырғанда төмен болады.

Бетонның сусіңіргіштігі оның маңызды қасиеттерінің бірі аязға төзімділігіне тікелей әсер етеді. Үлгілердің аязға төзімділігін салыстырмалы талдау карбонатты қалдықтар негізіндегі үлгілерден басқа барлық үлгілердің аязға төзімділігі бақылау үлгілерімен салыстырғанда төмен болатынын көрсетті.

Кесте 4.14 – Техногенді толтырғыштар негізіндегі бетон үлгілерінің аязға төзімділігі

Бетон түрі	Сусіңіргіштігі, W%	Аязға төзімділігі, F (цикл)
Бақылау үлгісі	0,67	F 400
50% Ансай КҚТ	0,69	F 300
50% Ашысай КҚТ	0,92	F 300
50% Фосфор қожы НТ	1,09	F 200
50% Карбонатты қалдықта НТ	0,66	F 400

Бетонның аязға төзімділігі оның кеуекті құрылымы мен суға қанығуымен анықталады. Алынған мәліметтер жалпы теориялық заңдылықтарға қайшы келмейді, себебі тек қана карбонатты қалдықтар негізіндегі үлгілердің сусіңіргіштігі ғана бақылау үлгілерінен төмен, қалған үлгілердің сусіңіргіштігі салыстырмалы түрде жоғары.



4.8 Сурет – Техногенді толтырғыштар негізіндегі бетонның аязға төзімділігі

Дегенмен барлық техногенді толтырғыштар ГОСТ талаптарына сәйкес маркадағы бетон алуға мүмкіндік береді.

Бетонның негізгі механикалық қасиеттерінің бірі оның сыртқы механикалық әсерге қарсы тұруы, яғни беріктігі.

Ғылыми әдебиеттерді [144 -146] талдау бетонның бұзылуы үш түрлі жолмен жүруі мүмкін екендігін көрсетеді:

- цемент тасы арқылы;
- «цемент тас-толтырғыш» жанасу аймағында;
- толтырғыш арқылы.

Егер толтырғыштың беріктігі цемент тасы беріктігінен төмен болса, онда бұзылу толтырғыш арқылы жүреді немесе керісінше, ал толтырғыш пен цемент тасының беріктігі бір-біріне жақын болса, онда бұзылу «цемент тасы-толтырғыш» жанасу аймағында жүреді. Бірақ та толтырғыш беріктігінің артуы, бетонның беріктігін пропорционалды түрде арттырмайды. Мәселен гранитті толтырғыштардың беріктігі әктасты толтырғыштардан 2 есе артық болғанымен, гранитті бетонның беріктігі әктасты бетон беріктігінен 2 есе артық болмайды. Бетон беріктігінің толтырғыш беріктігіне тәуелділігі толтырғыштың беріктігі цемент тасы беріктігінен төмен болған жағдайда ғана маңызды.

Диссертациялық жұмыстың 3.6 бөлімінде және [125] еңбекте баяндалғандай, жоғары сапалы бетон беріктігінің шамамен 40%-ы цемент қамырының қиыршық таспен адгезиялық байланысы есебінен, ал 20%-ы - қиыршық тас бетінің микрорельефінен туындаған механикалық адгезия есебінен қалыптасады, сапасы төмен бетондар үшін жалпы беріктіктің жартысынан көбі адгезия есебінен қамтамасыз етіледі. Толтырғыштар беті кедір-бұдырлығының артуымен В15-В25 класты бетондардың беріктігі 30%-ға дейін, ал жоғары кластағы бетондар үшін 50%-ға дейін артады.

Зерттеулер барысында біз түрлі техногенді толтырғыштар негізіндегі бетонның қатаю кинетикасын зерттедік.

Кесте 4.15 – Техногенді толтырғыштар негізіндегі бетонның қатаю кинетикасы

	Бетон құрамы	Бетонның сығуға беріктігі, МПа		
		7 тәулік	14 тәулік	28 тәулік
1	Бақылау үлгісі	33,7	51,4	51,7
2	50% Ансай КҚТ	28	40,4	51,8
3	50% Ащысай КҚТ	34,2	52,7	58,24
4	50% Фосфор қожы НТ	33,42	40,1	41,2
5	50% Карбонатты қалдықтар НТ	33,6	42,8	44,8
6	50% Қорғасын қожы НТ	36,1	39,3	58,6

Зерттеу нәтижелері қорғасын қожы мен Ащысай қалдықтары негізіндегі үлгілердің беріктік жинау кинетикасы біршама жоғары болатынын көрсетті, атап айтқанда 7 тәуліктік мерзімде бұл үлгілердің беріктігі бақылау үлгілерімен салыстырғанда 7,1% және 1,5%-ға жоғары, қалған үлгілерде бұл көрсеткіш бақылау үлгісімен салыстырғанда төмен. Бұны қорғасын қожының минералогиялық құрамымен түсіндіруге болады, себебі қорғасын қожының құрамында аморфты кремнеземнің SiO_2 үлесі – 21,39; Al_2O_3 – 5,31 және Fe_2O_3

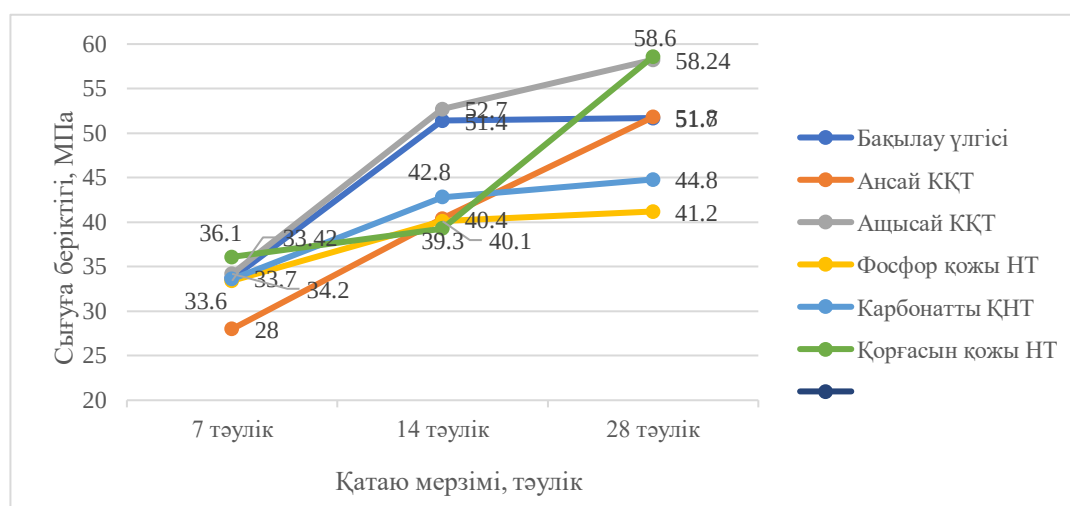
– 32,65% (3.1 сурет) шамасында болады. Аталған оксидтер бос күйіндегі $\text{Ca}(\text{OH})_2$ кальций гидроксидімен әрекеттесіп, бетонның ерте беріктік жинауына ықпал етеді. Сал сияқты Ащысай қалдықтарында да SiO_2 үлесі – 18,84; Al_2O_3 – 4,82 және Fe_2O_3 – 34,13% құрайды. Қалған үлгілердің беріктік жинау жылдамдығы бақылау үлгісімен қатарлас.

14 тәулік мерзімде бақылау үлгісі мен Ащысай қалдықтары негізіндегі бетон үлгілері маркалық беріктігін жинаған.

28 тәуліктегі бетон беріктігін салыстырмалы талдау қорғасын қожы мен Ащысай қалдықтары негізіндегі үлгілердің беріктігі бақылау үлгісімен салыстырғанда сәйкесінше 13,3 және 12,6% жоғары болатынын көрсетті. Бұл жоғарыда атап өткендей олардың минералогиялық құрамына байланысты.

Сонымен бірге цемент тасының қорғасын қожына адгезия беріктігі толтырғыш түйіршіктері бетінің кедір-бұдырлығы жоғары болуы есебінен артады. Сонымен қатар, портландцемент клинкері қорғасын қожындағы ауыр металдармен физика-химиялық әрекеттесіп, суда ерімейтін қосылыстар түзіп, оларды гидратация өнімдерінің «капсуласында» ұстап қалады (3.15 сурет). Сонымен бірге толтырғыш құрамындағы кремний оксиді кальций гидроксидімен әрекеттесіп ($\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{SiO}_2 + m\text{H}_2\text{O} = \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$), төменгі негізді кальций гидросиликаттарын, гидроалюминаттар мен гидрофериттер түзіп, бетон беріктігінің артуына ықпал етеді.

Ал Ащысай қалдықтар да негізіндегі бетондарда да кремний оксиді (18,84%) кальций гидроксидімен әрекеттесіп ($\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{SiO}_2 + m\text{H}_2\text{O} = \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$), төменгі негізді кальций гидросиликаттарын, сонымен бірге цемент қамыры карбонатты толтырғыштармен әрекеттесіп, CaCO_3 - $\text{Ca}(\text{OH})_2$ - H_2O жүйесіне жататын әртүрлі құрамдағы кальций карбонатын түзеді. Бұл жаңатүзілімдер бетонның соңғы беріктігінің артуына ықпал етеді.



4.9 Сурет – Техногенді толтырғыштар негізіндегі бетонның қатаю динамикасы

Ансай қалдықтары негізіндегі толтырғыштарда қорғасын қожы мен Ащысай қалдықтары негізіндегі толтырғыштармен салыстырғанда алюминий

оксиді мен темір оксидтерінің үлесі төмен (SiO_2 үлесі – 20,02; Al_2O_3 – 2,12 және Fe_2O_3 – 1,72% құрайды), бұл өз кезегінде жаңатүзілімдердің құрамындағы гидроалюминаттар мен гидрофериттердің үлесін төмендетеді. Дегенмен Ансай қалдықтары негізіндегі бетонның беріктігі бақылау үлгісінен төмен болмайды.

Қалған үлгілердің соңғы беріктігі бақылау үлгісінен төмен.

Техногенді толтырғыштар негізіндегі бетон үлгілерінің физика-механикалық қасиеттері 4.16 кестеде көрсетілген

Кесте 4.16 – Техногенді толтырғыштар негізіндегі бетон үлгілерінің физика-механикалық қасиеттері

№	Бетон құрамы	Бетонның физика-механикалық қасиеттері					
		Бетонның орташа тығыздығы, кг/м^3	Сусіңіргіштігі, %	Аязға төзімділігі, F (цикл)	Сығуға беріктігі, МПа	Иуге беріктігі, МПа	Химиялық төзімділік коэффициенті, $K_{\text{хт}}$
1	Бақылау үлгісі	2450	0,67	F 400	51,7	6,16	0,52
2	Ансай КҚТ	2839	0,69	F 300	51,8	6,14	0,82
3	Ашысай КҚТ	2300	0,92	F 300	58,24	7,1	0,63
4	Фосфор қожы НТ	2282	1,09	F 200	41,2	-	-
5	Карбонатты қалдықтар НТ	2505	0,66	F 400	44,8	-	-
6	Қорғасын қожы НТ	2856	0,65	-	58,6	7,6	0,76

Техногенді қалдықтар негізіндегі бетон үлгілерінің физика-механикалық салыстырмалы талдау ауыр бетондар технологиясында дәстүрлі толтырғыштардың 50% Ансай (Anskhv) қалдықтары негізіндегі толтырғыштармен ауыстыру жоғары тиімділік беретінін көрсетеді. Бұндай құрамды қолдану физика-механикалық қасиеттері бойынша дәстүрлі толтырғыштар негізіндегі бетон үлгілерінен кем түспейтін, сонымен бірге химиялық төзімділігі жоғары бетон алуға мүмкіндік береді.

4.3 Ансай техногенді толтырғыштары негізіндегі бетон құрамын оңтайландыру

Бетон өндірісінде бетон араласпасының қасиеттері мен бетонның физикалық-механикалық сипаттамаларын жақсарту мақсатында әртүрлі химиялық қоспалар қолданылады. Бетонның бастапқы қатаю кезеңінде беріктіктің дамуына жеке немесе кешенді химиялық қоспалардың қасиеттері әсер етеді. Бетонның сапасын жақсартудың бірнеше жолдары бар, солардың ең негізгісі бетонның капиллярлы-кеуекті құрылымын өзгертетін химиялық қоспаларды пайдалану, осылайша оның сапалық қасиеттерін жақсарту болып табылады.

Бұл өзекті мәселеге арналған ғылыми деректердің саны айтарлықтай көп. Олардың барлығы бетон мен темірбетон бұйымдарының нақты

сипаттамаларын және олардың ортаның агрессивтілік дәрежесіне төзімділігін егжей-тегжейлі сипаттайды.

Бетонның құрылымы гидратация және қатаятын процестер кезінде цемент қамырында жүретін көлемдік өзгерістердің әсерінен едәуір өзгереді. Бетондағы цемент қамыры толтырғыштар арасында таралып, бетонның жалпы көлемінің елеусіз бөлігін құрайтындықтан, қатты толтырғыштардан тұратын қаңқа цемент қамырындағы деформациялардың еркін ағуын тежейді. Цемент мөлшері азайған сайын бетонның жиырылу деформацияларының амплитудасы да азаяды.

Бетонды модификациялаушы қоспаларды қолдану мәселесі көпқырлы. Қазіргі уақытта әлемдік тәжірибеде цемент пен бетон араласпаларына арналған біртұтас жіктеу жүйесі жоқ. Әртүрлі елдер өздерінің жіктемелерін әзірлеген. Бұл жіктемелер авторлардың бетон немесе ерітінділерге арналған қоспаларды олардың қолданылу мақсатына сәйкес дұрыс таңдауды жеңілдетуге деген ұмтылысына негізделген. Елімізде ГОСТ 24211-2008 мемлекеттік стандартына сәйкес бетон мен ерітінділердің қасиеттерін өзгертуге арналған ең жақсы зерттелген және кеңінен қолданылатын қоспалар негізгі әсеріне байланысты үш топқа бөлінеді:

Бірінші топқа дайын бетон мен ерітіндінің қасиеттерін реттейтін қоспалар жатады. Бұл тұрақтандыратын және реттейтін қоспаларға пластификаторлар, суды азайтатын қоспалар және бетонның жұмыс істеу қабілетін жақсартатын қоспалар (ауа жинақтаушы, көбік түзетін және газ түзетін қоспалар) жатады.

Екінші топқа бетон мен құрылыс ерітінділерінің қасиеттерін өзгертетін қоспалар кіреді: қатаю кинетикасын реттейтін (жылдамдатқыштар, баяулатқыштар), беріктікті арттыратын, өткізгіштікті төмендететін, болат арматураға қатысты қорғаныш қасиеттерін жақсартатын, аязға төзімділікті арттыратын, коррозияға төзімділікті арттыратын (сульфатқа төзімділікті арттыру, цемент пен қоспалардағы сілтілер мен толтырғыштардағы кремний қос тотығы реакциясынан туындайтын коррозияға төзімділікті арттыру), сондай-ақ шөгу мен ұлғаю процестерін реттейтін қоспалар.

Үшінші топқа бетон мен құрылыс ерітінділеріне арнайы қасиеттер беретін қоспалар кіреді: аязға қарсы, су өткізбейтін, биологиялық залалсыздандыратын т.б.. Кез келген химиялық қоспаны, соның ішінде жаңа қоспаларды да нақты бір топқа бөлу ГОСТ 30459-2008 стандартында көрсетілген әдістерге сәйкес тиімділік критерийлері бойынша анықталады.

Біз зерттеулерде шикізаттық материалдар ретінде «Standartcement» жауапкершілігі шектеулі серіктестігінен Цем II/A-III 32,5Н маркалы портландцемент, «Бадам» жауапкершілігі шектеулі серіктестігінің қиыршық тастары мен құмдары, Кентаудағы Ансай кен орнының (Anskhv) қалдықтары негізіндегі қиыршық тас пен құм пайдаланылды.

Бетон араласпасының құрамын оңтайландыру мақсатында суперпластификаторды пайдаландық. Әр үлгіден 1, 3, 7, 14 және 28 күнде сығуға беріктігін анықтау үшін әрқайсысы алты данадан тұратын төрт сынама жиынтығы дайындалды. Сынамалардың өлшемдері 100×100×100 мм болды.

