Ф.7.37-01

М.ӘУЕЗОВ АТЫНДАҒЫ ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН УНИВЕРСИТЕТІ

ӘОЖ 691.32:669.2/8.054.8(574.5)

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 Пухаренко 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**	27
2.1	Диссертациялық жұмыста қолданылатын зерттеу әдістері	27
2.2	Бетондар үшін шикізаттық материалдар ретіндегі техногенді қалдықтардың сипаттамалары	28
2.3	Техногенді қалдықтардың негізгі қасиеттерін зерттеу	32
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 қасеттерін жақсарту үшін бетонның құрамын таңдау және оңтайландыру	36
3.2	Ауыр бетонның физика-механиканикалық қасиеттеріне техногенді қалдықтардың 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.	Полиметалды өндіріс техногенді қалдықтарынан алынған	65

6 толтырғыштар негізіндегі бетондар
3.7 Фосфор қожы толтырғыштары негізіндегі бетонның қасиеттерін зерттеу 84
4 ТҮРЛІ ӨНДІРІС ТЕХНОГЕНДІ ҚАЛДЫҚТАРЫ ТОЛТЫРҒЫШТАРЫ НЕГІЗІНДЕГІ БЕТОНННЫҢ НЕГІЗГІ СИПАТТАМАЛАРЫН САЛЫСТЫРМАЛЫ ТАЛДАУ 87
4.1 Техногенді толтырғыштар негізіндегі бетондарды коррозиялық төзімділігін бағалау 87
4.2 Түрлі техногенді толтырғыштар 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 117
ҚОРЫТЫНДЫ 120
ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ДЕРЕК КӨЗДЕРДІҢ ТІЗІМІ 124
ҚОСЫМША А 137
ҚОСЫМША Б 138
ҚОСЫМША В 139
ҚОСЫМША Г 140

НОРМАТИВТІК СІЛТЕМЕЛЕР

Осы диссертацияда келесі нормативтік құжаттарға сілтемелер пайдаланылды:

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

EN 933-1 Prufverfahren fur 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 Prufung von Festbeton — Teil 1: Form. Maβe und andere Anforderungen fur Probekorper 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

ГОСТ12730.3-2020. 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 майда толтырғыштардан тұратын бетон.

Техногенді қалдықтар – өзінің бастапқы қолдану мақсатынан жартылай немесе толық айырылған өндіріс қалдықтары.

Екінші реттік шикізат – бұл белгілі бір өңдеуден кейін қайта қолдануға болатын шикізаттық материалдар.

Техногенді толтырғыштар – бұл техногенді қалдықтар негізіндегі бетон толтырңыштары.

Беріктік - материалдың жүктеме әсерінен пайда болатын кернеулер әсерінен бұзылуға қарсы тұру қасиеті.

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.

Бетон класы – бетонның кепілдендірілген сығуға беріктігі.

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.

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

Фосфор қожы - Шымкент фосфор зауытының техногенді қалдықтары.

Қорғасын қожы - Шымкент қорғасын зауытының техногенді қалдықтары.

Полиметалды қалдықтар - Ащысай және Аңсай кен орнындарының техногенді қалдықтары.

БЕЛГІЛЕУЛЕР МЕН ҚЫСҚАРТУЛАР

Осы диссертацияда келесі қысқартулар мен белгілеулер қолданылады:

ИРЛИП	– инженерлік бейіндегі аймақтық сынақ зертханасы
ДРОН-3	– рентген дифрактометрі
Achots	- Ащысай кенорнының техногенді қалдығы
Anskhv	- Ансай кенорнының техногенді қалдығы
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

Зерттелетін мәселенің өзектілігі: Техногенді қалдықтардың жиналуы – қазіргі әлемдегі аса өзекті мәселелердің бірі. Әсіресе Қазақстанның өнеркәсіптік кешені негізінен ресурстарды өндіру мен өңдеуге бағытталып көп мөлшерде қалдықтардың түзілуіне алып келетіндіктен бұл мәселе ерекше алаңдатады. Өндірістік қалдықтарды жинау, сақтау, жою және өңдеу 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 өңдеу 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» компаниясының әктасты қалдықтары – 5,4 млн., «Южполиметалл» акционерлік қоғамы қорғасын өндірісі металлургиялық қалдықтары - 2 млн., «Бағаналы» жауапкершілігі шектеулі серіктестігінің фосфор өндірісі қалдықтары – 3,6 млн. және «Химиялық өнеркәсіп» акционерлік қоғамы химия өнеркәсібінің қалдықтары – 1,09 млн тоннадан астам техногенді қалдықтар жинақталғаны анықталды. Бұл қалдықтарды заласыздандыру және құрылыс саласында кәдеге жарату, құрылыс материалдары нарығына жергілікті техногенді минералды шикізатты пайдалана отырып өндірісті ұлғайтуға, өнімнің өзіндік құнын төмендетуге және импортқа тәуелділікті азайтып, ірі қалдық үйінділерін залалсыздандырып, аймақтың экологиялық жағдайын жақсартуға мүмкіндік береді.

Дегенмен тау-кен өндірісі қалдықтарын қайта өңдеу және пайдалану тәжірибесін зерттеу, ресурстық құндылығы жағынан аталған қалдықтар минералды шикізаттың сарқылмас көзі болуына қарамастан, елімізде екінші реттік шикізаттарды пайдалану технологиясының жетілмегендігіне 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 технологияларынын жетілмегендгі осы зерттеулерді жүргзуге 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 – Оңтүстік Қазақстанның құрылыс индустриясы мен түсті металургия өндірісі техногенді қалдықтары негізінде ауыр бетоннын қажетті физика-механикалық және эксплуатациялық қасиеттерін қамтамасыз етіп, аймақтын экологиялық жағдайын жақсартуға мүмкіндік беретін ресурүнемдеуші технологиясын әзірлеу.

Міндеттері:

- Техногенді қалдықтар негізінде модификацияланған бетондарды өндірудің бүгінгі күнгі жағдайын зерделеу;
- Оңтүстік Қазақстанның құрылыс индустриясы мен түсті металлургия өндірістері қалдықтарына физика-химиялық талдау жасап, ауыр бетон технологиясында толтырғыштар ретінде қолдану мүмкіндігін негіздеу;
- Бетонның физика-механикалық қасиеттерінің техногенді қалдықтар негізіндегі толтырғыштардың түрі мен минералогиялық құрамына тәуелділігін анықтау;
- Техногенді қалдықтар негізіндегі толтырғыштардың ауыр бетонның физика-механикалық және эксплауатациялық 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 Қазақстаннның 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.

Жұмысшы гипотеза: Дәстүрлі және техногенді толтырғыштар, байланыстырғыш зат пен модификациялаушы қоспалар мөлшерін үйлесімді пайдалану гидратация және құрылымтүзілу процесін мақсатты басқаруға, цемент пен табиғи шикізаттың шығынын төмендетуге және цемент тасының тығыз құрылымын қалыптастыру арқылы ұзақтұрақтылығы жоғары бетон алуға мүмкіндік береді.

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°С-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 қажетті физика-механикалық қасиеттері бар ауыр бетондарда қолдану мүмкіндігі теориялық және тәжірибелік тұрғыдан көрсетіліп, оның тиімділігі анықталды, осылайша оны практикалық қолдануға қажетті негіз қаланған;

- Бетонның физика-механикалық және эксплуатациялық қасиеттерінің техногенд қалдықтар негізіндегі толтырғыштардың түрі мен минералогиялық құрамына тәуелділігі зерттеліп, бетон беріктігінің артуы толтырғыштардың меншікті бетінің ауданы мен минералогиялық құрамына тәуелді екені анықталды. 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 анықталған;

- Ауыр бетонның химиялық төзімділігінің техногенді толтырғыштардың минералогиялық құрамына туелділігі анықталып, толтырғыштардың құрамында алюминий тотығы мөлшері жоғары болған сайын, олардың сульфатты коррозияға төзімділігі нашарлайтыны, қолданылған толтырғыштар негізіндегі бетонның сульфатты коррозияға төзімділігі «бадам толтырғышы» → «қорғасын қожы» → «Achots» → «Anskhv» бағытында артатыны анықталған;

- Техногенді толтырғыштар негізіндегі ауыр бетонның жоғары беріктігі мен химиялық төзімділігін қамтамасыз ететін оңтайлы құрамы әзірленіп, 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 ($К_т$ = 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 жаңатүзілімдердің қарқынды бөлінуіне қарай ығыстырып, оларды ерімейтін қосылыстарға байланыстыратыны және бұл өнімдер $Са(ОН)_2$-мен әрекеттескенде төменгі негізді гидросиликаттар түзіп, бетонның физика-механикалық қасиеттерін оңтайландыруға мүмкіндік беретіні анықталған;

- Техногенді қалдықтар негізіндегі толтырғыштарды ауыр бетонның ресурүнемдеуші технологиясы әзірленіп, техногенді толтырғыштарды 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 беретінін көрсетті. Модификацияланған құрамды қолдану бетонның физика-механикалық қасиеттерінің жоғарылауы есебінен жоғары техникалық және эксплуатациялық тиімділік береді.

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.

Негізігі 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 түрі, минералогиялық құрамы мен мөлшеріне тәуелділігін зерттеу нәтижелері;

- 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 нәтижелері мен бетонның оңтайлы құрамы;

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

Енгізу дәрежесі. Диссертация нәтижелері «JN LAW Corporation» және «Бетон» ЖШС базасында өндірістік апробациядан өтіп, «JN LAW Corporation» базасында өрдіріске ендірілді. 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-пркатикалық басылымдарда жарық көрді. «Бетон араласпасы» тақырыбында ҚР пайдалы моделі алынды.

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

Заманауи құрлыс инустриясына жасыл технологияларды кеңінен ендіру Қазақстан Республикасының тұрақты даму тұжырымдамасының құрамдас бөлігі ретінде, өндірістің қоршаған ортаға кері әсерін төмендетіп, энергетикалық тиімділігін арттыру арқылы, құрылыс материалдары мен бұйымдары өндірісінің қоршаған ортаға зиян әсерін төмендетіп, минералды шикізат пен екінші реттік ресурстарды тиімдірек пайдалануға бағытталған [1]. Бұл мәселенің өзекті болуы жаһандық экологиялық ділгірліктердің күшейуімен де, табиғи ресурстар тапшылығының артуымен де байланысты болып отыр. Әлемде өндіріс қалдықтарын қайтадан кәдеге жарату 85-90% деңгейінде, ал бұрынғы ТМД елдерінде бұл қалдықтардың көпшілігі құрамы мен қасиеттері жағынан табиғи шикізатқа ұқсас болса да бар-жоғы 20% шамасында ғана ғана қайта өңделетіні белгілі [2,3].

Пайдалы қазбаларды өндіру, байыту және қайта өңдеу кезінде түзілетін қалдықтарды екінші реттік шикізат ретінде өндіріске қайта 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 қасиетері 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 еліміз бойынша: Алматы облысында - 47914,90 т, Ақмола облысында - 76834,50 т, Ақтөбе облысында - 30675,30 т, Жамбыл облысында - 44188,93 т, Шығыс Қазақстан облысында - 887914,57 т, Павлодар облысында - 8770,86 т, Қарағанды облысында - 2809342,13т, Қостанай облысында - 611101,70 т, Оңтүстік Қазақстан облысында - 142355,30 т құрайды [27].

Қолданыстағы қалдық қоймаларының пайдалану мерзімі шектелген, олардың көпшілігі толған немесе алдағы жылдары аяқталады.

Сонымен бірге аталған қалдық қоймалары кең алқаптарды алып жатыр, ол жердегі қалдықтардың жоғарыдисперсті болуына байланысты өндіріс жақсы дамыған аймақтарда жоғары экологиялық жағдай қалыптасуда.

Техногендік қалдықтар пайдалану алдында қосымша ұнтақтауды қажет етпейтін ұнтақталған күйінде болғандықтан, бұлоларды қолдану шығындары төмен болады. Сонымен бірге, кенді байыту процесі кезінде олардың химиялық және минералогиялық құрамы бойынша біртектілігі қамтамасыз етіледі.

Кендерді байыту процесінің қалдықтары табиғи тау жыныстарымен салыстырғанда біріншіден, біртекті және, екіншіден, қазірдің өзінде ұсақталған және кейде фракцияланған күйде болғандықтан бейметалдық құрылыс материалдарын өндіруде 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 компаниясыны 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 өндіріс қалдықтарын құрылыс-технологиялық тұрғыдан кәдеге жарату өте маңызды, себебі тек құрылыс индустриясы кәсіпорындарының қалдықтарды тұтыну ауқымын ғана, оның пайда болу ауқымымен [32] салыстыруға келеді.

Қазақстан Республикасы кәсіпорындарының техногенді минералдық қалдықтарындағы бағал компоненттердің үлесі табиғи пайдалы қазбалар кен орындарындағымен салыстыруға болатындай дәрежеде және оларды кәдеге жарату технологияларының жетілмегендігі бұл зерттеу жұмыстарын жүргізудің алғышарты болып табылады. Осы бағыттағы ғылыми зерттеулер техногендік қалдықтарды өндірістік айналымда пайдалану аясын 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» тұжырымдамасына сәйкес өндіріс қалдықтарын қайта пайдалану әлемнің барлық елдері үшін басты экологиялық және әлеуметтік проблема болып табылады [36, 37].

Дегенмен, өндірістік қалдықтарын қосымша өңдеусіз және дайындаусыз, жоғары сапалы құрылыс материалдарын өндіру үшін пайдалану мүмкін емес. Бұл техногенді қалдықтар құрамының тұрақсыз болуына және

олардың құрамында қажетсіз қоспалар мен қосындылардың болуына байланысты. Техногенді қалдықтар негізінде ресурс үнемдейтін құрылыс материалдарының өндіру технологияларын әзірлеу 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.

Қазіргі таңда техногенді қалдықтарды құрылыс материалдарын өндіруде қолдану бағытында қалдықтардың минералогиялық құрамы мен белсенділігіне байланысты бірнеше топқа жіктейді:

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

- микротолықтырғыштар, жоғарыдисперсті бөлшектер цемент пен толтырғыш түйіршіктері арасындағы кеуектерді толтырып, бетон құрылымын жақсартады;

- бетон араласпасының сусұранысын реттеуші қалдықтар, кейбір қалдықтар (мысалы, күл) цементтің сусұранысын төмендетіп, араласпаның жылжымалылығын арттыруға мүмкіндік береді;

- жылу бөлінуін 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 CaO 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]:

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

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

$$\Sigma O = CaO + MgO + K_2O + Na_2O;$$
$$\Sigma K = SiO_2 + Al_2O_3 + TiO_2.$$

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

$$H_4SiO_4 + Ca(OH)_2 \rightarrow CaH_2SiO_4 \bullet 2H_2O$$

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

Пуццоланды белсенділікті құрамында (CaO + MgO) ≤ 10–12% шамасында, яғни бос күйіндегі CaO мен MgO-ның мөлшері төмен болатын [40] қалдықтар көрсетеді және әдетте олар сумен тікелей әрекеттесуге қабілетсіз келеді. Пуццоландық белсенділік деңгейіне байланысты қышқыл күлдер инертті – Mo < 0,1 (k_0 > 10) және жасырын – белсенді Mo > 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].

CaO 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 ~ 1 мкм) қатты фазаны түзу қабілеті түсініледі:

$$CaO + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2 + Q$$

(CaO + MgO) ≥ 20% (Mo = 0,5–2,8; k_0 = 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:

$$CaO + CO_2 \rightarrow CaCO_3$$
$$CaSiO_3 + CO_2 \rightarrow CaCO_3 + SiO_2$$
$$MgO + CO_2 \rightarrow MgCO_3$$
$$MgSiO_3 + CO_2 \rightarrow MgCO_3 + SiO_2$$

Табиғи минералды шикізат пен өндіріс қалдықтарындағы кальций және магнийдің айтарлықтай бөлігі химиялық қосылыс, яғни силикаттар мен алюмосиликаттар түрінде, белсенділігі төмен күйде кездеседі. Ал кремний қостотығының тетраэдрлік кристалл торы құрылымында байланыспаған кальций мен магнийдің қалған бос бөлігі белсенді күйде болады. Минералды бөліп алынғаннан кейінгі кальций мен магнийдің белсенді бөлігі CO_2-мен әрекеттесіп, қатты күйдегі $CaCO_3$ және $MgCO_3$ түзеді [42].

Жоғарыдисперсті минералды толықтырғыштар құрылыс материалдарын модификациялау үшін кеңінен қолданылатыны белгілі, олар материалдың технологиялық және эксплуатациялық қасиеттерін басқарып, қажетті бағытта өзгеру мүмкіндігін береді [42,43], негізінен бұндай

жоғарыдисперсті толықтырғыштарды қолдану байланыстырғыш заттың шығынын азайтып, өнімнің өзіндік құнын төмендетеді [42-45].

Минералды микротолтырғыштардың тиімділігі олардың қасиеттері ғана емес, сонымен бірге енгізілетін мөлшері мен дисперстілік дәрежесіне де тәуелді.

Микротолықтырғыштар негізінен:

- материалдың құрылымына әсер етіп, композиттік цемент тасы мен портландцемент гидратациялық қатаю өнімдерінің құрылымын жақсартады, яғни тығыз құрылымды бетонның қалыптасуына әсер етіп, олардың ең маңызды қасиеттері: механикалық беріктік пен аязға төзімділігінің артуына әсер етеді;

- микротолықтырғыштардың оңтайлы мөшері толықтырғыш бөлшектерінің барлық жағынан гидратталған байланыстырғыш бөлшектерімен тығыз қоршалуын қамтамасыз етіп, компазиттің физика-механикалық қасиеттерін жақсартуға мүмкіндік береді, ал аз мөлшері оның тиімділігін төмендетеді;

- микротолықтырғыштар суперпластификаторлардың реологиялық тиімділігін арттырып, жасанды тас құрылымның тығыздалуын қамтамасыз етеді. Сонымен бірге кристалдану қабықтарының пайда болуына және бөлшектердің бірігуіне ықпал етіп, цементті жүйелердің беріктігін арттырады.