Сынамалар стандартты жағдайларда: температура +17°C және бетіндегі салыстырмалы ылғалдылығы 97% болған жағдайда қатайтылды.

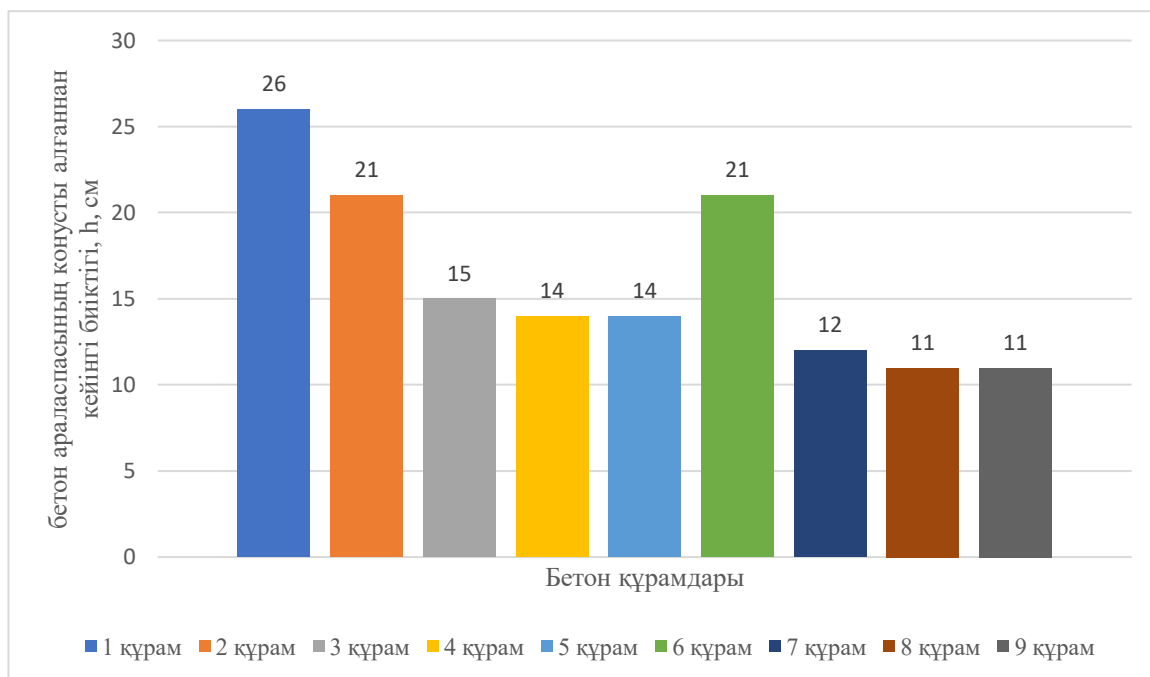
Модификациялаушы қоспа ретінде поликарбоксилатты суперпластификаторлар JP-700HQ (Оңтүстік Корея) және Sunbo PC2021 (Қытай) қоспалары қолданылды. Поликарбоксилатты химиялық қоспалар бүйірлік тізбектерінің арқасында стерикалық (қоспа молекуласының кеңістік құрылымының оның қасиеттеріне әсері) өзара әрекеттесу арқылы коллоидтық суспензияны тұрақтандырады. Олар цемент бөлшектеріне адсорбцияланып қана қоймай, сонымен бірге ірі толтырғыштарды қаптап, оларды ұсақ бөлшектерге бөліп, біркелкі таралуына көмектеседі. Бұл су-цемент қатынасын айтарлықтай төмендетіп, бетон араласпасының жоғары жұмыс істеу қабілетін сақтауға мүмкіндік береді.

Техникалық сипаттамаларына сәйкес аталған химиялық қоспалардың оңтайлы мөлшерлемелері 0,6 -1,2% құрайды, осы мөлшердегі қоспаның бетон араласпасы мен бетонның негізгі сипаттамаларына әсері зерттелді. Модификациялаушы қоспалар бетон араласпасына қатаю суымен, яғни қатаю суын 3 бөлікке бөліп, 2/3 бөлігін біркелкі араластырылған құрғақ компоненттер араласпасына құйып, 2-3 минут жақсылап араластырып, судың қалған 1/3 бөлігіне қоспаны қосып, жақсылап араластырып, бетон араласпасына қосылды және біртекті масса түзілгенше араластырады. Қоспалардың бетон араласпасының және бетонның физика-механикалық қасиеттеріне әсері зерттелді.

Кесте 4.17 - Суперпластификаторлармен модификацияланған бетон араласпасының жылжымалылығы

№	1м ³ бетон құрамы, кг			Химиялық қоспа		С/Ц	Конустық шөгуі, см
	Цемент	ҚТ/ТҚ	Құм/ТҚ	JP-700HQ, %	Sunbo PC2021, %		
1	432	600/600	360/360	-	-	0,42	6
2	432	600/600	360/360	0,6	-	0,42	9
3	432	600/600	360/360	0,8	-	0,42	15
4	432	600/600	360/360	1,0	-	0,42	16
5	432	600/600	360/360	1,2	-	0,42	16
6	432	600/600	360/360	-	0,6	0,42	9
7	432	600/600	360/360	-	0,8	0,42	18
8	432	600/600	360/360	-	1,0	0,42	19
9	432	600/600	360/360	-	1,2	0,42	19

Ең алдымен суперпластификатордың бетон араласпасының жылжымалылығына әсері зерттелді. 4.17 кестенің мәліметтеріне сәйкес қоспасыз бетон араласпасындағы С/Ц қатынасы 0,42 тең болған. Эксперименттік зерттеулер қолданылған қоспа бетон араласпасының жылжымалылығын бірнеше есе арттыратынын көрсетті.



4.10 Сурет – Модификациялаушы қоспалардың бетон араласпасының жылжымалылығына әсері

С/Ц қатынасы тұрақты болған жағдайда JP-700HQ суперпластификаторының мөлшерін арттыру бетон араласпасының жылжымалылығын (КШ) бақылау үлгісімен салыстырғанда 1,5-тен 2,66-есеге дейін жоғарылататыны анықталды. Дегенмен қоспа мөлшерін 0,8% әрі қарай арттыру жылжымалылықтың сәйкесінше жоғарлауына мүмкіндік бермейді.

Ал Sunbo PC2021 қоспасының пластификациялаушы эффекті JP-700HQ қоспасымен салыстырғанда жоғары екендігі анықталды, бұл қоспа бетон араласпасының жылжымалылығын (КШ) 3,16-есеге дейін арттырады, дегенмен бұл жағдайда да қоспа мөлшерін 0,8% әрі қарай арттыру кезінде жылжымалылықтың өзгеруі бәсеңдейді.

Әрі қарай жылжымалылығы бірдей бетон араласпасын алу кезіндегі қоспалардың С/Ц қатынасына әсері бағаланды. Ол үшін бетон араласпасының жылжымалылығын бақылау үлгісінің жылжымалылық деңгейіне дейін төмендетіп, үнемделген судың мөлшері және С/Ц қатынасы анықталды.

Зерттеулер пластификациялаушы қоспалардың жылжымалылығы бірдей бетон араласпасын алу кезінде С/Ц қатынасын төмендетуге мүмкіндік беретінін көрсетті, JP-700HQ қоспасы 0,42-ден – 0,39-дейін, ал Sunbo PC2021 қоспасы 0,38-дейін төмендетеді.

Қоспалардың бұл эффекті олардың көмірсутек тізбегіндегі (-COO-) карбоксил тобы арқылы цемент дәндеріне адсорбцияланып, бүйір тізбектердің сырқа қарай бағытталуы арқылы жүреді.

Кесте 4.18 – Жылжымалылығы бірдей бетон араласпасын алу кезіндегі модификациялаушы қоспалардың С/Ц қатынасына әсері

№	1м ³ бетон құрамы, кг			Химиялық қоспа		С/Ц	Конустық шөгуі, см
	Цемент	ҚТ/ТҚ	Құм/ТҚ	JP-700HQ, %	Sunbo PC2021, %		
1	432	600/600	360/360	-	-	0,42	6
2	432	600/600	360/360	0,6	-	0,41	8
3	432	600/600	360/360	0,8	-	0,39	6
4	432	600/600	360/360	1,0	-	0,39	7
5	432	600/600	360/360	1,2	-	0,39	7
6	432	600/600	360/360	-	0,6	0,40	7
7	432	600/600	360/360	-	0,8	0,38	6
8	432	600/600	360/360	-	1,0	0,38	7
9	432	600/600	360/360	-	1,2	0,38	7

Соның нәтижесінде карбокил топтары цемент бөлшектерін ішінара теріс зарядтап, олардың бір-бірінен алшақтауына ықпал етеді. Бүйірлік полиэфирлі топтар бөлшектердің айналасында қалың қабықша түзіп, олардың қайта коагуляциялануына және флокулалар түзуіне кедергі жасайды. Қоспасыз жағдайда судың белгілі бір цемент флокулаларының ішінде орналасып, араласпаның жылжымалылығын қамтамасыз етуге қатыспайды, ал поликарбоксилатты қоспалар флокулаларды бұзып, судың бос күйінде бөлініп шығуына мүмкіндік береді.

Келесі кезекте жылжымалылығы бірдей бетон араласпалары негізінде бетон үлгілері әзірленіп, қоспалардың бетонның физика-механикалық қасиеттеріне әсері зерттелді.

Кесте 4.19 – Модификациялаушы қоспа негізіндегі бетон үлгілерінің тығыздығы

№	1м ³ бетон құрамы, кг			Химиялық қоспа		Бетонның орташа тығыздығы, кг/м ³
	Цемент	ҚТ/ТҚ	Құм/ТҚ	JP-700HQ, %	Sunbo PC2021, %	
1	432	600/600	360/360	-	-	2839
2	432	600/600	360/360	0,6	-	2863
3	432	600/600	360/360	0,8	-	2919
4	432	600/600	360/360	1,0	-	2916
5	432	600/600	360/360	1,2	-	2913
6	432	600/600	360/360	-	0,6	2866
7	432	600/600	360/360	-	0,8	2913
8	432	600/600	360/360	-	1,0	2899
9	432	600/600	360/360	-	1,2	2896

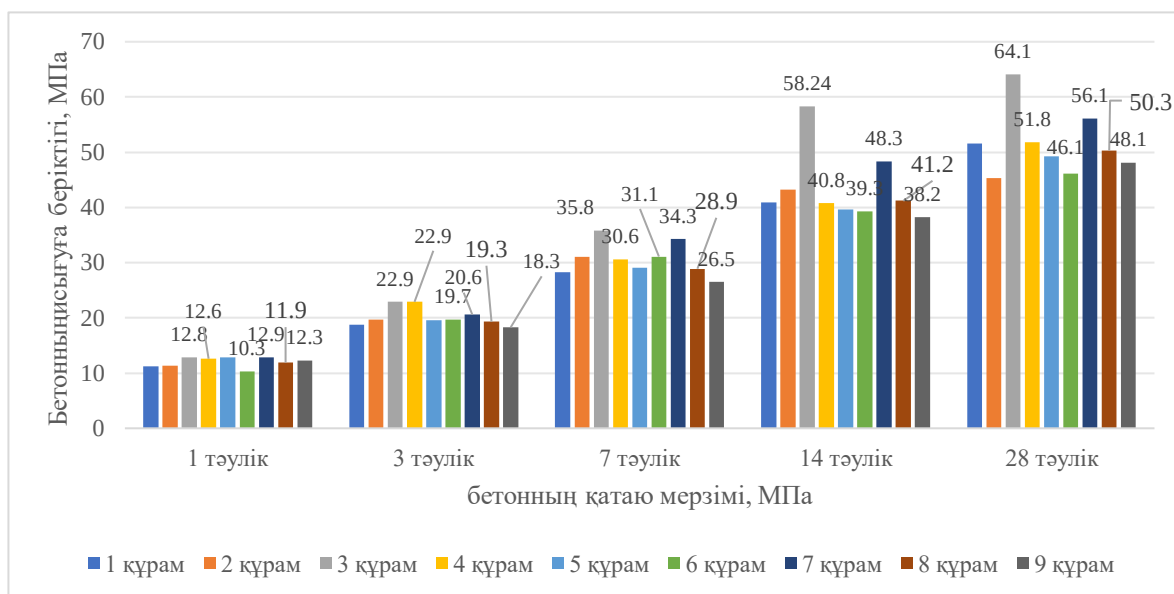
Зерттеулер қоспалардың мөлшерін 0,8% дейін арттыру бетонның орташа тығыздығының жоғарылауына оңтайлы әсер ететінін көрсетті (жылжымалылығы бірдей бетон араласпасын алу кезінде), атап айтқанда JP-700HQ қоспасымен ол бақылау үлгісімен салыстырғанда 2,8%, ал Sunbo PC2021 қоспасымен 2,6% артады, қоспалардың мөлшерін одан әрі арттыру

бетон тығыздығына елеулі әсер етпейді. Бұл жоғарыда атап өтілгендей поликарбонатты химиялық қоспалардың цемент бөлшектеріне адсорбцияланып қана қоймай, сонымен бірге ірі толтырғыштарды қаптап, оларды ұсақ бөлшектерге бөліп, біркелкі таралуына көмектесетінін, соның есебінен бетон компоненттерінің тығыздалуы қамтамасыз етіліп, бетонның тығыз құрылымының қалыптасуына ықпал ететінін көрсетеді.

Модификациялаушы қоспалардың бетонның беріктік жинау кинетикасына әсерін зерттеу мақсатында 100×100×100 мм үлгілер әзірленіп, үлгілер жоғарыда көрсетілген стандартты жағдайларда кептіріліп, 1, 3, 7, 14, және 28 тәулік мерзімдегі сығуға беріктіктері анықталды. Алынған мәліметтер бетон үлгілерінің беріктік жинау сипаты мен түрлі кезеңдердегі беріктіктің өзгеру қарқындылығын анықтауға мүмкіндік берді. Сынақ нәтижелері 4.20 кестеде көрсетілген

Кесте 4.20 – Модификациялаушы қоспалардың бетонның беріктік жинау кинетикасына әсері

№	1м ³ бетон құрамы, кг			Бетонның сығуға беріктігі, МПа				
	Цемент	ҚТ/ТҚ	Құм/ТҚ	1 тәулік	3 тәулік	7 тәулік	14 тәулік	28 тәулік
1	432	600/600	360/360	11,2	18,7	28,3	40,9	51,6
2	432	600/600	360/360	11,3	19,7	31,1	43,2	45,3
3	432	600/600	360/360	12,8	22,9	35,8	58,24	64,1
4	432	600/600	360/360	12,6	20,1	30,6	40,8	51,8
5	432	600/600	360/360	12,8	19,6	29,1	39,6	49,3
6	432	600/600	360/360	10,3	19,7	31,1	39,3	46,1
7	432	600/600	360/360	12,9	20,6	34,3	48,3	56,1
8	432	600/600	360/360	11,9	19,3	28,9	41,2	50,3
9	432	600/600	360/360	12,3	18,3	26,5	38,2	48,1



4.11 Сурет – Модификациялаушы қоспалардың бетонның беріктік жинау кинетикасына әсері

Эксперименттік зерттеу нәтижелері модификациялаушы қоспалар бетонның бастақы тәуліктердегі беріктік жина кинетикасын аздап жылдамдататынын көрсетті. Мәселен 1 тәулік мерзімде үлгілердің бастақы беріктігі JP-700HQ қоспасының мөлшері 0,6% болған кезде бақылау үлгісімен салыстырғанда 0,9%, ал 0,8% мөлшерінде 14,3% жоғары болады, ал қоспа мөлшерін одан әрі арттыру беріктік жинау кинетикасына елеулі әсер етпейді. Жалпы алғанда поликарбоксилатты қоспалар цемент пен судың біркелкі таралуын қамтамасыз ету арқылы, бетонның бастапқы беріктік жинауына оңтайлы әсер етеді. Сонымен бірге поликарбоксилатты қоспалар цемент бөлшектерінің бетіне адсорбциялану арқылы олардың іріленуіне кедергі болады, және де цемент бөлшектерінің дисперстілігін қамтамасыз ету арқылы цемент пен судың жанасу ауданын арттырады, бұл өз кезегінде гидратация процесінің біршама қарқынды жүруін қамтасаыз етеді. Бұл эффект 3 тәуліктік мерзімде айқын байқалады, мәселен JP-700HQ қоспасының мөлшері 0,6% болған кездегі үлгі беріктігі, бақылау үлгісімен салыстырғанда 5,3%, ал 0,8% мөлшерлемеді 22,4%, 1,0% кезінде 7,5 және 1,2 болған кезде 4,8% жоғары. Көрініп тұрғандай беріктік жинау кинетикасына ең оңтайлы әсер ететін қоспа мөлшері 0,8% құрайды.

Егер 3 тәулік мерзімдегі үлгілердің беріктік қосу жылдамдығын салыстырсақ, бақылау үлгісінде ол 66,9%, ал JP-700HQ қоспасымен ол сәйкесінше: 74,3; 78,9; 59,5 және 55,5% құрайды. Бұл жағдайда да ең жоғары өсім 0,8% қоспасы бар үлгілерде байқалады, бұл жағдайдағы бетонның беріктік қосу жылдамдығы, бақылау үлгісімен салыстырғанда 17,9% жоғары.

Ал Sunbo PC2021 қоспасының мөлшері 0,6% болған кездегі 1 тәулік мерзімдегі беріктігі бақылау үлгісімен салыстырғанда 9% төмен, ал 0,8% мөлшерінде 15,1% жоғары, ал 3 тәуліктік мерзімде сәйкесінше 5,4%; 10,1%; 3,2 жоғары, ал 1,2% мөлшерлемеді 2,2% төмендеп кетеді. Бұл жағдайда да бетонның беріктік жинау кинетикасына ең оңтайлы әсер ететін қоспа мөлшері 0,8% құрайды.

Sunbo PC2021 қоспасымен 3 тәулік мерзімдегі үлгілердің беріктіктің қосу жылдамдығын салыстыру, олардың сәйкесінше: 91,2; 59,6; 62,2 және 48,7% болатынын көрсетті. Бұл жағдайда да ең жоғары өсім 0,8% қоспасы бар үлгілерде байқалады, ол бақылау үлгісімен салыстырғанда 36,3% жоғары.

Салыстырмалы талдаулар екі қоспа да бетонның бастапқы кездегі беріктік жинау кинетикасына оңтайлы әсер ететінін көрсетті және де екі қоспаның да 0,8% мөлшері, басқа құрамдармен салыстырғанда жақсы нәтижелер берді.

Бетонның 28 тәуліктегі беріктік көрсеткіштерін салыстыру ең жоғары сығуға беріктік 0,8% мөлшердегі JP-700HQ қоспасы бар үлгілерде болатынын көрсетті, ол үлгілердің беріктігі бақылау үлгісімен салыстырғанда 24,2%, ал 0,8% мөлшердегі Sunbo PC2021 қоспасымен 8,7% жоғары болатыны анықталды.

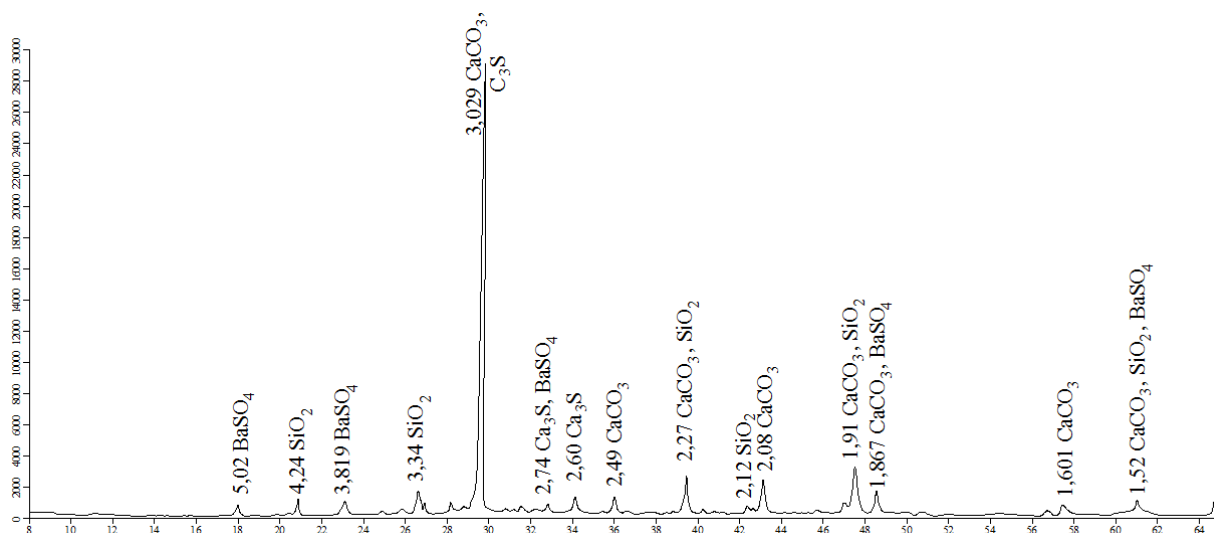
Қоспалы үлгілер беріктігінің жоғары болуы, біріншіден, қоспалардың әсерінен бетонның тығыздалуы (мысалы: 0,8% мөлшердегі JP-700HQ қоспасы бар бетонның тығыздығы бақылау үлгісімен салыстарғанда 2,8%, ал Sunbo

РС2021 қоспасымен 2,6% жоғары), С/Ц қатынасының төмендеуі (бақылау үлгісімен салыстырғанда 22,1% төмен) және цемент бөлшектерінің дисперстілігі жоғары болуы есебінен бақылау үлгісімен салыстырғанда гидратация процесінің толық жүруі есебінен болады.



4.12 Сурет – Қоспалы және қоспасыз үлгілер

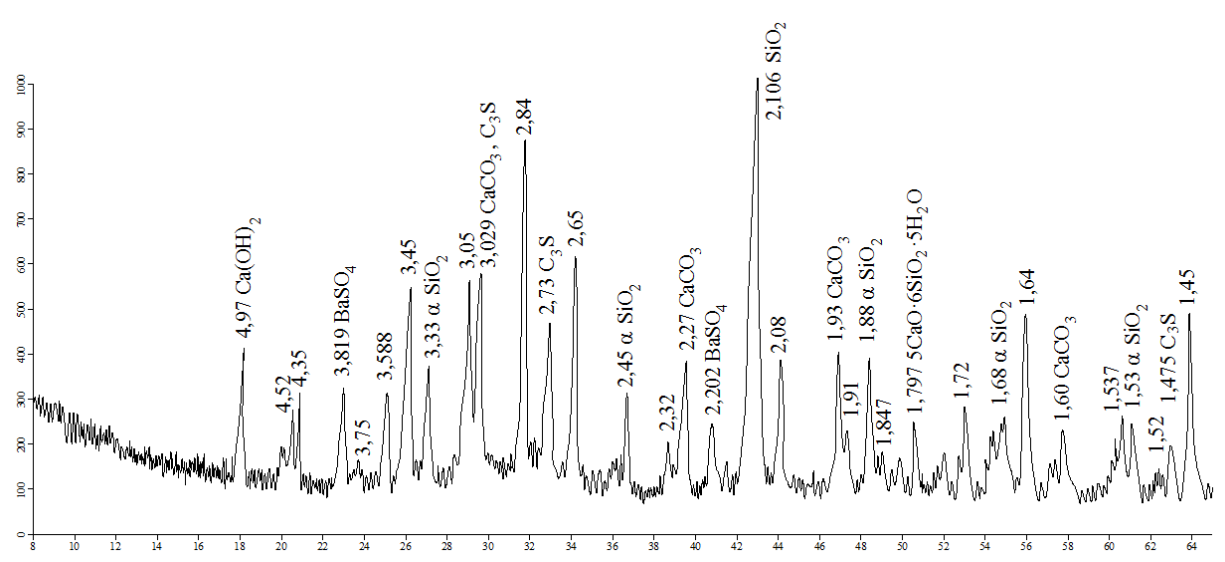
Физика-химиялық зерттеу нәтижелері тұжырымдаманы дәлелдейді (4.13 және 4.14 суреттер).



Сурет 4.13 – Бақылау үлгісінің рентгенограммасы

Үлгінің рентген-фазалық талдау нәтижелері оның құрамында кальцит (CaCO_3), кварц (SiO_2), барит (BaSO_4) және алит (C_3S) кристалдық фазаларының бар екенін көрсетті. $2\theta \approx 29,0^\circ$ -дегі ең қарқынды дифракциялық шың кальцитке сәйкес келеді, бұл фазалық құрамында оның басым екенін көрсетеді. Кварцтың күшті дифракциялық шыңдары кремний диоксиді бар құрамдас бөліктің бар екенін растайды. Барит дифракциялық шыңдары түсті металлургия қалдықтарына тән барий сульфатының бар екенін көрсетеді. Анықталған алит (C_3S) дифракциялық шыңдары цемент клинкерінің және оның ықтимал гидравликалық белсенділігінің бар екенін көрсетеді.

Кальцит шыңдарының жоғары интенсивтілігі бастапқы карбонатты минералдардың мөлшеріне де, цемент тасындағы гидратталған жаңа түзілімдердің карбонаттану процестеріне де байланысты болуы мүмкін. Анық портландит шыңдарының болмауы оның гидратация және пуццоландық реакциялар кезінде ішінара жұмсалғанын дәлелдейді.

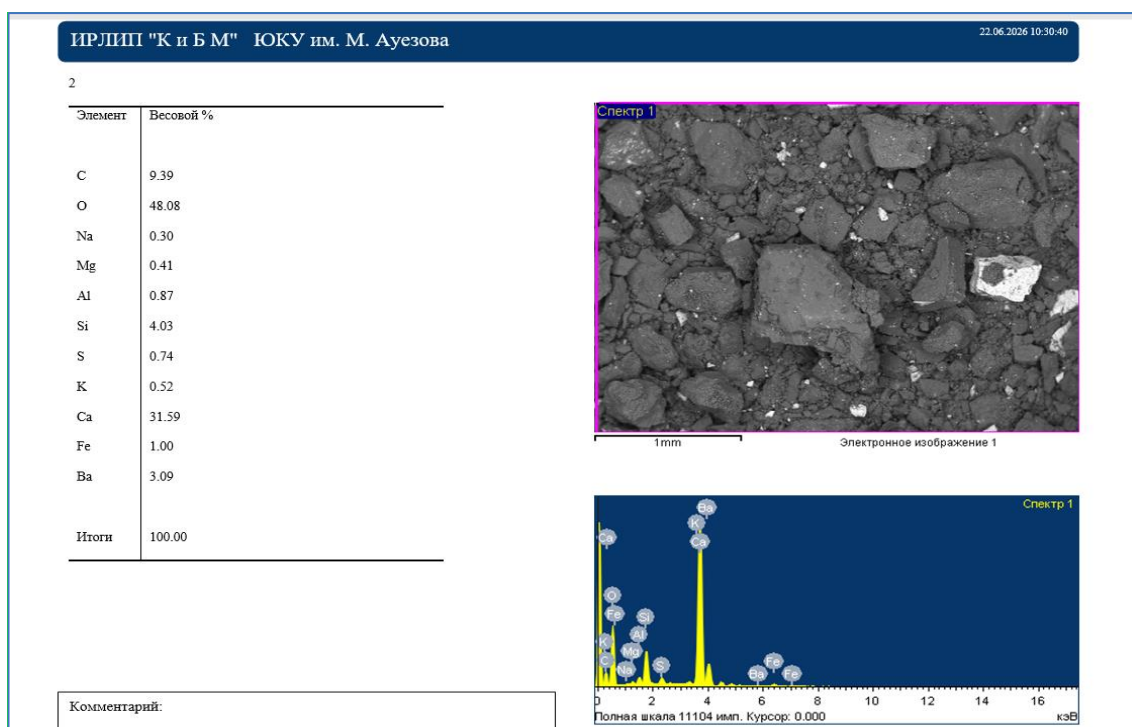


Сурет 4.14 – Құрамында 0,8% JP-700HQ қоспасы бар үлгілердің рентгенограммасы

Модификацияланған үлгілердің рентген-фазалық талдауы оның құрамында кварц (SiO_2), кальцит (CaCO_3), барит (BaSO_4), портландит (Ca(OH)_2) және қалдық клинкер минералдарының, негізінен алиттің (C_3S), бар екендігін көрсетті. $d = 2,106 \text{ \AA}$ толқын ұзындығындағы күшті кварц дифракциялық шыңы кремнийлі құрамдас бөліктің айтарлықтай мөлшерде екенін көрсетеді. $d = 4,97 \text{ \AA}$ толқын ұзындығындағы портландит шыңдарының болуы цемент гидратациялық үдерістерінің жүріп жатқанын растайды. Кальций гидросиликаттарының (C-S-H) анықталуы берік цементті қамыр тасының қалыптасқанын көрсетеді. Кальцит шағылыстарының жоғары интенсивтілігі карбонатты құрамдас бөліктердің болуымен және гидратация өнімдерінің жартылай көмірленуімен байланысты болуы мүмкін. Анықталған барит шыңдары материал құрамында жасанды толтырғыш немесе түсті металлургия қалдықтарының бар екенін растайды.

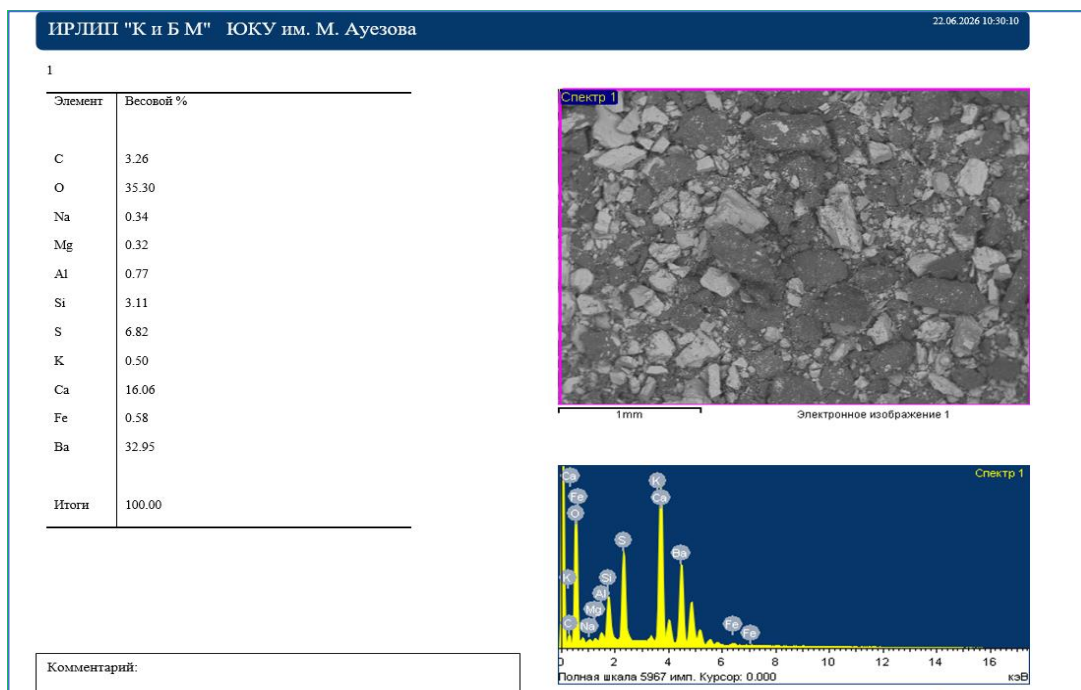
Модификацияланған үлгілерде бақылау үлгілерінің рентгендік дифракциялық сызықтарымен салыстырғанда: анық анықталған портлендит Ca(OH)_2 ($d = 4,97 \text{ \AA}$) пайда болғаны, C-S-H гидратация өнімдері айқынырақ көрінеді; кварц, кальцит және барит шыңдары жақсы сақталған, C_3S шыңдарының салыстырмалы интенсивтілігінің төмендеуі байқалады, бұл суперпластификатордың қатысында гидратация процесінің толығырақ жүргенін және цемент минералдарының гидратация кезінде кезінде толығырақ жұмсалуды көрсетеді.