- микротолықтырғыштардың бетон беріктігіне әсері олардың беткі электрлік қасиеттеріне, мөлшеріне және С/Ц қатынасына тәуелді болады, мысалы, 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 энерегтикалық 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 өндірістік айналымға қайтару деңгейін кеңейтіп, табиғи шикізатты өңдеуге кететін шығындарды төмендету арқылы ресурс үнемдеуші технологияларды енгізуге мүмкіндік береді. Құрылыс индустриясының қарқынды дамуы, құрылыс материалдарын өндіру саласына заманауи, қажетті қасиеттері бар материалдарды өндіру міндетін ғана емес, сонымен бірге қолданыстағы негізгі сипаттамалары қолданыстағы материалдардан кем түспейтін, энергетикалық тиімді құрылыс материалдары мен бұйымдарды өндіруге мүмкіндік беретін технологияларды енгізу міндетін жүктеуде [47].

Ғылыми әдебиеттерді талдау бірқатар шетелдік және отандық ғалымдардың еңбектері құрылыс материалдарын өндіруде техногенді және екінші реттік шикізатты кешенді пайдаланудың теориялық негіздемесіне арналған.

Бұл бағыттағы ғылыми еңбектерді талдау цементті өндіру кезінде түзілген қалдықтарды пайдалану арқылы өндіріс шығындарын төмендетіп, кристалды әктасты және оның механикалық өңдеу кезінде түзілетін қалдықтарын пайдалану тәжірибесі бар екенін [48, 49] көрсетеді.

Ғылыми зерттеулер полиметалды кендердің байытылған қалдықтарындағы карбонатты қалдықтардың үлесі 50-70% шамасында болатынын анықтаған, бұл оларды байланыстырғыш заттарға карбонатты қоспа ретінде пайдалануға мүмкіндік береді. Сонымен бірге полиметалл кендерінің байытылған қалдықтарында барий сульфатының белгілі бір мөлшерінің болуы композиттік цементтің гамма және рентген сәулелерінен

қорғаныш қасиеттерін жақсарта алатыны анықталған [50]. [51-53] еңбек авторлары «Ачполиметалл» акционерлік қоғамы полиметалл кендерін байыту қалдықтарын түрлі құрылыс материалдарын өндіруде пайдалану бойынша зерттеу нәтижелерін ұсынған.

[54, 55] еңбектердің авторлары электротермофосфор өндірісінің қалдықтарын, домна қождары мен күл қождарын мақсатты пайдалану бағытында көптеген зерттеулер жүргізіп, аталған қалдықтарды әртүрлі мақсаттағы цемент клинкерлерін өндіруге жарамды екенін анықтаған. Түсті металлургия қождары сирек кездесетін пирит шламдарын алмастыра алатыны да анықталған [56].

[58, 59] еңбектің авторлары барит қалдықтарын ауыр бетон үшін толтырғыш және толықтырғыш ретінде пайдалануды ұсынып, бұл қалдықтар бетон араласпасындағы кварц құмын ішінара немесе толығымен алмастыруға мүмкіндік беретінін көрсетеді. Барит қалдықтары қолданылған модификацияланған бетондардағы сызықтық гамма-сәулелерді сіңіру коэффициенті 19%-ға дейін артатыны, ал кварц құмының шамамен 40% барит құмымен ішінара алмастыру гамма-сәулелерден де, нейтрондық сәулеленуден де қорғауды қамтамасыз ететінін анықтаған. Ауыр бетонның құрамында дәстүрлі толтырғыштарды барит құмымен алмастырып, бетонның құрамын оңтайландыру бақылау үлгілерімен салыстырғанда физика-механикалық қасиеттері жоғары бетон алуға мүмкіндік беретін дәлелденген [60, 61].

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

[64-68] ғылыми еңбектердің авторлары Қазақстанның кейбір ірі тау-кен өндіріс орындарында жинақталған техногендік қалдықтардың сандық және сапалық сипаттамаларын анықтап, кенді байыту қалдықтарына негізделген құрғақ құрылыс араласпалары мен ұялы бетон алудың ресурсүнемдеуші технологияларын ұсынған.

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 композиттерді 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 цмент тасының толтырғыш дәндерімен байланысу беріктігі көптеген факторларға тәуелді, атап атйқанда:

- 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 эттрингит кристалдарынан және толтырғыш түйіршіктерінің бетіне қатысты белгілі бір бағытта орналасқан майда $Ca(OH)_2$ кристалдарынан тұрады. Толтырғыш түйіршіктері бетіне салыстырмалы түрде үлкен бұрыш түзе бағытталған үлкен алтыбұрышты $Ca(OH)_2$ кристалдары, жанасу қабатын эттрингит пен $Ca(OH)_2$ 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 эттрингиттің моносульфатқа 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 цмент қамыры (7,11% C_3A) мәрмәр негізіндегі карбонатты толтырғыштармен әрекеттесіп, $CaCO_3$-$Ca(OH)_2$-H_2O жүйесіне жататын түрлі құрамдағы кальций карбонатын түзетінін анықтаған. Жалпы $Ca(OH)_2$ ірі бағытталған кристалдарымен салыстырғанда кальций карбонаты кристалдарыны салыстырмалы түрде кіші және гидратация өнімдерінің арасында еркін орналаса алатыны анықталған. Бұл құбылысты цемент тасы мен карбонатты жыныстар негізіндегі толтырғыштардың жанасу аймағының механикалық беріктігінің артуымен түсіндіріледі.

Техногендік қалдықтардың физика-механикалық қасиеттері түрліше болады және модификацияланған өнімдердің сапасына түрліше әсер етеді. Бұл өз кезегінде әрбір қалдық түрін өңдеуді және оларды дайындаудың сәйкес әдіс-тәсілдерін әзірлеуді қажет етеді. Техногендік қалдықтарды пайдаланудың тиімділігін арттыру үшін оларды залалсыздандыруға деген жаңа көзқарас қажет, бұл оларды тасымалдау тәсілдерін таңдау, санитарлық бағалаудың ақпараттық-талдамалық дерекқорын құруға мүмкіндік береді. Ал техногенді қалдықтарды кондициялау және сақтау тәсілдерін әзірлеуге қосымша инвестицияларды талап етеді.

Өндіріс қалдықтарының химиялық құрамы, түйіршіктерінің өлшемі мен фазалық-минералогиялық құрамы табиғи минералды шикізатқа өте жақын. Құрылыс материалдары мен бұйымдарын өндіруде түрлі өндіріс қалдықтары негізіндегі араласпаларды пайдалану қоршаған ортаға зиянды ісерді төмендетіп, экологиялық мәселелерді шешудің стратегиялық шешімдерінің бірі болып табылады.

Құрылыс материалдарын өндіру үшін екінші реттік минералды ресурстарды пайдалану да бүгінгі күннің өзекті мәселесі болып табылады.

Кез келген өндіріс қалдықтарының белгілі бір дәрежедегі құндылығы бар. Бұл қалдықтардың құрамында көптеген құнды компоненттер болып, оларды құрылыс индустриясы үшін, соның ішінде жол құрылысы, гидротехникалық және басқа да құрылыс түрлері үшін құнды минералды шикізат ретінде пайдалану мүмкіндігін береді. Техногенді және екінші реттік қалдықтарды кәдеге жарату құрылыс индустриясының минералды-шикізат базасын кеңейтіп, өндірілген өнімнің өзіндік құнын төмендетіп, 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 қалдықтар негізіндегі бетондарда цементтің гидратация өнімдеріндегі морфологиялық өзгерістерін анықтау үшін кешенді физика-химиялық зерттеулер жүргізілді, цементпен химиялық байланысқан су мөлшерінің өзгеруі және цемент тасы мен бетонның сығуға және иіуге беріктігінің 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 атйқанда: 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 кБ; I=20 мА; Q-2Q 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 = (4.24-3.34-2.49-2.45-2.288-2.123-1.54A^0), α-$CaSiO_2$ (псевдоволлостанит) d = 3.23-2.80-1.97-1.83; α-$CaSiO_4$ (парнит) d = 3.80-3.01-2.74-1.99-1.80 A^0; α-Fe_2O_3 (гематит) d = 2.69-2.51-1.842 A^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 = (3.849-3.029-2.49-2.29-2.089-1.912A^0), SiO_2 (кварцит) d=(4.24-3.34-2.45-2.12-1.82-1.52A^0), $CaMg(CO_3)_2$ (доломит) d=(2.883-2.22-1.84A^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 μV болатын жағдайда жүргізілді. Зерттеулер барысында келесі параметрлер анықталды: шкала сезімталдығы 100 мг, құрылғының басқа өлшеу жүйелерінің сезімталдығы: DTA = 250 μV, DTG = 500 μV, TG = 500 μV, T = 500 μV. 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 да анықтамалық дереккөздерде 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 қалдықтарының үлгісі