Электронды микроскопиялық зерттеулер де осы тұжырымның растығын дәлелдейді (4.15 және 4.16 суреттер).



Сурет 4.15 – Электронды микроскопия нәтижелеріне сәйкес бақылау үлгісіндегі элементтердің бөлінуі

Электронды микроскопия талдау нәтижелері зерттелген үлгіде оттегі (48,08 %) және кальций (31,59 %) мөлшерінің жоғары екенін көрсетті, бұл негізінен карбонат және гидросиликат фазаларынан тұратын кальцийлі қосылыстардың басымдығын дәлелдейді. Көміртектің (9,39 %) болуы материалдың айтарлықтай дәрежеде көміртектендірілгенін және кальциттің бар екенін растайды. Кремнийдің (4,03 %) және алюминийдің (0,87 %) болуы силикаттық және алюмосиликаттық компоненттердің бар екенін көрсетеді. Барий мөлшері төмен (3,09 %), бұл барит фазасы мөлшерінің өте аз екенін көрсетеді. Бөлшектердің морфологиясы бұрышты пішін мен жақсы дамыған қырлы беткеймен сипатталады, бұл «цемент тасы-толтырғыш» жанасу беріктігін жақсартуға көмектеседі. Алынған нәтижелер бұл материалды ауыр және құрылымдық бетондарда толтырғыш ретінде тиімді қолдану мүмкіндігін растайды.



Сурет 4.16 - Электронды микроскопия нәтижелеріне сәйкес
Құрамында 0,8% JP-700HQ қоспасы бар үлгілердегі элементтердің
бөлінуі

Электронды микроскопия талдау нәтижелері зерттелген бетон үлгісінде оттегі (35,30 %), барий (32,95 %) және кальций (16,06 %) басым екенін көрсетті. Барий мен күкірттің жоғары мөлшері барит фазасының (BaSO_4) бар екенін көрсетеді, ал кальций негізінен карбонат және силикат қосылыстары түрінде кездеседі. Кремний мен алюминийдің болуы алюмосиликаттық компоненттің бар екенін көрсетеді. Бөлшектердің морфологиясы бұрышты пішін мен жоғары дисперстікпен сипатталаған, бұл бетон араласпаларындағы түйіршіктердің орналасу тығыздығын арттыруға ықпал етуі мүмкін. Алынған нәтижелер бұл материалды арнайы жоғары тығыздықты бетон өндіруде ауыр толтырғыш немесе минералды қоспа ретінде қолдану әлеуетін растайды.

Яғни физика-химиялық зерттеу нәтижелері цементтің гидратациялануының модификациялайтын қоспа болған кезде толық әрі тиімді жүретінін және тығыз құрылымды бетон алу мүмкіндігін растайды.

Қоспалы бетонның құрамын оңтайландыру мақсатында одан әрі беріктігі бірдей бетон алу кезінде модификациялаушы қоспалардың цементтің шығынына әсерін зерттедік. Келесі зерттеулерде қоспалардың ең оңтайлы мөлшері ретінде құрамында 0,8% қоспасы бар үлгілермен зерттеулер жүргізілді. Зерттеулер үшін С/Ц қатынасы бірдей етіп, араласпаның құрамындағы цементтің мөлшерін 5; 10; 15 және 20% азайтылған үлгілер даярланып, сығуға беріктігі сыналды.

Кесте 4.20 – Беріктігі бірдей бетон алу кезіндегі қоспалардың цементтің шығынына әсері

№	1м ³ бетон құрамы, кг				Химиялық қоспа		Бетонның сығуға беріктігі, МПа
	Цемент	ҚТ/ТҚ	Құм/ТҚ	Су	JP-700HQ, %	Sunbo PC2021, %	
1	432	600/600	360/360	168,5	-	-	51,6
JP-700HQ қоспасымен үлгілер							
1	432	600/600	360/360	168,5	0,8	-	64,1
2	410	600/600	360/360	159,9	0,8	-	59,3
3	388,8	600/600	360/360	151,6	0,8	-	52,1
4	367,2	600/600	360/360	143,2	0,8	-	48,3
5	345,6	600/600	360/360	134,8	0,8	-	46,1
Sunbo PC2021 қоспасымен құрамдар							
1	432	600/600	360/360	168,5	-	0,8	56,1
2	410	600/600	360/360	159,9	-	0,8	51,8
3	388,8	600/600	360/360	151,6	-	0,8	48,3
4	367,2	600/600	360/360	143,2	-	0,8	47,1
5	345,6	600/600	360/360	134,8	-	0,8	43,2

Беріктігі бірдей бетон алу кезіндегі модификациялаушы қоспалардың цементтің шығынына әсерін зерттеу, JP-700HQ қоспасымен С/Ц қатынасын тұрақты етіп ұстау кезінде цементтің шығынын 10% төмендету бақылау үлгісімен бірдей беріктіктегі бетон алу мүмкіндігін беретінін көрсетті, цементтің шығынын одан әрі төмендету қажетті нәтиже бермейді. Оның бірнеше себептері болуы мүмкін, біріншіден цемент қамырының мөлшері азаяды да, ол толтырғыштардың арасындағы қуыстарды толық жабуға мүмкіндік бермейді, екіншіден гидратация өнімдерінің мөлшері азаюы есебінен, үшіншіден «толтырғыш-цемент тасы» жанасу аймағының беріктігі төмендеуі есебінен болуы мүмкін.

Ал Sunbo PC2021 қоспасымен бұл жағдай цементтің мөлшерін 5% төмендеткен кезде байқалады, цементтің шығынын одан әрі төмендету жоғарыда айтылған себептерге байланысты оңтайлы нәтиже бермейді.

Екі қоспаны салыстырмалы түрде зерттеу нәтижелерін талдау Ансай техногенді толтырғыштары негізіндегі ауыр бетондарда модификациялаушы қоспалар ретінде JP-700HQ суперпластификаторын 0,8% мөлшерде қолдану жоғары тиімділік беретінін көрсетті.

3 және 4 бөлімдерде көрсетілген әдістемелерге сәйкес көрсетілген құрамдағы үлгілердің сусіңіргіштігі, аязға төзімділігі, иуге беріктігі мен химиялық төзімділігі анықталды. 4.21 кестеде Ансай техногенді толтырғыштары негізіндегі бетонның оңтайлы құрамы көрсетілген.

Кесте 4.21 – Ансай техногенді толтырғышы негізіндегі бетонның оңтайлы құрамы

№	Бетон құрамы	Бетонның физика-механикалық қасиеттері					
		Бетонның орташа тығыздығы, кг/м ³	Сусіңіргіштігі, W%	Аязға төзімділігі, F (цикл)	Сығуға беріктігі, МПа	Иуге беріктігі, МПа	Химиялық төзімділік коэффициенті, K _{хт}
1	Бақылау құрамы Ц- 432кг С -168,5л ҚТ/ТҚ – 600/600кг Құм/ТҚ – 360/360кг	2839	0,69	F 300	51,8	6,14	0,82
2	Оңтайлы құрам Ц- 388,8кг С -151,6л ҚТ/ТҚ – 600/600кг Құм/ТҚ – 360/360кг Қоспа – 0,8%	2919	0,63	F 300	52,1	6,13	0,83

4 тарау бойынша қорытынды:

- Техногенді қалдықтардың ұсақталу бойынша маркасын салыстырмалы талдау Ащысай қалдықтары мен карбонатты қалдықтар негізіндегі қиыршық тасты азқабатты құрылыстар үшін, ал Ансай кенорны қалдықтары мен қорғасын қожы толтырғыштарын көпқабатты, монолитті құрылыста қолдануға болатынын көрсетті. Ал фосфор қожы негізіндегі толтырғыштарды ауыр бетондарда қолдануға болмайды;

- Зерттеулер бетонның тығыздығы толтырғыштың тығыздығы мен фракциялық құрамына тәуелді екенін көрсетті. Зерттеулер нәтижесінде Ансай кенорны қалдықтары негізіндегі бетондарда бұл көсеткіш бақылау үлгісімен салыстырғанда тығыздығы 15,8, қорғасын қожы негізінде 16,6, карбонатты қалдықтар негізіндегі 2,24% жоғары болатыны анықталды;

- Техногенді қалдықтар негізіндегі бетонның сусіңіргіштігі мен жібу коэффициентін салыстырмалы талдау Ансай толтырғыштары негізіндегі бетон үлгілерінің жібу коэффициенті бақылау үлгілерімен салыстырғанда 12,5% жоғары, қалған үлгілердің жібу коэффициенттері бақылау үлгілерімен салыстырғанда төмен болатынын көрсетті, бұл техногенді толтырғыштармен цемент қамырының арасында мықты байланыс болатынын, соның есебінен үлгілердің судың әсеріне төзімділігі артатынын көрсетеді;

- Техногенді толтырғыштардың бетонның беріктігін салыстырмалы талдау қорғасын қожы мен Ащысай қалдықтары негізіндегі үлгілерде бұл көрсеткіш жоғары болатынын көрсетті, атап айтқанда 28 тәуліктік мерзімде бұл үлгілердің беріктігі бақылау үлгілерімен салыстырғанда 13,3 және 12,6%-ға жоғары, Ансай қалдықтары негізіндегі бетондарда бақылау үлгісімен бірдей, қалған үлгілерде бұл көрсеткіш бақылау үлгісімен салыстырғанда төмен. Бұл аталған техногенді толтырғыштардың құрамында бос күйіндегі

әкпен химиялық әрекеттесіп гидросиликаттар, гидроалюминаттар мен гирофериттер түзетін оксидтердің болуына байланысты екені дәлелденді;

- Үлгілердің химиялық төзімділігін салыстырмалы талдау Ансай қалдықтары негізіндегі бетондардың химиялық төзімділік коэффициенті ең жоғары ($K_{\text{хт}}=0,82$) болатынын көрсетті. Бұл дәстүрлі толтырғыштар (10-16% шамасында) және қалған техногенді толтырғыштармен салыстырғанда Ансай кеноры қалдықтарында алюминий оксидінің (2,12%) ең аз мөлшерде болатынымен түсіндіруге болады;

- Техногенді қалдықтар негізіндегі бетон үлгілерінің физика-механикалық қасиеттерін салыстырмалы талдау ауыр бетондар технологиясында дәстүрлі толтырғыштардың 50% Ансай (Anskhv) қалдықтары негізіндегі толтырғыштармен ауыстыру жоғары тиімділік беретіні анықталды;

- Ансай техногенді толтырғыштары негізіндегі бетонның құрамын поликарбоксилатты суперпластификаторлар негізінде оңтайландыру бағытында жүргізілген эксперименттік зерттеулер 0,8% мөлшердегі JP-700HQ суперпластификаторын қолданудың тиімділігін көрсетті. Эксперименттік зерттеулер нәтижесі бұл қоспаны қолдану жылжымалылығы бірдей бетон араласпасын алу кезінде С/Ц қатынасын 0,42 ден, 0,39 дейін төмендетіп, тығыз құрылымды бетон алуға мүмкіндік беретінін көрсетті;

- Поликарбоксиалатты JP-700HQ суперпластификаторы цемент бөлшектерінің бетіне адсорбциялану арқылы олардың іріленуіне кедергі болып, цемент бөлшектерінің жоғары дисперстілігін сақтап қалу арқылы цемент пен судың жанасу ауданын арттыратыны, соның нәтижесінде гидратация процесінің біршама қарқынды жүруін қамтасыз ететіні дәлелденді;

- Беріктігі бірдей бетон алу кезінде JP-700HQ суперпластификаторын қолдану цементтің шығынын 10% төмендету арқылы бетонның өзіндік құнын төмендетуге мүмкіндік беретіні анықталды;

- JP-700HQ суперпластификаторы негізіндегі физика-механикалық қасиеттері жақсартылған оңтайлы бетон құрамы ұсынылды.

5 ТЕХНОГЕНДІ ҚАЛДЫҚТАР НЕГІЗІНДЕГІ БЕТОН ҚҰРАМДАРЫН ҚОЛДАНУДЫҢ ТЕХНИКА-ЭКОНОМИКАЛЫҚ ТИІМДІЛІГІ

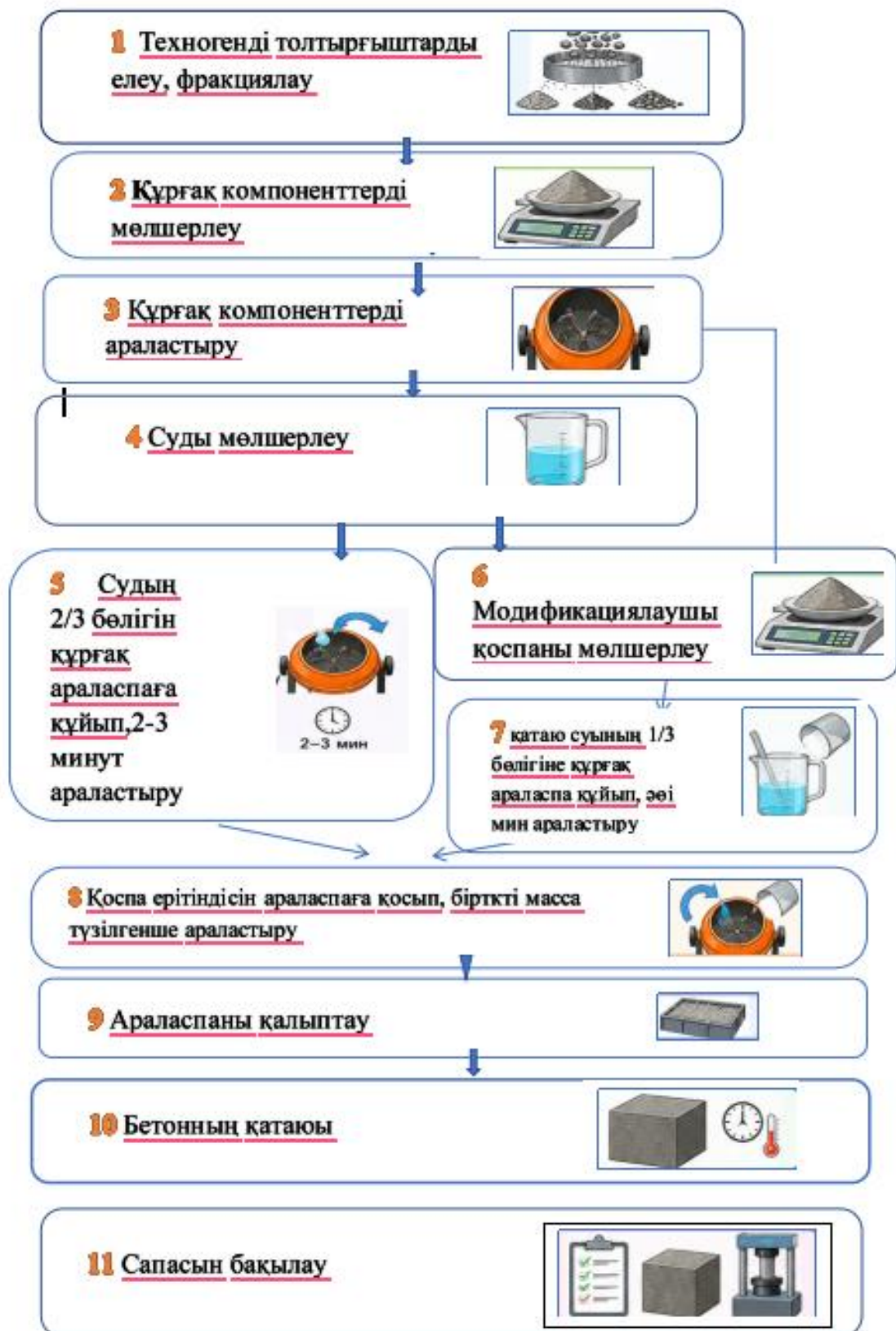
5.1 Техногенді қалдықтар негізіндегі бетондарды өндірудің технологиялық сызбасы

Техногенді қалдықтар негізінде ауыр бетонды өндіру технологиясы дәстүрлі толтырғыштар негізіндегі бетон технологиясынан көп ерекшеленбейді және де қосымша қондырғы-құралдарды қажет етпейді.

Ең негізгі ерекшелігі техногенді қалдықтарды алдын-ала елеп, фракцияларға бөліп алып, бетонның оңтайлы құрамына қажетті фракцияларды мөлшерлеп қосу қажет. Модификациялаушы қоспалар бетон араласпасына қатаю суымен, яғни қатаю суын 3 бөлікке бөліп, $2/3$ бөлігін біркелкі араластырылған құрғақ компоненттер араласпасына құйып, 2-3 минут жақсылап араластырып, судың қалған $1/3$ бөлігіне қоспаны қосып, жақсылап араластырып, бетон араласпасына қосылды және біртекті масса түзілгенше араластырады.

Техногенді толтырғыштар негізіндегі модификацияланған ауыр бетон технологиясы келесі операциялардан тұрады:

- Техногенді толтырғыштарды елеу, фракциялау;
- Құрғақ компоненттерді мөлшерлеу;
- Құрғақ компоненттерді араластыру;
- Қатаю суын мөлшерлеу;
- Қатаю суының $2/3$ бөлігін құрғақ араласпаға құйып, 2-3 мин араластыру;
- Модификациялаушы қоспаны мөлшерлеу;
- Қатаю суының $1/3$ бөлігіне мөлшерленген қоспаны қосып араластыру;
- Қоспа ерітіндісін араласпаға қосып, біртекті масса түзілгенше араластыру;
- Араласпаны қалыптау;
- Бетонның қатаюы;
- Сапасын бақылау.



5.1 Сурет – Техногенді қалдықтар негізіндегі ауыр бетонның технологиялық сызбасы

5.2 Техногенді толтырғыштар негізінде бетон өндірудің техника-экономикалық тиімділігі

Техногенді қалдықтар негізіндегі толтырғыштарды ауыр бетон технологиясында қолданудың техника-экономикалық тиімділігі, ұсынылған технология қосымша қондырғы-құралдарды қажет етпейтіндіктен, дәстүрлі бетон мен техногенді толтырғыштар негізіндегі бетонның өзіндік құнын салыстыру арқылы [150] еңбекте көрсетілген әдістемеге сәйкес анықталды.

Кесте 5.1 — Техногенді қалдықтар негізіндегі ауыр бетон құрамдары

Бетон құрамдары	1м ³ бетон құрамы, кг				JP-700HQ химиялық қоспасы, %
	Цемент	ҚТ/ТҚ	Құм/ТҚ	Су	
Бақылау құрамы	432	1200	720	182	-
Anskhv толтырғыштары негізінде (50%)	432	600/600	360/360	182	-
Оңтайлы құрам	389	600/600	360/360	151,6	0,8

Техногенді қалдықтар негізіндегі ауыр бетонның өзіндік құны төмендегі формуламен есептеледі:

$$C_{a.б.} = C_{пц} \cdot m_{пц} + C_{им} \cdot m_{им} + C_{қ} \cdot m_{қ} + C_{с} \cdot m_{с} \quad (5.1)$$

бұндағы:

$C_{a.б.}$ - техногенді қалдықтар негізіндегі ауыр бетонның өзіндік құны;

$C_{пц} \cdot m_{пц}$ – портландцементтің бағасы және массасы;

$C_{им} \cdot m_{им}$ – ірі толтырғыштардың бағасы және массасы;

$C_{с} \cdot m_{с}$ - судың бағасы және массасы;

$C_{қ} \cdot m_{қ}$ - құмның бағасы және массасы.

Кесте 5.2 – Шикізаттық материалдардың бағасы

Аталуы	Дәстүрлі бетон бағасы, тенге/кг.	1м ³ бетон үшін шығыны, кг
Портландцемент М500 Д0 «Стандартцемент»	30	432
Бадам қиыршық тасының бағасы	4,0	1200
Anskhv қиыршық тасының бағасы	0,5	600
Anskhv құмының бағасы	0,5	360
Бадам құмы	2,54	720
Судың бағасы	0,7	182
JP-700HQ суперпластификаторы	620	3,12

Дәстүрлі бетон үшін:

$$C_{a.б.} = C_{пц} \cdot m_{пц} + C_{им} \cdot m_{им} + C_{қ} \cdot m_{қ} + C_{с} \cdot m_{с} = (30 \cdot 432) + (4,0 \cdot 1200) + (2,54 \cdot 720) + (0,7 \cdot 182) = 12960 + 4800 + 1828,8 + 127,4 = 19716,2 \text{ тенге/м}^3$$

Техногенді қалдықтар негізіндегі ауыр бетон үшін:

$$C_{a.б.} = C_{ПЦ} \cdot m_{ПЦ} + C_{им} \cdot m_{им} + C_{к} \cdot m_{к} + C_{с} \cdot m_{с} = (30 \cdot 432) + ((4,0 \cdot 600) + (0,5 \cdot 600)) + ((2,54 \cdot 360) + (0,5 \cdot 360)) + (0,7 \cdot 182) = 12960 + 2700 + 1094,4 + 127,4 = 16881,8 \text{ тенге/м}^3$$

Техногенді қалдықтар негізіндегі оңтайлы құрамдағы ауыр бетон үшін:

$$C_{a.б.} = C_{ПЦ} \cdot m_{ПЦ} + C_{им} \cdot m_{им} + C_{к} \cdot m_{к} + C_{с} \cdot m_{с} + C_{қос} \cdot m_{қос} = (30 \cdot 389) + ((4,0 \cdot 600) + (0,5 \cdot 600)) + ((2,54 \cdot 360) + (0,5 \cdot 360)) + (0,7 \cdot 182) + (620 \cdot 3,12) = 11670 + 2700 + 1094,4 + 127,4 + 1934,4 = 17526,2 \text{ тенге/м}^3$$

Экономикалық тиімділік төмендегі формула бойынша есептеледі:

$$\mathcal{E}_T = (C_{бақ} - C_{ұсын}) \cdot V \quad (5.2)$$

Бұндағы $C_{бақ}$ және $C_{ұсын}$ сәйкесінше бақылау және ұсынылған құрамдардың бағасы, ал V өндірілетін бетонның көлемі.

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_T &= (C_{бақ} - C_{ұсын}) \cdot V = (19716,2 - 16881,8) \cdot 1 \text{ м}^3 = 2834,4 \text{ теңге;} \\ \mathcal{E}_T &= (C_{бақ} - C_{ұсын}) \cdot V = (19716,2 - 17526,2) \cdot 1 \text{ м}^3 = 2190 \text{ теңге} \end{aligned}$$

Осылайша техногенді қалдықтар негізіндегі толтырғыштарды ауыр бетон технологиясында қолдану 1 м^3 бетон үшін дәстүрлі толтырғыштардың 50% Ансай техногенді толтырғыштармен алмастыру кезінде 2 834,4 теңге, ал модификацияланған оңтайлы құрамды қолдану кезінде 2190 теңге экономикалық тиімділік береді. Модификацияланған құрамды қолдану бетонның физика-механикалық қасиеттерінің жақсаруы есебінен жоғары техникалық және эксплуатациялық тиімділік көрсетеді.

ҚОРЫТЫНДЫ

- Техногенді және екінші реттік минералды шикізатты құрылыс индустриясында пайдалану бағытындағы ғылыми еңбектерді талдау мен өңірде жүргізілген зерттеулер, Қазақстанда, соның ішінде оңтүстік өңірлерде түсті металлургия мен құрылыс индустриясы өндірісінің кең көлемдегі қалдықтары жианқталғанын және де жинақталған техногенді қалдықтардың химиялық және минералогиялық құрамы оларды құрылыс саласында түрлі мақсатта пайдалануға болатынын көрсетті;

- түсті металлургия мен құрылыс индустриясы өндірісі қалдықтарын өңдеу және пайдалану тәжірибесін талдау, екінші реттік шикізаттардың қайта пайдалану технологиясының жетілмегендігіне байланысты техногендік қалдықтарды өңдеудің тиімсіздігін және қазіргі таңда кең көлемде пайдаланылмайтындығын, ал ресурстық құндылығы жағынан тау-кен және қайта өңдеу, металлургия, отын-энергетика салаларының қалдықтары техногендік минералды шикізаттың сарқылмас көзі болып табылатыны анықталды;

- алғаш рет Оңтүстік Қазақстанның өнеркәсіптік қалдықтарын белгіленген өнімділік сипаттамалары бар ауыр бетондарда қолданудың мүмкіндігі теориялық және тәжірибелік тұрғыдан көрсетіліп, оның тиімділігі анықталды, осылайша оны практикалық қолдануға қажетті негіз қаланды;

- ауыр бетонның физика-механикалық қасиеттерінің техногенді қалдықтар негізіндегі толтырғыштардың түріне және мөлшеріне тәуелділігін сипаттайтын математикалық моделі жасалды және дәстүрлі толтырғыштардың 50%-ын техногенді толтырғыштармен алмастыру бетонның физика-механикалық қасиеттерін жақсартуға мүмкіндік беретінін көрсетті. Эксперименттік нәтижелер ұсынылған математикалық модельдің дұрыстығын дәлелдеді;

- ауыр бетон технологиясында карбонатты жыныстарды механикалық өңдеу кезінде пайда болған техногенді толтырғыштарды пайдалану бетонның құнын төмендетуге, сонымен бірге бетонның физика-механикалық қасиеттерін төмендетпей, аймақтың экологиялық жағдайын жақсартуға мүмкіндік беретінін көрсетті. Физика-химиялық зерттеулер портландцемент негізіндегі қатаю қамыры техногенді қалдықтар негізіндегі карбонатты толтырғышпен әрекеттесіп, $\text{CaCO}_3\text{-Ca(OH)}_2\text{-H}_2\text{O}$ жүйесіндегі әртүрлі құрамдағы кальций карбонатын түзетінін, бұл цемент тасы мен карбонатты жыныс арасындағы жанасу аймағының механикалық беріктігінің артуына ықпал етіп, бетон беріктігінің артуына оңтайлы әсер ететінін көрсетті;

- физика-химиялық және физика-механикалық зерттеулер нәтижелері қорғасын өндірісі қалдықтарын бетон араласпаларында толтырғыштар және минералды қоспалар ретінде пайдалануға жарамды кальцит, кварцит, доломит және темір қосылыстарының бар екенін көрсетті, дәстүрлі табиғи толтырғыштарды қорғасын қалдықтары негізіндегі толтырғыштармен ішінара (50%) алмастыру бетонның маркалық беріктігін бақылау құрамымен

салыстырғанда 13,3%-ға арттыратыны, нәтижесінде сығуға беріктігі 58,6 МПа дейінгі ауыр бетондарды алуға болатынын көрсетті. Бірақ та зерттелген қорғасын өндірісінің қалдықтарында 33%-ға дейін темір қосылыстары, 5%-ға дейін мыс, мырыш және барий оксидтері болғандықтан, одан аталған металдарды бөліп алғаннан кейін толтырғыш ретінде пайдалану ұсынылады;

- Ащысай (Achots) және Ансай (Anskhv) кенорындары техногенді қалдықтары жан-жақты талданып, физика-химиялық зерттеулер талданған техногендік қалдықтарда кальций карбонатының, кварциттің және доломиттің бар екенін, олардың барлығы бетонда толтырғыштар мен минералды қоспалар ретінде пайдалануға жарамды екенін көрсетті. Achots құрамында Anskhv салыстырғанда кальций карбонаты мен кварциттің мөлшері жоғары екендігі анықталды;

- дәстүрлі толтырғыштарды Achots негізіндегі толтырғыштармен ішінара (50%) ауыстыру кезінде бетонның маркалық беріктігі бақылау құрамымен салыстырғанда 12,5%-ға артатыны, табиғи толтырғыштарды техногендік қалдықтармен 50% ауыстырған құрамдар ең жоғары беріктікке (2-құрам – 58,24 МПа және 5-құрам – 51,8 МПа) ие болатынын, ал толтырғыштарды техногендік қалдықтармен толық ауыстырған кезде бетонның сығуға беріктігі төмендейтінін көрсетті;

- барит рудаларын елеу кезінде алынған екі фракциялы толтырғыш пен ұсақ дисперсті толтырғышты қамтитын бетон араласпаларынан ауыр бетон өндіру мүмкіндігі дәлелденіп, тығыздығы 2300-ден 2839 кг/м³-ге дейінгі және сығуға беріктігі 41,6-дан 58,2 МПа-ға дейінгі ауыр бетондар алынды;

- техногенді қалдықтардың ұсақталу бойынша маркасын салыстырмалы талдау Ащысай қалдықтары мен карбонатты қалдықтар негізіндегі қиыршық тасты азқабатты құрылыстар үшін, ал Ансай кенорны қалдықтары мен қорғасын қожы толтырғыштарын көпқабатты, монолитті құрылыста қолдануға болатынын көрсетті. Ал фосфор қожы негізіндегі толтырғыштарды ауыр бетондарда қолдануға болмайды;

- Салыстырмалы зерттеулер бетонның тығыздығы толтырғыштың тығыздығы мен фракциялық құрамына тәуелді екенін көрсетті. Зерттеулер нәтижесінде Ансай кенорны қалдықтары негізіндегі бетондарда бұл көсеткіш бақылау үлгісімен салыстырғанда тығыздығы 15,8, қорғасын қожы негізінде 16,6, карбонатты қалдықтар негізіндегі 2,24% жоғары болатыны анықталды;

- техногенді қалдықтар негізіндегі бетонның сусіңіргіштігі мен жібу коэффициентін салыстырмалы талдау Ансай толтырғыштары негізіндегі бетон үлгілерінің жібу коэффициенті бақылау үлгілерімен салыстырғанда 12,5% жоғары, қалған үлгілердің жібу коэффициенттері бақылау үлгілерімен салыстырғанда төмен болатынын көрсетті, бұл техногенді толтырғыштармен цемент қамырының арасында мықты байланыс болатынын, соның есебінен үлгілердің судың әсеріне төзімділігі артатынын көрсетеді;

- техногенді толтырғыштардың бетонның беріктігіне әсерін салыстырмалы талдау қорғасын қожы мен Ащысай қалдықтары негізіндегі үлгілерде бұл көрсеткіш жоғары болатынын көрсетті, атап айтқанда 28 тәуліктік мерзімде бұл үлгілердің беріктігі бақылау үлгілерімен

салыстырғанда 13,3 және 12,6%-ға жоғары, Ансай қалдықтары негізіндегі бетондарда бақылау үлгісімен бірдей, қалған үлгілерде бұл көрсеткіш бақылау үлгісімен салыстырғанда төмен болатынын көрсетті. Беріктіктің артуы техногенді толтырғыштардың құрамында бос күйіндегі әкпен химиялық әрекеттесіп гидросиликаттар, гидроалюминаттар мен гидрофериттер түзуі есебінен жүретіні анықталды;

- техногенді толтырғыштар негізіндегі үлгілердің химиялық төзімділігін салыстырмалы талдау Ансай қалдықтары негізіндегі бетондардың химиялық төзімділік коэффициенті ең жоғары ($K_{\text{хт}}=0,82$) болатынын көрсетті. Бұл дәстүрлі толтырғыштар (10-16% шамасында) және қалған техногенді толтырғыштармен салыстырғанда Ансай кенорны қалдықтарында алюминий оксидінің мөлшері (2,12%) аз болуы есебінен болады;

- техногенді қалдықтар негізіндегі бетон үлгілерінің физика-механикалық қасиеттерін салыстырмалы талдау ауыр бетондар технологиясында дәстүрлі толтырғыштардың 50% Ансай (Anskhv) қалдықтары негізіндегі толтырғыштармен ауыстыру жоғары тиімділік беретінін көрсетті;

- Ансай техногенді толтырғыштары негізіндегі бетонның құрамын поликарбоксилатты суперпластификаторлар негізінде оңтайландыру бағытында жүргізілген эксперименттік зерттеулер 0,8% мөлшердегі JP-700HQ суперпластификаторын қолданудың тиімділігін көрсетті. Эксперименттік зерттеулер нәтижесі бұл қоспаны қолдану жылжымалылығы бірдей бетон араласпасын алу кезінде С/Ц қатынасын 0,42 ден, 0,39 дейін төмендетіп, химиялық төзімді, В40 кластағы тығыз құрылымды бетон алуға мүмкіндік беретінін көрсетті;

- Поликарбоксилатты JP-700HQ суперпластификаторы цемент бөлшектерінің бетіне адсорбциялану арқылы олардың іріленуіне кедергі болып, цемент бөлшектерінің жоғары дисперстілігін сақтап қалу арқылы цемент пен судың жанасу ауданын арттыратыны, соның нәтижесінде гидратация процесінің біршама қарқынды жүруін қамтасыз ететіні дәлелденді;

- Беріктігі бірдей бетон алу кезінде JP-700HQ суперпластификаторын қолдану цементтің шығынын 10% төмендету арқылы бетонның өзіндік құнын төмендетуге мүмкіндік беретіні анықталып, JP-700HQ суперпластификаторы негізіндегі физика-механикалық қасиеттері жақсартылған оңтайлы бетон құрамы ұсынылды.