Рентгендік дифракциялық талдаулар Ансай кенорны қалдықтарында техногенді минералдар бар екенін көрсетті: SiO2 (кварцит) d=(4.24-3.53-3.34-2.45-2.28-1.81-1.54 A^0), $CaCO_3$ (кальций карбонаты) d= (3.849-3.029-2.49-2.277-2.088-1.912-1.626 A^0), $CaMg(CO_3)_2$ (доломит) d=(2.883-2.22-1.54 A^0), $BaCO_3$ (витерит) d=(3.72-2.14-1.94-1.52 A^0), CaF_2 (флюорит) d=3.16-1.912-1.65 A^0, $CaMg(CO_3)_2$ (доломит) d=2.883-2.22-1.54 A^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=(3.849-3.029-2.49-2.277-2.088-1.912-1.869-1.626A^0), SiO_2 (кварцит) d=(4.24-3.34-2.45-2.28-1.81-1.66-1.54A^0), $CaMg(CO_3)_2$ (доломит) d=(2.883-2.22-1.54A^0), $ZnCO_3$ (смитсонит) d=(3.92-3.56-3.02-2.79-2.324-1.948-1.727-1.495A^0) және ZnO (цинцит) d=2,79-2,594-2,45-1,901-1,49 A^0 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= (3.849-3.27-2.49-2.277-2.088-1.912-1.869-1.626-1.52A^0) 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°С 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:

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



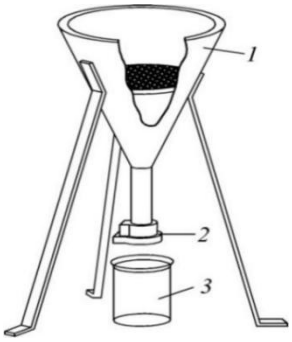
2.6 Сурет - Ле-Шателье приборы

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:

$$\rho_н = \frac{m}{V} = \frac{m_2 - m_1}{V}. \qquad 2.2$$

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 қалдыұтары	1312
Састөбе кенорны қалдықтары	1276

Қалдықтардың құмды құрамының түйіршіктік құрамын анықтау

Әзірленген 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 белгілнді.

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

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

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:

$$A_i = a_{2,5} + \ldots + a_i, \qquad 2.4$$

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:

$$M_к = (A_{2,5} + A_{1,25} + A_{063} + A_{0315} + A_{014})/100 \quad 2.5$$

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 престеу 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	М300
Шымкент қорғасын зауытының қалдықтары	М100
Ансай кенорны қалдықтары	М800
Ачисай кенорны қалдықтары	М600
Састөбе кенорны қалдықтары	М600

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 қасеттерін 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
Karbots толтырғыштары негізінде (25%)	432	300	180	182
Karbots толтырғыштары негізінде (50%)	432	600	360	182
Karbots толтырғыштары негізінде (100%)	432	1200	720	182

Кесте 3.2 - Бетон араласпаларының жайғасымдылығы

Бетон араласпаларының атауы	Жылжымалылығы (см)	Қатаңдығы (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
Karbots толтырғыштары негізінде (25%)		10
Karbots толтырғыштары негізінде (50%)		31
Karbots 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-механиканикалық қасиеттеріне техногенді қалдықтар негізіндегі толтырғыштардың әсерін математикалық модельдеу арқылы зерттеу

Еліміздің индустриалды дамуына байланысты пайдалы қазбаларды өндіру мен өңдеу қарқыны өсіп, өндіріс қалдықтарының орасан зор көлемінің жинақталуы орын алуда. Әрекеттегі кәсіпорындардың үйінділер мен қалдық қоймаларында 20 миллиард тоннадан астам техногендік қалдықтар жинақталып, оның мөлшері жыл сайын шамамен қосымша 700 миллион тоннаға артуда. Елімізде бұл қалдықтарды кәдеге жарату ауқымы 10%-ға да жетпейтінді [5, 84], сондықтан оларды заласыздандырудың өзектілігі жылдан жылға артуда.

Ғылыми-практикалық әдебиеттерге шолу әлемде құрылыс материалдарын өндіруде техногендік минералды шикізаттарды пайдалану бағытында айтарлықтай тәжірибе жинақталғанын көрсетеді. Алыс және жақын шет елдерде тау-кен өндірісінің қалдықтары кірпіш [18], бетон [18], шыны, керамика [19] және құрамында фосфоры бар қожды байланыстырғыштар [85, 86] өндірісінде, ал түйіршіктелген домна қождарын керамикалық тақтайшалар [87] өндірісінде күйдіру және кристалдану орталықтары ретінде пайдаланылады.

Табиғи минералды шикізаттың орнына өндірістік қалдықтар негізіндегі толтырғыштарды пайдалану арқылы әзірленген бетондар дәстүрлі бетондардан физика-механикалық қасиеттері бойынша кем болмауы, соған сәйкес бетонның негізгі қасиеттеріне кіріс факторларының әсерін математикалық модельдеу, бетонның физика-механикалық қасиеттерінің шикізаттың құрамы мен мөлшеріне тәуелділігін сипаттау үшін өзекті болып табылады [88-90].

Математикалық модель нақты материал мен құбылыстың эквиваленті ретінде, оның қасиеттері мен заңдылықтары теңдеулер-функциялары немесе геометриялық фигуралар және олардың комбинацияларын математикалық тұрғыдан баяндалайды.

Біз ауыр бетонның физика-механикалық қасиеттеріне өндірістің техногенді қалдықтарының әсерін математикалық модельдеу арқылы зерттедік.

Бұл зерттеулерде «Standartcement» жауапкершілігі шектеулі серіктестігінен Cem II/A-Sh 32,5H маркалы портландцементі, «Бадам» кенорнының 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

	a11	*a12*	*a13*	*a14*
a11	1			
a12	-1	1		
a13	-1	1	1	
a14	0,6262	-0,62625	-0,626248275	1

Матрицаның есептелген коэффициенттері факторлар арасындағы байланыстың тығыз екенін көрсетеді. Олардың абсалют 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. (rXiXj) 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.

$$df = \frac{\left(\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}\right)^2}{\left(\frac{s_1^2}{n_1}\right)^2 / (n_1 - 1) + \left(\frac{s_2^2}{n_2}\right)^2 / (n_2 - 1)}$$

SS – регрессияның орташа квадраты

$$SS = SSa + SSt,$$

бұндағы:

SS – ауытқу квадраттарының жалпы сомасы,

*SS*a - а факторының әсері нәтижесінде ауытқу квадраттарының сомасы,

*SS*t – қателік ауытқуы квадраттарының сомасы.

Жалпы жағдай үшін төмендегі формула көмегімен есептейміз:

$$SS_t = \sum_{i=1}^{a} \sum_{j=1}^{x_i} (X_{ij} - \overline{X}_i)^2 = \sum_{i=1}^{a} (n_i - 1) s_i^2 = (n_1 - 1) s_1^2 + (n_2 - 1) s_2^2 + \ldots + (n_i - 1) s_i^2$$

MS – орташа қалдық регрессия квадраттарын төмендегі формула көмегімен есептейміз:

$$MS_a = \frac{SS_a}{a - 1}$$

$$MS_l = \frac{SS_l}{n - a}$$

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

$$F = \frac{MS_a}{MS_l}$$

Кесте 3.6 — Есептеу нәтижелері

	df	SS	MS	F	F маңыздылығы
Регрессия	5	2,666666667	7,16666667	0,985203314	0,44562315
Қалдық	1	5,698321	1,5986863		
Жалпы	5	29,666666667			

Регрессиялық талдау нәтижелерінің дәлдігін Стьюдент критерилері негізінде тексереміз. Т - Стьюдент критериі орташа мәндер арасындағы айырмашылықтың стаистикалық маңыздылығын анықтау үшін қолданылады. Тәуелсіз таңдап алуды үлгілерді салыстыру кезінде де, байланысты популяцияларды салыстыру үшін де пайдалануға болады. t-статистикалық бағандағы деректер есептеу кезінде Стьюденттің 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%
Y-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- Стьюдент 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 мәннен аз болса, онда салыстырылған мәндердің статистикалық маңыздылығы төмен болғаны.