- техногенді қалдықтар негізіндегі толтырғыштарды ауыр бетон технологиясында қолдану әр 1 м^3 бетон үшін дәстүрлі толтырғыштардың 50% Ансай техногенді толтырғыштармен алмастыру кезінде 2834,4 теңге, ал модификацияланған оңтайлы құрамды қолдану кезінде 2190 теңге экономикалық тиімділік береді. Модификацияланған құрамды қолдану бетонның физика-механикалық қасиеттерінің жақсаруы есебінен жоғары техникалық және эксплуатациялық тиімділік көрсетеді.

- зерттеу нәтижелері Кентау Бетон базасында өндіріске ендіріліп, өндірістік сынақтар зертханалық сынақтардың нәтижелерінің дұрыс екендігін көрсетті.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ДЕРЕК КӨЗДЕРДІҢ ТІЗІМІ

1 О Концепции перехода Республики Казахстан к устойчивому развитию на 2007-2024 годы. https://adilet.zan.kz/rus/docs/U060000216_compare

2 Котляр В.Д., Талпа Б.В., Терехина Ю.В., Котляр В.Д. Техногенное сырье для производства строительных материалов: учебное пособие. – Ростов н/Д: Рост. гос. строит. Ун-т, 2014. –98с. <https://search.rsl.ru/ru/record/01008034518>

3 Использование отходов производства: учебно-методическое пособие / сост.: К. Ш. Арынгазин и др. - Павлодар: Кереку, 2016,-61с. <https://library.tou.edu.kz/fulltext/buuk/b2441.pdf>

4 Б.Т. Таймасов, Н.Н. Жаникулов, А.Р. Калтай. Минерально-сырьевые источники для энергосберегающего производства портландцементного клинкера// Комплексное использование минерального сырья. № 2. 2016 https://kims-imio.kz/wp-content/uploads/2018/03/ilovepdf_com-95-101.pdf

5 Методическое руководство по изучению и оценке техногенных минеральных объектов, представляемых на государственную экспертизу недр. Постановление Правительства Республики Казахстан от 21 января 2000 года № 108 «Об утверждении Правил предоставления права недропользования в Республике Казахстан».

6 Девяткин, В.В. Отходы как вторичные материальные ресурсы [Текст] / В.В. Девяткин// Экология производства. – 2007. – №2. – С.32-36

7 Демьянова, В.С. Комплексное использование промышленных отходов [Текст]/ В.С. Демьянова // Экология и промышленность. – 2008. – №1. – С. 12-14.

8 Элкок, С. Сколько отходов образуется в России [Текст] / С. Элкок, А. Лифтинг, А. Тсуи, Т. Ютли, У. Сноу // Твердые бытовые отходы. – 2011. – №8. – С. 56 – 59.

9 Гофштейн, Ф.А. Производство стальных фибр из отходов промышленности [Текст] / Ф.А. Гофштейн // Фибробетон: свойства, технология, конструкции: тезисы докладов Республиканского научно-технического совещания. – Рига: ЛатНИИСтроительства, 1988. – С. 98-100.

10 Дегтярева, М.М. Технология и свойства бетона с бинарным наполнителем «кварц известняк» [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук / М.М. Дегтярева. – М., 1995. – 19 с.

11 Калашников, В.И. Проблемы использования отсеков камнедробления в промышленности нерудных строительных материалов / В.И. Калашников, С.В. Ананьев // Новые энерго- и ресурсосберегающие наукоемкие технологии в производстве строительных материалов: материалы междунар. науч.-техн. конф. – Пенза: Приволжский Дом знаний, 2009. – С. 97-105.

12 О вторичных материальных ресурсах [Электронный ресурс]: концепция федерального закона. – URL: <http://ref.unipack.ru/88/>

13 Пашинский, В.М. Сколько отходов образуется в России [Текст] / В.М. Пашинский // Твердые бытовые отходы. – 2011. – №7. – С.44-48.

14 Плотников, Р.С. Экологические проблемы переработки покрышек и устройства для их рециклинга [Текст] / Р.С. Плотников // Экология и промышленность России. – 2009. – №6. – С. 1 – 3.

[15https://kk.wikipedia.org/wiki/%D2%9A%D0%B0%D0%B7%D0%B0%D2%9B%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%B4%D0%B0%D2%93%D1%8B_%D3%A9%D0%BD%D0%B4%D1%96%D1%80%D1%96%D1%81_%D2%9B%D0%B0%D0%BB%D0%B4%D1%8B%D2%9B%D1%82%D0%B0%D1%80%D1%8B](https://kk.wikipedia.org/wiki/%D2%9A%D0%B0%D0%B7%D0%B0%D2%9B%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%B4%D0%B0%D2%93%D1%8B_%D3%A9%D0%BD%D0%B4%D1%96%D1%80%D1%96%D1%81_%D2%9B%D0%B0%D0%BB%D0%B4%D1%8B%D2%9B%D1%82%D0%B0%D1%80%D1%8B)

16 Zhalgassuly N., Toktamysov M.T., Galits V.I. and oth.: База данных Thomson Reuters. Complex coal processing of Kazakhstan deposits //17th International Mining Congress and Exhibition of Turkey (IMCET 2001), Ankara, Turkey. - P. 735-736.

17 Sensogut C., Ozdeniz A.H. Bricks manufactured from colliery wastes: a case study // International Journal of Mining, Reclamation and Environment. - 2006. - Vol. 20, Iss. 4. - P. 267-271.

18 Salguero F., Grande J.A., Valente T., Garrido R., M.L. de la Torre, Fortes J.C., Sanchez A. Recycling of manganese gangue materials from waste-dumps in the Iberian Pyrite Belt - Application as filler for concrete production // Construction and Building Materials. - 2014. - Vol. 54. - P. 363-368.

19 Jiang Shi, Feng He, Chuqiao Ye, Lan Ни, JunlinXie, Ни Yang, Xiaoqing Liu. Preparation and characterization of CaO-Al₂O₃-SiO₂ glass-ceramics from molybdenum tailings // Materials Chemistry and Physics. - 2017. - Vol. 197. - P. 57-64.

20 Robert J. Collins, Richard H. Miller. Utilization of mining and 120 Новости науки Казахстана. № 3(133). 2017 mineral processing wastes in the United States // Mineral sand the Environment. - 1979. - Vol.1, Iss. 1. - P. 8-19.

21 Zengxiang Lu, Meifeng Cai. Disposal Methods on Solid Wastes from Mines in Transition from Open-Pit to Underground Mining. The Seventh International Conference on Waste Management and Technology (ICWMT 7 // Edited by Li Jinhui and Hu Hualong Procedia Environmental Sciences. - 2012. - Vol.16. - P. 715-721.

22 Дворкин Л.И., Дворкин О.Л. Строительные материалы из отходов промышленности. - Ростов-на-Дону: Феникс, 2007. - 368 с.

23 Жарко В.И., Гузов В.А. Сырьевая база вторичных ресурсов в производстве строительных материалов // Междунар. аналит. обозрение - Цемент. Бетон. Сухие смеси. - 2011. - №2(19). - С.11-27.

24 Щипцов В.В. Природные строительные материалы Республики Карелия // Проблемы рационального использования природного и техногенного сырья Баренцева региона в технологии строительных материалов. - Петрозаводск, 2005. - С. 198- 201.

25 Евтехов В.Д. Техногенные месторождения: от использования имеющихся - к созданию более совершенных // Геолого-мЫералопчный вюник. - 2003. - № 1. - С. 19-25.

26 Вилкул Ю.Г., Азарян А.А., Азарян В.А., Трачук А.А. Проблемы переработки минерального сырья техногенных месторождений Украины // Горная промышленность (спец. выпуск). - М., 2011. - С. 13-15.

27 Техногенное минеральное сырье рудных месторождений Казахстана: справочник. - Алматы, 2000. - 122 с.

28 Котляр В.Д., Талпа Б.В., Терехина Ю.В., Котляр В.Д. Техногенное сырье для производства строительных материалов: учебное пособие. – Ростов н/Д: Рост. гос. строит. ун-т, 2014.– 98 с.

29 Использование отходов производства: учебно-методическое пособие / сост.: К. Ш. Арынгазин и др. - Павлодар: Кереку, 2016,- 61 с.

30 Методическое руководство по изучению и оценке техногенных минеральных объектов, представляемых на государственную экспертизу недр. Постановление Правительства Республики Казахстан от 21 января 2000 года № 108 «Об утверждении Правил предоставления права недропользования в Республике Казахстан».

31 Б. Т. Таймасов, Н. Н. Жаникулов, А. Р. Калтай. Минерально-сырьевые источники для энергосберегающего производства портландцементного клинкера// Комплексное использование минерального сырья. № 2. 2016. URL: https://kims-imio.kz/wp-content/uploads/2018/03/ilovepdf_com-95-101.pdf

32 Чернышов, Е. М. Проблемы биотехногенной совместимости и экологические концепции в технологии и организации промышленности строительных материалов / Е. М. Чернышов // Строительство и реконструкция. – 2009. – № 5/25 (573). – С.80–86.

33 Калашников, В.И. Методологические и технологические аспекты получения и применения высокодисперсных наполнителей бетонов [Текст] / В.И. Калашников, В.С. Демьянова, Е.Ю. Миненко // Строительные материалы. – 2004. – №3. – С. 5–7.

34 Турчанинов, В.И. Строительные материалы из промышленных отходов и местного сырья Оренбургской области [Текст]: учеб. пособие / В.И. Турчанинов. – Оренбург: ИПК ГОУ ОГУ, 2006. – 149 с.

35 Schmidt M. Ultrahochfester Beton-und Fertigteiltechnik./ M. Schmidt, E. Fenling // – 2003, – Н. 11, Р. 16-19.

36 Иванов, В.А. Утилизация и вторичное использование отходов и сбросов от производственной деятельности транспортных предприятий и эксплуатации автотранспортных средств [Текст] / В.А. Иванов, С.В. Селищев, В.В. Кулагин // Легковое и грузовое автохозяйство. – 2000. – №8. – С. 46-52.

37 Турчанинов, В.И. Строительные материалы из промышленных отходов и местного сырья Оренбургской области [Текст]: учеб. пособие / В.И. Турчанинов. – Оренбург: ИПК ГОУ ОГУ, 2006. – 149 с.

38 Алехнович А. Н. Зола и шлакование в пылеугольных котлах. Челябинск: Абрис-Принт, 2016. -798 с.

39 Волженский А. В., Буров Ю. С., Колокольников В.С. Минеральные вяжущие вещества (технология и свойства). М.: Стройиздат, 1979. -476 с.

40 Путилин Е. И., Цветков В. С. Применение зол уноса и золошлаковых смесей при строительстве автомобильных дорог. Обзорная информация отечественного и зарубежного опыта применения отходов от сжигания твердого топлива на ТЭС. М.: Союздорнии, 2003. -59 с.

41 Фоерборн Х.Й. Угольная зола в Европе – юридические и технические требования по применению // Материалы III Науч.-практ. семинара

«Золошлаки ТЭС: удаление, транспорт, переработка, складирование», Москва, 22–23 апреля 2010. С.22–28.

42 Но Н.-J., Iizuka A., Shibata E. Carbon capture and utilization technology without carbon-dioxide purification and pressurization: A review on its necessity and available technologies // Ind. Eng. Chem. Res. 2019. Vol. 58, No. 21. P. 8941–8954.

43 Горчаков Г.И. и др. Строительные материалы. М.: Стройиздат, 1986. -688 с.

44 Добавки в бетон: Справочное пособие / Пер. с англ. / Под ред. В.С. Рамачадрана. М.: Стройиздат, 1988. -575 с.

45 Хозин В.Г. и др. Эффективность применения золы-уноса Гусиноозерской ГРЭС в составе цементов низкой водопотребности // Строительные материалы. 2011. № 7. -С. 76-77.

46 Лесовик В.С. и др. Повышение эффективности вяжущих за счет использования наномодификаторов // Строительные материалы. 2011. № 12. - С. 60-62.

47 Азарова, С. В. Комплексное использование техногенных минеральных образований / Молодой ученый. — 2015. — № 11 (91). — С. 530-532.

48 Н.А. Сузев, Т.М. Худякова., С.А. Некипелов Некоторые свойства бетонов на карбонатном портландцементе // Бетоны и железобетоны. Издательство «Ладья». -Москва- 2009. -№9.-С. 20-22.

49 Rishabh Arora, Kaushal, Kumara Robin Sainia, Kshama Sharmab Saurav, Dixit, Anil Kumar Dixit, Natalia Taskaeva // Potential utilization of waste materials for the production of green concrete: A review// Materials Today: Proceedings/13 September 2022 <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.08.542>

50 Таймасов Б.Т., Альжанова А.Ж., Есжанов С.Б. Перспективная сырьевая база цементных заводов Казахстана // Наука и образование Южного Казахстана. – 2011. – № 1(87). – С.100-105.

51 Ж.Т. Айменов, А.Ж. Айменов, Н.Б. Сарсенбаев, Б.К. Сарсенбаев. Получение композиционных цементов на основе техногенных отходов //Вестник ГГНТУ. Технические науки, том XVII, № 1 (23), 2021

52 Худякова Т.М., Вернер В.Ф., Гаспарян Е.В. Техногенные отходы - сырьевая база цементного производства // Наука и образование Южного Казахстана. -2003. -№32. -С.185-188.

53 И.И. Полякова, Т.М. Худякова. Получение портландцемента из техногенного сырья юга Казахстана. Вестник государственного университета им. Шакарима. № 3 (75) 2016. -С.38-42.

54 Аймбетова И.О., Мамбетова М.М. Техногенные образования Ачисайского полиметаллического комбината (Южного Казахстан) и перспективы получения новых товарных строительных материалов // Материалы VIII Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум». URL: <http://scienceforum.ru/2016/article/2016027390>"><https://scienceforum.ru/2016/article/2016027390>

55 Netinger Grubeša, I., Barišić, I., Fucic, A., & Bansode, S. S. (2016). Applications of steel slag in civil engineering. Characteristics and Uses of Steel Slag in Building Construction, 67–82. doi: <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-100368-8.00005-1>

56 Sarsenbaev, N. B., Aimenov, A. Zh., Sarsenbaev, B. K. and Aimenov Zh.T. ‘Vliyanie dobavok otkhodov karbonatno-bariевykh khvostov na svoistva kompozitsionnykh vyazhushchikh i betonov’. Zh: Vestnik nauki BGTU. [Influence of carbonate-barium tailings Вестник ГГНТУ. Технические науки, том XVII, № 1 (23), 2021 45 waste additives on the properties of composite binders and concretes. Zh.: Bulletin of Science BSTU]. (2019) №4, Belgorod, pp. 24-32.

58 В.Г. Хозин, О.В. Хохряков, И.Р. Сибгатуллин, А.Р. Гиззатуллин // Карбонатные цементы низкой водопотребности - зеленая альтернатива цементной индустрии России – Строительные материалы. -2014. - С- 76-82

59 Kong Kongnengholl. CEMBUREAU – the cement and energy market in Europe and the world. Tsement i ego primeneniye. -2013. No. 3, pp. 22–33.

60 Рахимова Н.Р., Рахимов Р. З., Гатауллин Р.Ф. Влияние добавок золы на свойства шлаковых вяжущих // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2007. №3. -С. 70-73.