Регрессиялық талдау нәтижесінде регрессияның теңдеуін аламыз:

$$y = 7.105 + 0.0000526 * x1 + 0.0833 * x2 + 0.00025 * x3 + 0.00056 * x4$$

Регрессия теңдеуін MatLab бағдарламасы негізінде шешіліп, төмендегі мәндер алынды:

```
y =

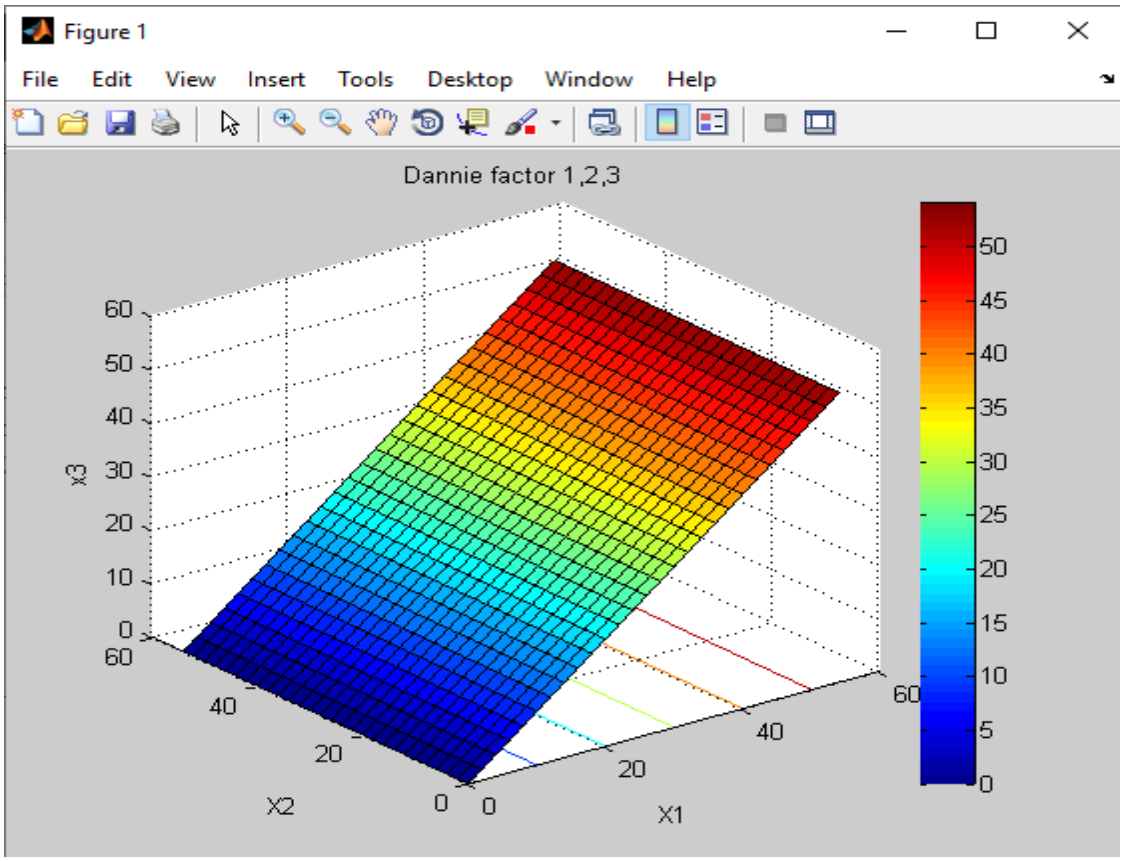
  Columns 1 through 13

    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 теңдеуін шешу нәтижелері

Алынған тәуелділіктер нәтижесінде (сурет 3.1) орташа тығыздықтың өзгеруіне (X1) цементтің шығыны елеулі әсер ететіні анықталды. Цемент тасы

мен техногенді толтырғыш тығыздықтары арасындағы айырмашылықтың көп екенін ескеріп, бұл эффект өте айқын болады деп тұжырымдауға болады.

Су-цемент (С/Ц) қатынасы (Х2) мен алынған компазит тығыздығы арасында кері сызықтық тәуелділік бар екені анықталды. Бұл С/Ц қатынасы артқан кезде цемент тасы кеуектілігінің жоғарылауы және соған сәйкес материал тығыздығының төмендеуімен түсіндіріледі.

(Х1 = + 0,99) цемент шығыныны мен (Х2 = + 1,9) С/Ц қатынасын арттырған кезде ауыр бетон беріктігіне оңтайлы әсер ететін эффект байқалады. Жалпы гидратациялық қатаятын барлық бетондарда цемент мөлшерінің артуы бетонның беріктік сипаттамаларының қалыптасуына оңтайлы әсер ететіні анықталған.

Дегенмен беріктіктің қалыптасуына С\Ц қатынасы да елеулі әсер етеді. Эксперименттік зерттеулер кезінде С/Ц қатынасы 0,27-0,35 аралығында өзгерді. С/Ц қатынасы төмен болған кезді бетонның сығуға беріктігі күрт төмендейтіні дәлелденді. Бұл біріншіден гидратация реакциясына қажетті қатаю суының жеткіліксіз болуынан екіншіден, судың бір бөлігінің техногенді толтырғыш түйіршіктерінің беткі қабаттарына сіңуіне байланысты болады.

Бетонның тығыздығы мен беріктігі еі төмен болатын жағдай цементтің шығыны 320кг/м^3, ал С/Ц қатынасы 0,27 болған кезде, ал ең жоғарғы тығыздығы мен беріктігі цемент шығыны 420 кг/м^3, С/Ц қатынасы 0,35 болған кезде байқалады. Аталған факторлардың кіріс мәліметтерінің өзгеруіне бірлесіп әсер етуі анықталған жоқ.

Математикалық талдау (Yρ және Y_R) жауап беттерінің өзгеру ерекшелігі негізінен бірдей бағытта болып, (Х1 және Х2) кіріс мәліметтеріне ұқсас себеп-салдар байланыстарына ие екені анықталды. Барлық араласпаларда факторлардың 50% қатынасы жақсы нәтиже көрсетті.

3.3 Бетон құрамын оңтайландыру

Техногенді толтырғыштар негізіндегі ауыр бетонның физика-механикалық қасиеттерін жақсарту бағытында оның құрамын оңтайландыру үшін, толтырғыштардың түрін, олардың араласпадағы мөлшері және бетонның сәйкес сипаттамаларын қамтитын бірнеше факторларды кешенді қарастыру қажет.

3.1-кесте мәліметтеріне сәйкес бетонның құрамындағы техногенді қалдықтардың үлесіне байланысты, әрбір толтырғыш түріне сәйкес бетон құрамының сәйкес өзгерістерін есептеуге болады. Бұл ең жоғары беріктік пен басқа да қажетті қасиеттерді қамтамасыз ететін композицияның оңтайлы құрамын нақтырақ таңдауға мүмкіндік береді.

3.1- кестеде ұсынылған құрамдарға сәйкес техногенді қалдықтар негізіндегі бақылау құрамдары даярланып, әрбір бақылау құрамдарының (дәстүрлі толтырғыштардың 25%, 50% және 100% мөлшері техногенді қалдықтармен ауыстырылғын) физика-механикалық қасиеттерін анықтау бойынша сынақтар жүргізілді.

Эксперименттік зерттеу нәтижелері бетон араласпасындағы техногенді қалдықтардың мөлшерін арттырған сайын, қажетті беріктік пен басқа да эксплуатациялық қасиеттерге қол жеткізу үшін С/Ц қатынасын реттеу қажеттігін көрсетті. Сондықтан әрбір бақылау құрамы үшін оңтайлы С/Ц қатынасын эксперименттік жолмен анықтау қажет.

Дәстүрлі толтырғыштар мен техногенді қалдықтар негізіндегі бетонның физика-механикалық қасиеттеріне салыстырмалы талдау жасау, 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 бетонның физика-механикалық қасиеттеріне әсері талданды және де түрлі бетондарда оңтайлы қолданылу мүмкіндігі анықталды. Құрамдар 3.1 кестеде көрсетілген.

Олардың бетонның физика-механикалық қасиеттеріне әсерін анықтау үшін бұл материалдың араласпада қалай әрекет ететінін түсіну маңызды. Мысалы Anskhv жоғары беріктік коэффициентіне және жақсы тығыздық сипаттамаларына ие болса, оны қосу бетонның қандай қасиеттерін жақсарта алатынын болжауға болады.

3.3.1 Бетон құрамын оңтайландырудың негізгі қадамдар

Әр толтырғыш түрінің әсерін талдау:

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

Мысалы, фосор өндірісі қожын қолдану бетонның тығыздығын төмендетуі мүмкін, ол белгілі бір жағдайларда тиімді болғанмен, бетонның беріктігіне де кері әсер етеді. Ал қорғасын қожы бетонның тығыздығы мен беріктігін арттыруға оңтайлы әсер етеді.

Тәжірибелерді жүргізу:

- 3.1 кестеде көрсетілген құрамдарды пайдаланып бетонның бақылау үлгілерін әзірленді. Мысалы, әрбір топ үшін (дәстүрлі толтырғыштың 25%, 50%, 100% техногенді толтырғыштармен алмастырылған) 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 С/Ц қатынасын реттеу, яғни үшін әрбір жағдайға сәйкес оңтайлы су-цемент қатынасын эксперименталды түрде анықтау қажет.

Салыстырмалы талдау:

Дәстүрлі толтырғыштардың белгілі бір мөлшерін техногенді толтырғыштармен алмастырылған (фосфор өндірісі қожы қорғасын қожы

және т.б.) бетонның физика-механикалық қасиеттерін дәстүрлі толтырғыштар негізіндегі бетонның физика-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 жақсарта 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, эксперименттті 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
Карbots 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 ұзақтұрақтылығына, 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 өзгеретінін, 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 әдәстеме 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 $y=7.105+0.0000526*x1+0.0833*x2+0.00025*x3+0.00056*x4$ 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 қасиеттеріне әсерін 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 инуутриясы 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 түрлі фракция және пішіндегі тас сынықтары мен жоғарыдиперсті ұнтақ күйіндегі қалдықтар түзіледі.

Бұл қалықтарды 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

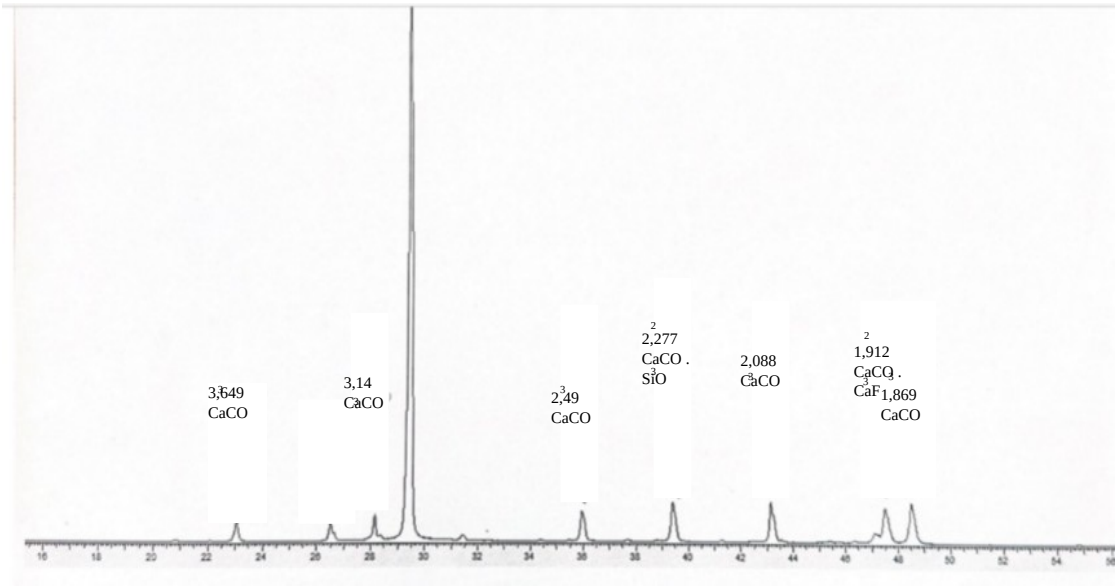
цементтің гидратациялау заңдылықтарын зерттеу нәтижесінде қажетті эксплуатациялық қасиеттері бар бетонның оңтайлы құрамдарын ұсынады.

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.

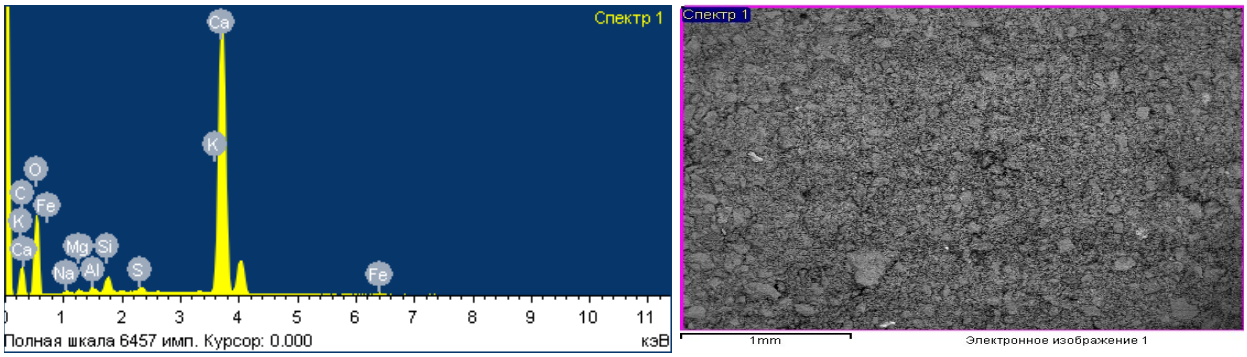
Біздер Састөбе карбонатты жыныстарын механикалық өңдеу кезінде түзілген кондициялы емес қалдықтарды құрылыс материалдары өндірісінде пайдалану мүмкіндігін және таңдалған техногенді қалдықтардың физика-механикалық және химия-минералогиялық сипаттамаларын зерттедік.

Рентгенодифрактометриялық талдаулар Bruker фирмасының D&ENDEAVOR приборында β фильтрде Cu- сәулелендіру арқылы жүргізілді. Дифрактограмманы түсіру жағдайлары: U=35 kB; 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 акредиттелген «КжәнеБМ» ИРЛИП зертханасында орындалды.

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

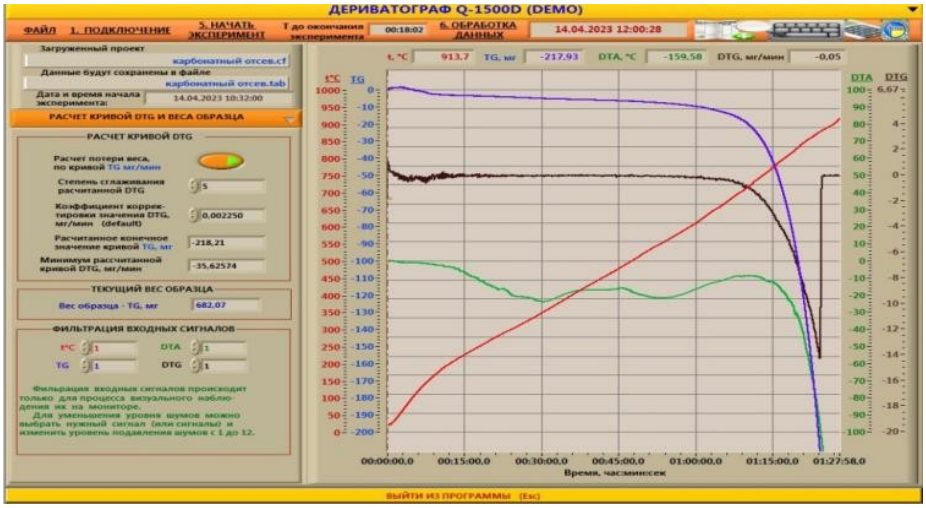


3.2 Сурет - Кондициялы емес қалдықтардың рентгендифрактометриялық талдау нәтижелері



Элемент	Салмақтық %	Оксид	Салмақтық %
C	13,97	-	-
O	46,79	-	-
Na	0,45	Na_2O	0,61
Mg	0,33	MgO	0,55
Al	0,40	Al_2O_3	0,76
Si	1,21	SiO_2	2,59
S	0,44	-	-