61 Navdeep Singh Tarun, Singh Mahesh Kumar, Akhil Singh ParveenKumar // Investigating the fresh state performance of concrete containing iron slag and recycled concrete aggregates// Materials Today: Proceedings/ Volume 65, Part 2, 2022, Pp: 1467-1477
<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.04.462>https://www.researchgate.net/publication/360808890_Investigating_the_fresh_state_performance_of_concrete_containin_g_iron_slag_and_recycled_concrete_aggregates

62 Saidani Kh., Ajam L., Ben Ouezdou M. Barite powder as sand substitution in concrete: Effect on some mechanical properties // Construction and Building Materials. 2015. Vol. 95. Pp. 287–295. –URL: doi: https://www.researchgate.net/publication/281626741_Barite_powder_as_sand_substitution_in_concrete_Effect_on_some_mechanical_properties

63 Akkurt I., Basyigit C., Kilincarslan S., Mavi B. The shielding of γ -rays by concretes produced with barite // Progress in Nuclear Energy. 2005. Vol. 46. Issue1. Pp. 1–11. – URL: https://www.researchgate.net/publication/232383540_The_shielding_of_g-rays_by_concretes_produced_with_barite

64 Akkurt I., Akyildirim H., Mavi B., Kilincarslan S., Basyigit C. Gamma-ray shielding properties of concrete including barite at different energies // Progress in Nuclear Energy Volume 52, Issue 7, - 2010, - P. 620-623 –URL: <https://acikerisim.sdu.edu.tr/handle/123456789/73846>

65 Касенов, А. Ж., Тлеулесов, А. К., Ахметбек, А. Н. «Производство бетонов из отходов производства АО «Алюминий Казахстана» Наука и техника Казахстана, 2018. - № 1. - С. 61-75.

66 Бажиров, Н. С., Серикбаев, Б. Е., Бажиров, Т. С., Даулетияров, М. С., Бажирова, К. Н. «Композиционные строительные материалы. Теория и

практика», Химико-минералогическая характеристика бокситового шлама - отхода алюминиевого производства. - 2017. - 14-18 с.

67 Интенсивность образования промышленных и опасных отходов и уровень их переработки, Основные показатели окружающей среды за 2005-2018 годы // <https://stat.gov.kz/official/industry/157/statistic/7>

68 Умбетова Ш. М. Техногенные отходы предприятий энергетики и пути их вторичной переработки // Вест. КазНТУ, 2009. – № 4. – С. 72–75.

69 Gökçe H.S., Yalçınkaya Ç., Tuyan M. Optimization of reactive powder concrete by means of barite aggregate for both neutrons and gamma rays // Construction and Building Materials. - 2018. - № 189. - Pp. 470–477. https://www.researchgate.net/publication/327600039_Optimization_of_reactive_powder_concrete_by_means_of_barite_aggregate_for_both_neutrons_and_gamma_rays

70 А. А. Новопашин, И. Ермаков. Свойства бетона на заполнителях из шлака фосфорного производства. http://www.alobuild.ru/betony/beton_i_zhelezobeton_1983/svoystva-betona-na-zapolnitelyah.php

71 Алиев Н. Д., Джафарова Н. А., Садыгова М. Ю. Применение отходов камнедробления в производстве модифицированного бетона. <https://publikacija.ru/images/PDF/2023/75/primenenie-otkhodov.pdf>

72 Ицкович С.М. Заполнители для бетона. -Минск: Вышейшая школа, 1983. -214 с.

73 Dadi Lin, Jin Wu, Pengpeng Yan, Yuhao Chen. Effect of residual mortar on compressive properties of modeled recycled coarse aggregate concrete || <https://www.shttps://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.132511\\ciencedirect.com/journal/construction-and-building-materials> \\Volume 402, 26 October 2023 <https://www.sciencegate.app/document/10.1016/j.conbuildmat.2021.126190>

74 Чеховский Ю.В., Спицын А.Н., Кардаш Ю.А., Алиев А.Д., Чалых А.Е. Исследование контактной зоны цементного камня с крупным заполнителем. Investigation of the contact zone of cement stone with a large-size particles filler //Коллоид. ж. -1988. -№6. -С.1216-1218. <https://istina.msu.ru/publications/article/89600454/>

75 Xie Song-shan. Investigation of adhesion in a contact zone of concrete. Исследование адгезии в контактной зоне бетона //Гуйсуаньянь сюэбао = J. Chin. Silic. Soc. -1983. -№4. -pp.489-497. https://www.researchgate.net/publication/365417042_Investigation_of_the_Contact_Zone_Between_Cement_Stone_and_Various_Types_of_Aggregates_in_Concrete

76 Шейкин А.Е., Чеховский Ю.В., Бруссер М.И. Структура и свойства цементных бетонов. -М.: Стройиздат, 1979. -344 с., ил. <https://elima.ru/books/?id=6014>

77 Tabor David. Principles of Adhesion-Bonding in Cement and Concrete. Принципы адгезионного сцепления в цементе и бетоне //Adhes. Probl. Recycl. Concr. Proc. NATO Adv. Res. Inst., Saint-Remy-Les-Chevreuse, 25-28 Nov., 1980. -New York, London. -1981. -pp.63-87. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4615-8312-7_6

78 Ярлушкина С.Х. Физико-химические процессы, их роль в формировании прочности цементного камня с заполнителями. Physico-chemical processes and their role in formation of strength of cement paste-aggregate contact zone //Структурообразование бетонов и физико-химические методы его исследования: Сб.тр. НИИЖБа. -М., 1980. -с.60-69.
<http://www.stroitmeh.ru/concrete21.htm>

79 Barnes B.D., Diamond S. Initiation and propagation of cracks near Portland cement paste - aggregate interfaces. Образование и развитие трещин на границе заполнителей с цементным камнем //Proc. 2nd Int. Conf. Mech. Behav. Mater., Boston, Mass., 1976, S.1. -pp.1414-1417.
<https://www.dissercat.com/content/tsementobetonnye-pokrytiya-na-osnove-otkhodov-kamnedrobleniya>

80 Bentz Dale P., Garboczi Edward J. Simulation studies of the effects of mineral admixtures on the cement paste - aggregate interfacial zone. Моделирование влияния минеральных добавок на контактную зону между цементным камнем и заполнителем //ACI Mater. J., -1991. -№8. -pp.518-529.

https://www.researchgate.net/publication/234838810_Simulation_Studies_of_the_Effects_of_Mineral_Admixtures_on_the_Cement_Paste-ggregate_Interface_Zone

81 Bertacchi P. Adherence Entre Aggregate et Ciment et son Influence sur les Caracteristiques des Betons. Влияние контактной зоны заполнителей с цементным камнем на некоторые характеристики бетонов //Rev. des Mater. de Const. -1970. -№659-660. -pp.243-249. <https://www.formbeton.ru/article3.html>

82 Rehm Gallus, Diem Paul. Rontgenanalyse des Zementsteins im Bereich der Zuschlage. Рентгеновский анализ слоев цементного камня вблизи зерен заполнителя //Dtsch. Ausschuss Stahlbeton. -1977. -№283. -pp.40-55.

83 Monteiro P.J.M., Mehta P.K. Interaction between Carbonate Rock and Cement Paste. Взаимодействие карбонатного заполнителя с цементным тестом //Cem. and Concr. Res. -1986. -№2. -pp.127-134
<https://www.formbeton.ru/article3.html>

84 B.T. Tajmasov, N.N. Zhanikulov, A.R. Kaltaj. Mineral'no-syr'evye istochniki dlya energosberegayushchego proizvodstva portlandcementnogo klinkera// Kompleksnoe ispol'zovanie mineral'nogo syr'ya. № 2. 2016. URL: https://kims-imio.kz/wp-content/uploads/2018/03/ilovepdf_com-95-101.pdf

85 A. Ismailov, R. Ristavletov, R.Kudabaev, S. Saparov, G. Sypabekova. Different types of fillers in fine-grained concrete made from industrial waste with binding material. Journal of Mechanical Engineering Research and Developments (JMERD) DOI: <https://doi.org/10.26480/jmerd.01.2018.14-17>

86 A.Ismailov, K.Baybolov, R.Ristavletov, B.Kopzhasarov, M.Kambarov, R.Kudabaev U.Ussipbaev, S.Mominova. Effect of Cost-Effective Alkaline Additives on the Hydration of Slag-Cement Mixtures. Journal of Advanced Concrete Technology. Volume 16 (2018), pp. 429-440. <https://doi.10.3151/jact.16.429>

87 Omarov B., Montayev S., Ristavletov R., Dosov K., Montayeva N., Dosaliev K. Sintering and Crystallization Intensifiers for Production of Ceramic

Paving Blocks by Vibropressing Technology. Periodica Polytechnica Civil Engineering, 67(3), pp. 706–715, 2023. Engineering Civil and Structural. Scopus процентиль по Cite Score 53. <https://doi.org/10.3311/PPci.21818>

88 Astakhova L.G. Lektsii po distsipline «Matematicheskaya teoriya planirovaniya eksperimenta» [Lectures on the Discipline “Mathematical Theory of Experiment Planning”]. Vladikavkaz, 2013, 96 p. (In Russian)

89 Konoplenko E.I., Khoreeva N.K., Lapus’ A.P. Metodicheskie ukazaniya po kursu «Planirovanie eksperimenta» dlya studentov zaочноy formy obucheniya [Methodical Instructions for the Course “Planning Experiments” for Students in Correspondence Courses]. Moscow, Moscow State University of Food Production, 2011, 41 p. (In Russian)

90 Obraztsov I.V. Optimizatsiya zernovykh sostavov tsementno-mineral’nykh smesey dlya proizvodstva stroitel’nykh kompozitov metodami komp’yuternogo modelirovaniya [Optimization of Grain Compositions of the Cement-Mineral Mixtures for the Construction Composites Production by the Computer Modeling Methods] : Thesis of Candidate of Technical Sciences. Tver’, 2014, 131 p.

91 ГОСТ 27006 - 2019 Бетоны. Правила подбора состава. ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», -М. 2019. -15с.

92 Рекомендации по подбору составов бетонных смесей для тяжелых и мелкозернистых бетонов,- Москва, 2016 год. ФАУ ФЦС

93 https://kk.wikipedia.org/wiki/%D2%9A%D0%B0%D0%B7%D0%B0%D2%9B%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%B4%D0%B0%D2%93%D1%8B_%D3%A9%D0%BD%D0%B4%D1%96%D1%80%D1%96%D1%81_%D2%9B%D0%B0%D0%BB%D0%B4%D1%8B%D2%9B%D1%82%D0%B0%D1%80%D1%8B

94 Кокунько В.К. Создание и развитие сырьевой базы строительных материалов на основе попутнодобываемых пород и отходов горно-рудных предприятий / В.К.Кокунько // Строительные материалы,- 1994.- №4.-С. 4-6.

95 <https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=10430>

96 Шаяхметов А.У. Особенности термического разложения оксида, пероксида, гидроксида и карбоната кальция/ Шаяхметов А.У., Мустафин А.Г., Массалимов И.А. //Вестник Башкирского университета. –2011. –№1. –С.29–32

97 Исламова Г.Г. Кинетика твердофазного синтеза силикатов кальция и качественная диагностика продуктов синтеза/ Исламова Г.Г., Лыгина Т.З., Губайдуллина А.М. //Вестник Казанского технологического университета. – 2012. –№ 4. –С.257– 262.

98 Kong Kongnengholl. CEMBUREAU – the cement and energy market in Europe and the world. Tsement i ego primenenie. -2013. No. 3, pp. 22–33.

99 Bagova Z., Zhantasov K., Turebekova G. et al. Method for extraction of lead and zinc oxides from slag wastes of lead production // The author’s work № EC-01-003041. – 2020.

<https://interoco.com/copyrightdepository/literarywork/3363-2020-11-24-06-53-33.html>

100 <https://cyberleninka.ru/article/n/shlaki-tsvetnoy-metallurgii-vymyvanie-tyazhelyh-metallov-i-perspektivy-ispolzovaniya-v-stroitelstve>

101 Панышин А.М., Евдокимов С.И., Солоденко А.А. Гравитационная технология переработки шлаков свинцового производства. <https://cyberleninka.ru/article/n/gravitatsionnaya-tehnologiya-pererabotki-shlakov-svintsovogo-proizvodstva>

102 Смирнов М.П. Организация экологически чистого гидроэлектрохимического производства свинца из вторичного сырья в России / М.П. Смирнов, В.С. Сорокина, Р.А. Герасимов // Цветные металлы. – 1996. – № 9. – С. 13–17.

103 Фечко П., Чернотова Л., Чаблик В и др. Утилизация свинецсодержащих металлургических отходов. Обогащение руд 2005, № 4, с. 43-45.

104 Шевко В. М. Разработка физико-химических основ и комплексных хлоридо-и восстановительно-возгоночных технологий извлечения цветных металлов из отходов цветной и черной металлургии : дис. – Гос. НИИ цветных металлов, 1992.

105 Балыков, А.С. Разработка составов высокопрочных мелкозернистых бетонов на природном и техногенном заполнителях и критериев оценки их эффективности [Текст] / А.С. Балыков, Т.А. Низина., Л.В. Макарова//Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева, Высокопрочные Цементные Бетоны: Технологии, Конструкции, Экономика. – 2016. – С. 19.

106 Sensogut C., Ozdeniz A.H. Bricks manufactured from colliery wastes: a case study. International Journal of Mining, Reclamation and Environment. - 2006. - Vol. 20, Iss. 4. - P. 267- 271.

107 <https://massaget.kz/layfstayl/alemtanu/Qazaqstanym/70085/>

108 Шайгазинова А.Е. Управление утилизацией отходов добычи и переработки минерального сырья как важного природозащитного мероприятия. Материалы Республиканской научно-теоретической конференции «Сейфуллинские чтения – 9: новый вектор развития высшего образования и науки» посвященная дню Первого Президента Республики Казахстан. – 2013. – Т.1, ч.2 – С. 147-149.

109 Газиев У.А., Акрамов Х.А. «Отходы промышленности в производстве строительных материалов и изделий». Учебное пособие. Т.: 2003г.

110 Netinger G.I., Barišić I., Fucic A., Bansode, S. S. Applications of steel slag in civil engineering. Characteristics and Uses of Steel Slag in Building Construction, 2016 67–82. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100368-8.00005-1>

111 Auyesbek, S.; Sarsenbayev, B.; Lesovik, V.; Kolesnikova, O.; Begentayev, M.; Kuldeyev, E.; Kolesnikov, A.; Tulaganov, B.; Sauganova, G.; Zhumayev, Z. Studies on the Production of a Ground Silicate Composite Based on

a Mineral Slag Binder with the Disposal of Industrial Waste. *J. Compos. Sci.* 2025, 9, 225.

112 Ismailov, A.; Baybolov, K.; Ristavletov, R.; Kopzhasarov, B.; Kambarov, M.; Ussipbayev, U.; Kudabayev, R.; Mominova, S. Effect of Cost-Effective Alkaline Additives on the Hydration of Slag-Cement Mixtures. *J. Adv. Concr. Technol.* 2018, 16, 429–440.

113 Montaev, S.; Ristavletov, R.; Omarov, B.; Ussenkulov, Z.A.; Dosov, K. Use of Granulated Metallurgy Slag in the Raw Mix for Producing Ceramic Paving Stones: Insights from an Experiment in Kazakhstan. *ISVS E-J.* 2023, 10, 91–105. Available online: <https://www.scopus.com/pages/publications/85169038799> (accessed on 11 December 2023).

114 Navdeep S. T, Singh M.K., Akhil Singh P.K. // Investigating the fresh state performance of concrete containing iron slag and recycled concrete aggregates// *Materials Today: Proceedings/ Volume 65, Part 2, 2022, Pp: 1467-1477* <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.04.462https://www.researchgate.net/publication>
[on](https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.04.462https://www.researchgate.net/publication)

115 EN 12620:2002/AC:2004 - Aggregates for concrete

116 EN 12620:2002/AC:2004; Fillers and Aggregates For Concrete. European Parliament and of the Council: Strasbourg, France, 2002.

117 EN 933-1; Prüfverfahren Für Geometrische Eigenschaften Von Gesteinskornungen. DIN: Berlin, Germany, 2012

118 EN 206-1:2013; Concrete—Part 1: Specification, Performance, Production and Conformity, IDT. Enterprise Singapore: Singapore, 2024.