K	0,18	K_2O	0,22
Ca	35,77	CaO	50,04
Fe	0,45	Fe_2O_3	0,64
Жалпы	100.00		

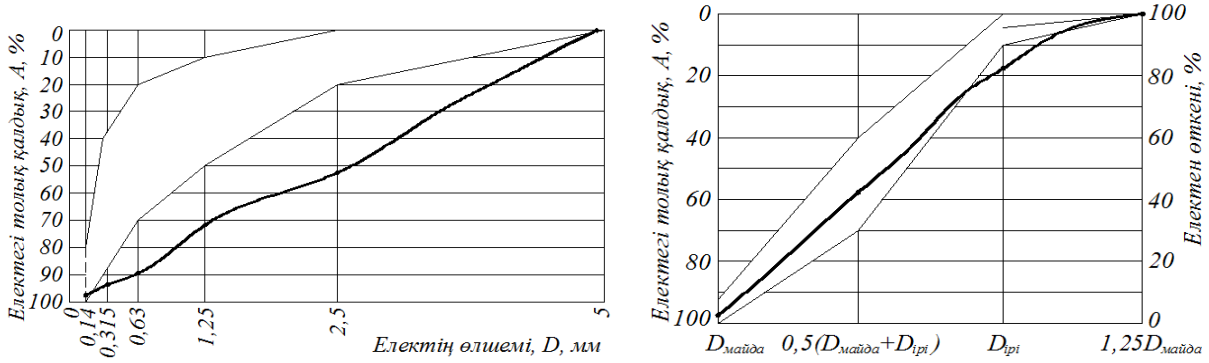
3.3 Сурет - Кондициялы емес қалдықтарды расторлық электронды микроскапия әдісімен талдау нәтижелері



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 A^0) тұратынын көрсетеді, ДТА қисығындағы 800-850°С 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=(2,77A^0), флюорит CaF_2 d=1,912 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 диперсті 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

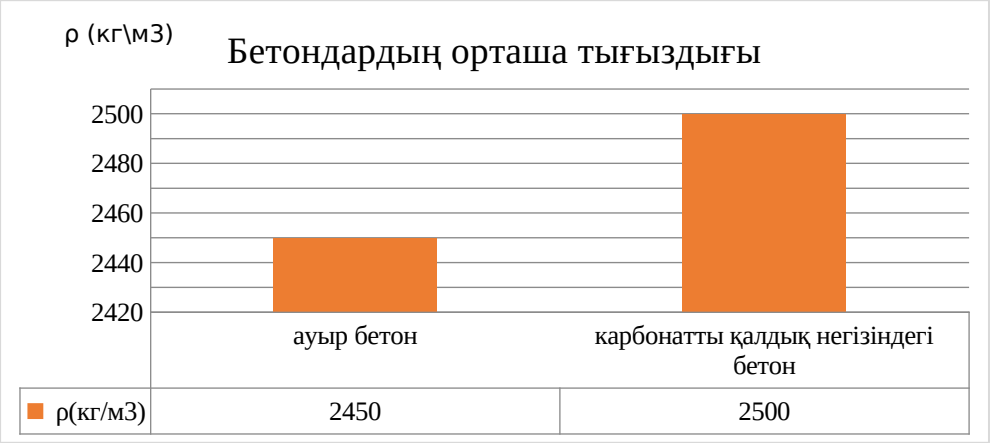
Бетон араласпаларының негізгі қасиеттеріне техногенді қалдықтардың әсерін зерттеу бетон араласпасының құрамындағы қалдықтар үлесінің артуымен оның қатаңдығы артатынын көрсетті, бұл карбонатты қалдықтардағы құм мен қиыршық тастың меншікті бетінің ауданы мен кеуектілігінің жоғары болуына байланысты болады.

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 карбонатты қалдықтардың үлесі артқан сайын араласпаның су қажеттілігі біртіндеп артатынын көрсетті. С/Ц қатынасы тұрақты болған жағдайда, қалдықтардың мөлшері артқан сайын бетон араласпасының жылжымалығы төмендейді, бұл құбылысты кондициялы емес толтырғыштардың меншікті бетінің ауданы мен кеуектілігінің жоғарылығымен түсіндіруге болады.

Карбонатты қалдықтардың бетон тығыздығына айтарлықтай әсер етпейтіндігі анықталды, 3.6 суретте көрсетілгендей, дәстүрлі толтырғыштарды карбонатты жыныстарды механикалық өңдеу кезінде түзілген қалдықтармен толық алмастыру 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.

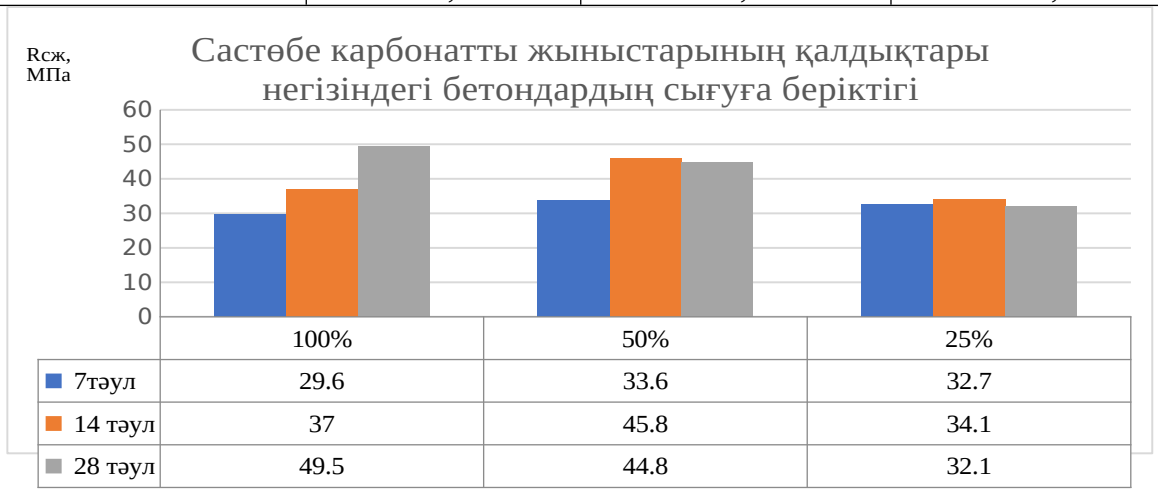


3.6 Сурет – Састөбе карбонатты жыныстарын майдалау кезінде түзілген кондициялы емес қалдықтар негізіндегі толтырғыштармен бетонның тығыздығы

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



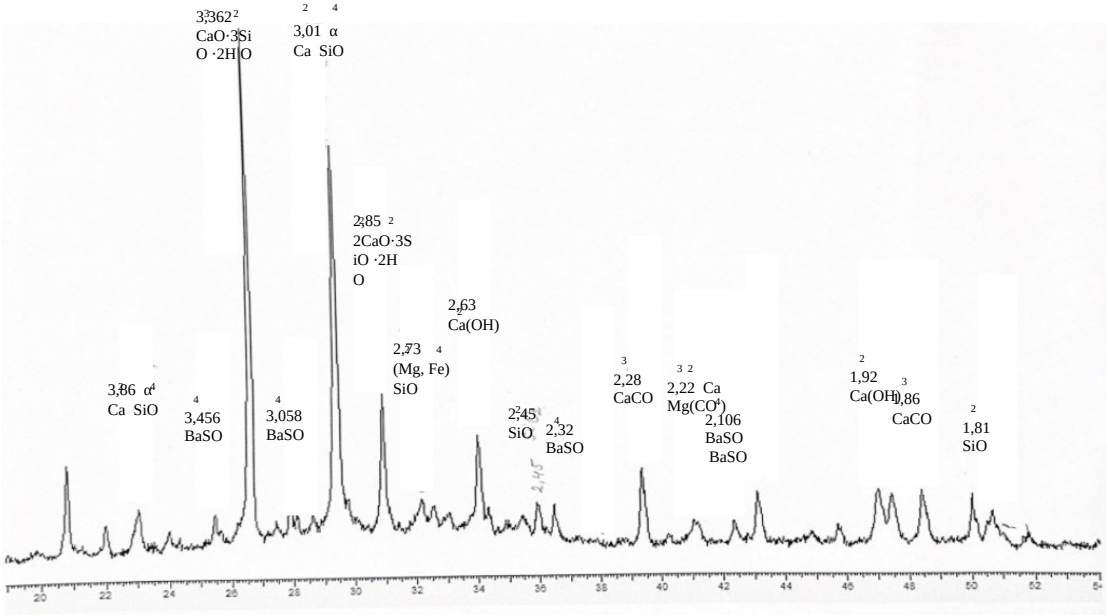
3.7 Сурет - Техногенді толтырғыштардың бетонның беріктік жинау кинетикасына әсері

[96] еңбектің авторлары «портландцемент негізіндегі қатайтатын цемент қамыры карбонатты толтырғышпен әрекеттескен кезде $CaCO_3$-$Ca(OH)_2$-H_2O жүйесіндегі әртүрлі құрамдағы кальций карбонатын түзіетінін және кальций

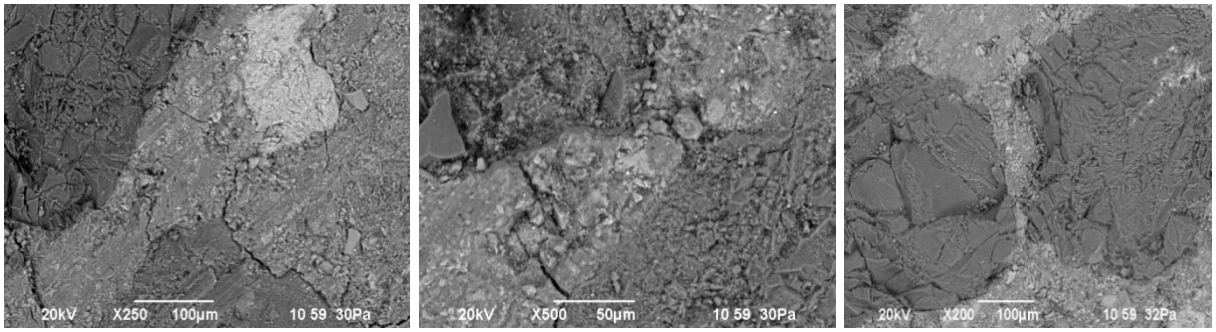
карбонаты кристалдары салыстырмалы түрде шағын өлшемді болып, $Ca(OH)_2$ кристалдарынан өзгеше гидратация өнімдерінің арасында еркін орналаса алатыны» атап өткен.

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 $3CaO \cdot Al_2 0_3 \cdot CaC0_3 \cdot 11H_2 0$, гидрокарбонат – $CaC0_3$-$Ca(OH)_2 \cdot H_2 0$ және гидросульфокарбосиликат (таумасит) $CaO \cdot SiO_2 \cdot CaS0_4 \cdot CaC0_3 \cdot 15H_2 0$ 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 гидрооксидінің карбонизациясы нәтижесніде 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 A^0), сонымен қатар аз мөлшерде кварцит SiO_2 d=(2,77 A^0), флюорит CaF_2 d=1,912 A^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 нәтижелері дәстүрлі толтырғыштардың 50% карбонатты жыныстар негізіндегі техногенді толтырғыштармен алмастыру бетонның тығыздығын 2490 кг/м^3-ке дейін арттырып, сусіңіргіштігін 0,66%-ға дейін төмендететіні, сығуға беріктігін 49,8 МПа-ға дейін, ал аязға төзімділігін F400-ге дейін арттыратыны көрсетті.

Ауыр бетон технологиясында карбонатты жыныстарды механикалық өңдеу кезінде пайда болған техногенді толтырғыштарды пайдалану бетонның өзіндік 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 екенін, 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 пайдалануға жарамды қалдықтардың орасан зор қоры жинақталған, олардың бірі металлургиялық қалдықтар, «Южполиметалл» АҚ өндірісінің қорғасын қождары – 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 қождарында 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 қожды портландцемент өндірісінде қолдану мүмкіндігін шектейтінін көрсеткен. Дегенмен, портландцемент клинкері қождың құрамындағы ауыр металдармен физика-химиялық әрекеттесіп, суда ерімейтін қосылыстар түзуге қабілетті екені де анықталған.