119 EN 12350-2:2019; Fresh Concrete Tests—Part 2: Slump Test. European Parliament and of the Council: Strasbourg, France, 2019.

120 EN 12390-7:2019; Hardened Concrete Tests—Part 7: Density of Hardened Concrete. European Parliament and of the Council: Strasbourg, France, 2011.

121 ASTM-C666-97; Standard Test Method of Concrete Resistance to Rapid Freezing and Thawing. ASTM International location: West Conshohocken, PL, USA, 2016.

122 EN 12390-1; Prüfung von Festbeton—Teil 1: Form. Maße und Andere Anforderungen für Probekörper und Formen. European Committee for Standardization: Brussels, Belgium, 2021.

123 ASTM C1757-13; Standard Test Method for Determining The Single-Point Volumetric Water Absorption of Dried Concrete. ASTM International: West Conshohocken, PL, USA, 2013.

124 Balykov, A.S.; Nizina, T.A.; Makarova, L.V. Development of high-strength fine-grained concretes compositions based on natural and technogenic fillers and their effectiveness evaluation criteria. In *National Research Mordovian State University named after N.P. Ogarev, Proceedings of the High-Strength Cement Concretes: Technologies, Structures, Economics, Kazan, Russia, 25–27 October 2016; Kazan State University of Architecture and Constructio: Kazan, Russia, 2016; p. 19.* Available online: <https://elibrary.ru/yhksir> (accessed on 21 January 2024)

125 Bazhenov, Y. Modified High-Quality Concretes; Russian State Library: Moscow, Russia, 2006; p. 289. Available online: <https://search.rsl.ru/ru/record/01003034382> (accessed on 12 January 2024).

126 Dvorkin, L.I.; Dvorkin, O.L. Concrete Strength Dependence on Type Of Filler/M350 Concrete Tender System. Available online: <https://m350.ru/articles/more/v/id/100/> (accessed on 12 January 2024).

127 Kopanitsa, N.O.; Demyanenko, O.V.; Kulikova, A.A. Influence of Activation Methods on the Structural and Technological Characteristics of Nanomodified Cement Compositions. *Nanotekhnologii V Stroitel'stve*. 2022, 14, 481–492. [CrossRef]

128 Kluyev, S.V. Lecture Notes in Civil Engineering. In *Digital Technologies in Construction Engineering*; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2022; Volume 173, Available online: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-81289-8?page=3> (accessed on 7 January 2024).

129 Demyanenko, O.V. Complex Modifying Additives Impact on Heavy Concrete Operational Properties. Available online: <https://cyberleninka.ru/article/n/kompleksnye-dobavki-na-osnove-vtorichnyh-resursov-dlya-modifikatsii-tsementnykh-kompozitsiy> (accessed on 16 January 2024).

130 Kulikova, A.A.; Kopanitsa, N.O.; Petrov, A.G. News from the Institutes and Universities. *Construction*. 2021, #5. Available online: http://ntb.spbgasu.ru/cgi-bin/irbis64r_15/cgiirbis_64.exe (accessed on 7 January 2023).

131 Bentz Dale, P.; Garboczi, E.J. Simulation studies of the mineral admixtures effects on the cement paste—Aggregate interfacial zone. *ACI Mater. J.* 1991, 8, 518–529. Available online: https://www.researchgate.net/publication/234838810_Simulation_Studies_of_the_Effects_of_Mineral_Admixtures_on_the_Cement_Paste-Aggregate_Interface_Zone (accessed on 3 January 2024).

132 Zhangabay, N.; Suleimenov, U.; Utebayeva, A.; Kolesnikov, A.; Baibolov, K.; Imanaliyev, K.; Moldagaliyev, A.; Karshyga, G.; Duissenbekov, B.; Fediuk, R.; et al. Analysis of a Stress-Strain State of a Cylindrical Tank Wall Vertical Field Joint Zone. *Buildings* 2022, 12, 1445. [CrossRef]

133 Zhanikulov, N.N.; Khudyakova, T.M.; Taimasov, B.T.; Sarsenbayev, B.K.; Dauletiarov, M.S.; Kolesnikov, A.S.; Karshygaev, R.O. Receiving portland cement from technogenic raw materials of South Kazakhstan. *Eurasian Chem.-Technol. J.* 2019, 21, 333–340. [CrossRef]

134 Gapparov, J.; Syrlybekkyzy, S.; Filin, A.; Kolesnikov, A.; Zhatkanbayev, Y. Overview of techniques and methods of processing the waste of stale clinkers of zinc production. *MIAB Min. Informational Anal. Bull.* 2024, 4, 44–55.

135 Muratov, B.; Shapalov, S.; Syrlybekkyzy, S.; Volokitina, I.; Zhunisbekova, D.; Takibayeva, G.; Nurbaeva, F.; Aubakirova, T.; Nurshakhanova, L.; Koishina, A. Physico-Chemical Study of the Possibility of Utilization of Coal Ash by Processing as Secondary Raw Materials to Obtain a Composite Cement Clinker. *J. Compos. Sci.* 2023, 7, 234. [CrossRef]

136 Khudyakova, T.M.; Kolesnikova, O.G.; Zhanikulov, N.N.; Ashirbaev, H.A.; Kolesnikova, V.A. Low-Basicity Cement, Problems and Advantages of its Utilization. *Refract. Ind. Ceram.* 2021, 62, 369–374. [CrossRef]

137 Shangina, N.N. Prediction of Physical and Mechanical Characteristics of Concretes Assuming Donor-Acceptor Properties of the Fillers and Aggregates Surface. Ph.D. Thesis, St. Petersburg State Transport University, Saint Petersburg, Russia, 1998; p. 387.

138 Beskopylny, A.N.; Stel'makh, S.A.; Shcherban', E.M.; Saidumov, M.S.; Abumuslimov, A.; Mezhidov, D.; Wang, Z. Eco-Friendly Foam Concrete with Improved Physical and Mechanical Properties, Modified with Fly Ash and Reinforced with Coconut Fibers. *Constr. Mater. Prod.* 2025, 8, 1. [CrossRef]

139 Akhtyamov, V.F.; Baturin, A.S.; Yelizarov, I.A.; Khafizova, E.N. Research of the opportunity of getting high-strength concretes based on non-metallic materials production waste and polycarboxylate esters additives. In Proceedings of the D.I. Mendeleev International Young Scientists Scientific and Practical Conference, Ekaterinburg, Russia, 20–30 September 2016; pp. 315–318. Available online: <https://elibrary.ru/item.asp?id=27691314> (accessed on 10 March 2024).

140 Dong Mei Liu. Research on Application of Phosphorus Slag in Cement. *Applied Mechanics and Materials* (Volumes 117-119) <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.117-119.1437>

141 Gui Hai Qi, Xiao Qin Peng. Analysis on the Pozzolanic Effects of Phosphorus Slag Powder in Concrete. *Advanced Ceramics and Composites*, 01 Apr 2011, Vol. 477, pages 112 - 117. <http://www.scientific.net/KEM.477.112>

142 Zhanikulov, N., A. Абдуллин, Б. Таймасов, & М. Кенжехан. (2023). МЫРЫШ-ФОСФАТТЫ КОМПОЗИЦИЯЛЫҚ ЦЕМЕНТ АЛУ ҮШІН ФОСФОР ШЛАГЫН ЗЕРТТЕУ. *Academic Scientific Journal of Chemistry*, (2), 63–74. <https://doi.org/10.32014/2023.2518-1491.164>

143 Лю Дун Мэй, Кун Хэ Фан. Research on the Strengthening Effect of Phosphorus Slag Powder on Cement-Based Materials. *Key Engineering Materials* Vols. 405-406. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.405-406.356>

144 Баженов, Ю.М. Технология бетона / Ю.М. Баженов. – М. : АСВ, 2002. – 500 с.

145 Ежов В.Б. Технология бетона, строительных изделий и конструкции / В.Б. Ежов. – Екатеринбург. 2014. -206с.

146 Калашников В.И. Эволюция развития составов и изменение прочности бетонов. Бетоны настоящего и будущего. Ч. 1. Изменение составов и прочности бетонов // Строительные материалы. 2016. № 1–2. С. 97–103.

147 С.В. Медведько и др. Коррозия бетона и железобетона. Методы защиты. Методические указания к лабораторным работам. ВолгГАСУ, Волгоград. 2014. –

148 Ming, F., Deng, Y., & Li, D. (2016). Mechanical and Durability Evaluation of Concrete with Sulfate Solution Corrosion. *Advances in Materials Science and Engineering*, 2016, 6523878.

149 ГОСТ 25881-83 Бетоны Химические стойкие. Методы испытаний. Москва. 1983. -11с.

150 Краснощеков В.Н., Лунев Г.Г. Оценка экономической эффективности комплексного использования вторичных строительных ресурсов. Ветн. Моск. Ун-та. Сер. 6. Экономика. 2022. № 5. -С172-192.

Қосымша А

Пайдалы модельге Патент



Қосымша Б

Зерттеу нәтижелерін өндіріске ендіру АКТ-ы

БЕКІТЕМІН:

«БЕТОН» ЖШС директоры
Тұрғамбаев Н.О.
«19» маусым 2026 ж.

**Комиссияның бақылау үлгілерін қабылдау туралы
АКТ**

«БЕТОН» ЖШС-нің 2026 жылғы 16 сәуірдегі №3 бұйрығына негізделген Ведомстволық қабылдау комиссиясы, тәжірибелік-өнеркәсіптік партияны шығару туралы және «БЕТОН» ЖШС-нің бекітілген бұйрығына сәйкес Ашысай және Ансай кен орны техногенді толтырғыштары негізінде ауыр бетоннан жасалған бұйымдар мен конструкциялардың тәжірибелік-өнеркәсіптік партиясын шығаруды қабылдау туралы.

Ведомстволық комиссия ұсынылған тәжірибелік үлгілерді қабылдаған деп санайды.

Сынамалық өндіріс партияларын шығару хаттамасы осы АКТ-тың ажырамас бөлігі болып табылады.

Комиссия төрағасы:

ЖШС директоры:

Тұрғамбаев Н.О.

Комиссия мүшелері:

Цех бастығы

Маранмов Т.Б.

М.Әуезов атындағы ОҚЗУ-нен:

т.ғ.к., профессор

Сузев Н.А.

т.ғ.к., профессор

Риставлетов Р.А.

докторант

Нурымбетова Р.У.

Қосымша В

Зерттеу нәтижелерін білім беру процесіне ендіру АКТ-ы

Келісді: Ғылыми
ҒЖ және И жөніндегі проректор
Жанибеков А.К.

«__» 2026 ж.

Ф.7.07-14
Бекітемін
Академиялық мәселелер
жөніндегі проректор
Имангалиев Е.И.

«__» 2026 ж.

АКТ

«Қазақстанның оңтүстігіндегі құрылыс индустриясы мен түсті металдар техногенді қалдықтары негізінде модификацияланған бетондар технологиясын әзірлеу» тақырыбындағы ҒЗЖ нәтижесін білім беру процесіне ендіру туралы

Осы АКТ 2025 жылы «Құрылыс материалдары және құрылыстағы сараптама» кафедрасында орындалған ғылыми-зерттеу жұмысы нәтижесінде құрастырылған.

Осы АКТ-пен ғылыми-зерттеу жұмысының нәтижесі түсті металдар техногенді қалдықтары негізінде модификацияланған бетондардың құрамын оңтайландыру арқылы олардың физика-механикалық және эксплуатациялық қасиеттері жетілдірілгені және зерттеу нәтижелері білім беру процесіне ендірілгені расталады.

ҒЗЖ нәтижелері Scopus базасына енетін ғылыми журналда (Q2) төмендегі ғылыми мақалада жарияланған:

- Nurymbetova R.; Ristavletov R.; Suzev N.; Kolesnikov A.; Kalshabekova E.; Kambarov M.; Kopzhasarova, G.; Omarov B.; Zhumayev Z.; et al. Study on the Possibilities of Utilizing Wastes of Polymetallic Combines in South Kazakhstan for the Production of Composite Heavy Concrete. J. Compos. Sci. 2025, 9, 468. <https://doi.org/10.3390/jcs9090468>

«Құрылыс материалдары және құрылыстағы сараптама» кафедрасының профессоры т.ғ.к., Риставлетов Р.А. және докторант Нурымбетова Р.У орындаған ҒЗЖ нәтижесі білім беру процесіне:

- 6B07088 (1) – «Құрылыстағы сараптама және техникалық қадағалау» БББ, «Жасанды және табиғи тас материалдарды сараптау» пәнінің оқу бағдарламасына «6 тақырып: Техногенді қалдықтар негізіндегі майда жіне ірі толтырғыштар. Өндіріс қалдықтарын толтырғыш ретінде қолдану мүмкіндігі» 6 дәріс тақырыбына енгізілген.

Каф. меңгерушісі: Камбаров М.А.

АкМжОУСЖД директоры
Наукенова А.С.

Ғылыми жетекшісі: Риставлетов Р.А.

ЖБД директоры: Серікұлы Ж.

ҒКжЖБО басшысы

Қосымша Г

Анықтама

№1260006008216302 22.07.2026 ж. (г.)

ҚР ДСМ СЭБК «Ұлттық сараптама орталығы» ШЖҚ РМК Түркістан облысы бойынша филиалының Шымкент қалалық бөлімшесі индекс:160013, мекенжайы: Шымкент қ, Майдантал көшесі,4 Тел: 43-30-66 email:turkestan – obl@nce.kz		Нысанның БҚСЖ бойынша коды Код формы по ОКУД _____ КҰЖЖ бойынша ұйым коды Код организации по ОКПО _____
Шымкентское городское отделение Филиала РГП на ПХВ «Национальный центр экспертизы» КСЭК МЗ РК по Туркестанской области индекс:160013,адрес: г.Шымкент, ул.Майдантал,4 Тел: 43-30-66 email: turkestan – obl@nce.kz	Радиологическая лаборатория	Қазақстан Республикасының Денсаулық сақтау министрінің 2021 жылғы «20» тамыздағы № ҚР ДСМ-84 бұйрығымен бекітілген № 052/е нысанның Медициналық құжаттама Медицинская документация Форма № 052/у Утверждена приказом Министра здравоохранения Республики Казахстан от «20» августа 2021 года № ҚР ДСМ-84

Дозиметриялық бақылау ХАТТАМАСЫ ПРОТОКОЛ дозиметрического контроля

№ 38-пл-д /РО-26-01894-1260006008216302 22.07.2026 ж. (г.)

- Объект атауы, мекенжайы(Наименование объекта, адрес): Ч.л. Нұрымбетова Р., г.Шымкент, ул. Косай баба, 4.
- Өлшеулер жүргізілген орын (бөлім, цех, квартал)(Место проведения замеров (отдел, цех, квартал)): радиологическая лаборатория
- Өлшеулер мақсаты(Цель измерения): измерение МЭД гамма-излучения
- Өлшеулер тексерілетін объект өкілінің қатысуымен жүргізілді(Измерения проводились в присутствии представителя обследуемого объекта): Ч.л. Нұрымбетова Р.
- Өлшеулер құралдары атауы, түрі, зауыттық нөмірі (Средства измерений)(наименование, тип, заводской номер): ДКС АТ 1123 №57484
- Тексеру туралы мәліметтер (Сведения о поверке) берілген күні мен куәліктің нөмірі(дата и номер свидетельства): № UF-17-25-4515503 от 21.10.2025г.
- Өлшеу шарттары туралы қосымша мәліметтер(Дополнительные сведения об условиях измерения): 0,10 мкЗв/ч

Өлшеу нәтижелері (Результаты измерений):

Тіркеу нөмірі Регистрационный номер	Өлшеу жүргізілген орын Место проведения измерений	Дозаның өлшенген қуаты (мкЗв/час, н/сек) Измеренная мощность дозы (мкЗв/час, н/сек)			Зерттеу әдістемесінің НҚ-ры НД на метод испытаний	Дозаның рұқсат етілетін қуаты (мкЗв/час, н/сек) Допустимая мощность дозы (мкЗв/час, н/сек)		
		Еденнен жоғары (топырақтан) На высоте от пола (грунта)						
		1,5м	1м	0,1м			1,5м	1м
1	2	3	4	5	6	7	8	9