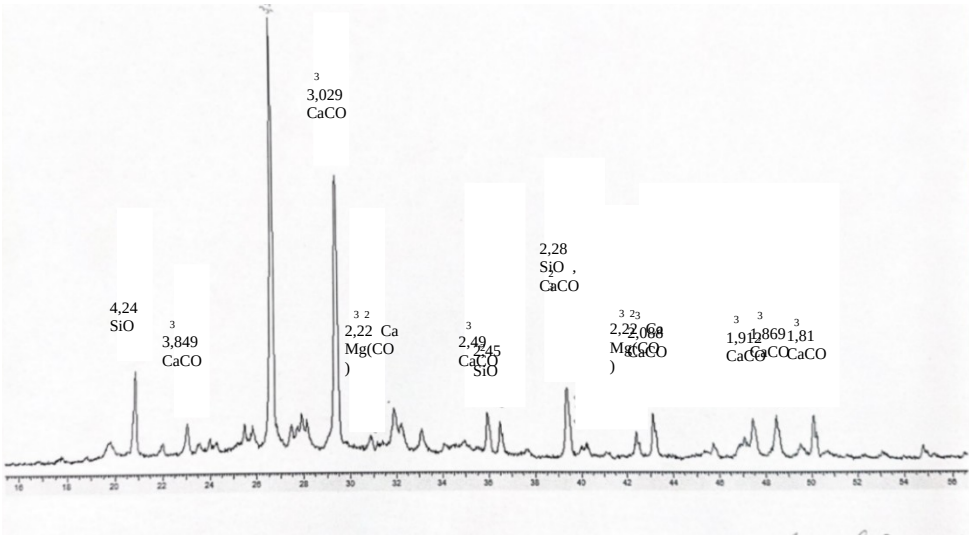
Зерттеулер қорғасын өндірісі қожында 75-85%-ға дейін темір, кальций және кремний тотықтарының бар екенін көрсетеді, сондықтан ол қалдықтарды құрылыс материалдарын өндіруде тікелей пайдалануға балмайды, ал құрамынан аталған металдарды бөліп алынғаннан кейін оларды цемент, құрылыс материалдары мен бұйымдары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

Құрамында қорғасын тотықтары, 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 өндірісі қалдықтарынан түсті металдарды хлоридті возгонка тәсілімен бөліп алуды ұсынады. Шамамен 1100-1200°С температурада барлық түсті металдар – күміс, алтын, мырыш және қорғасын айдала бастайды да, қалған силикатты құрамды қалдықтар құрылыс материалдарына өңделеді [104].

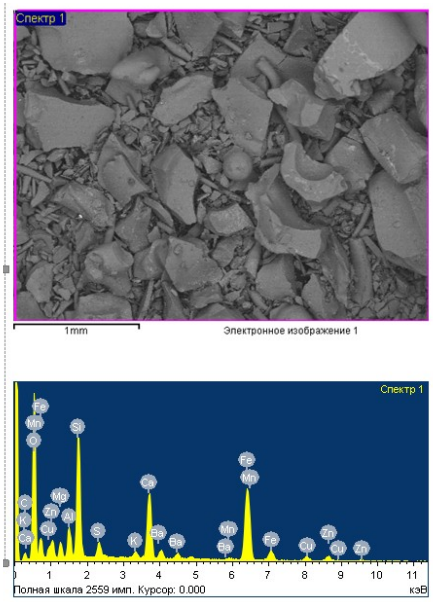
Осылайша, «Южполиметалл» акционерлік қоғамы қорғасын өндірісі қалдықтарының белгілі дәрежеде құндылығы бар. Оның құрамында қара және түсті металлургия өнеркәсібі үшін қажетті көптеген пайдалы компоненттер бар, ал металдарды бөліп алғанан кейін құрылыс индустриясы, соның ішінде жол, гидравликалық және 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 экономикалық және экологиялық жағынан ең 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 = (3.849-3.029-2.49-2.29-2.089-1.912A^0), SiO_2 (кварцит) d =(4.24-3.34-2.45-2.12-1.82-1.52A^0), $CaMg(CO_3)_2$ (доломит) d=(2.883-2.22-1.84A^0) минералдарының бар екенін көрсетті. Талдау нәтижелері 3.10 суретте көрсетілген.



3.10 Сурет - Шымкент қорғасын зауытынан шыққан қалдықтардың рентгендифракциялық талдау нәтижелері

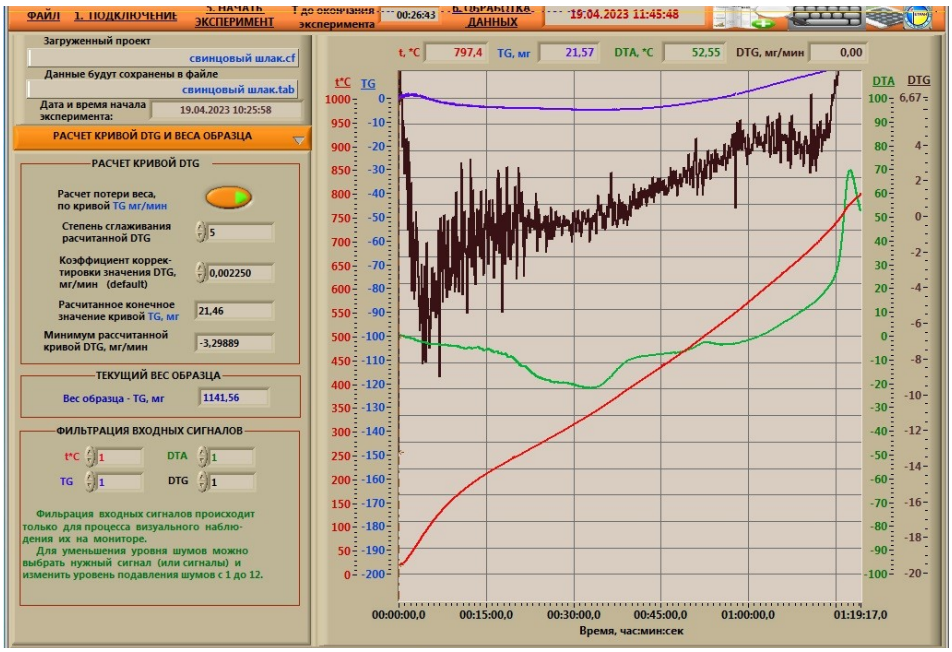
Элемент	Салмақтық %	Оксид	Салмақтық %
C	7.20	-	-
O	36.98	-	-
Mg	1.87	MgO	3.10
Al	2.81	Al_2O_3	5.31
Si	10.00	SiO_2	21.39
S	1.25	-	-
K	0.65	K_2O	0.78
Mn	0.45	MnO	0.58
Fe	22.83	Fe_2O_3	32.65
Cu	2.27	CuO	2.84
Zn	3.92	ZnO	4.88
Ba	2.22	BaO	2.48
Итоги	100.00		



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. Қалдық үлгісінің құрамы термиялық қисықтардың морфологиясына, эндо- және экзотермиялық әсерлердің қарқындылығының сандық мәндеріне негізделген, TG сызықтарының тиісті термогравиметриялық көрсеткіштерін пайдалану арқылы анықталды. Талдау нәтижелері басқа анықтамалық дереккөздерде ұсынылған және осы зерттеулерді жүргізген зертхананың дерекқорында жинақталған мономинералды үлгілердің термиялық өзгерістерінің сипаттамаларымен салыстырылып, талданды. Динамикалық қыздырудан соң қож үлгісі 3.12 суретте көрсетілгендей, эндо- және экзотермиялық реакциялардан туындаған түрлі температура диапазондарында DTA, DTG және TG сызықтарында бірқатар әсерлер қалдырды.

Зерттелген қож үлгілерінде төмен температураларда (20-200°C) үлгі массасының 1,75%-ына тең Δm1 салмақ жоғалтуымен эндотермиялық әсер байқалған, бұл үлгіде физикалық байланысқан ылғалдың кетуін, яғни үлгіні кебуін көрсетеді. Сусызданғаннан кейін жүйенің энтальпиясы 200-280°C диапазонында іс жүзінде өзгеріссіз қалған, яғни бұл температура диапазонында үлгілерді салмақ жоғалту байқалмайды. 280-930°C температуралық диапазонында термогравиметриялық сызық (TG) жүйеге атмосфералық оттегінің енуіне байланысты үлгі массасының артуынан үнемі жоғары қарай жылжитынын атап өткен жөн. Массаның артуы DTA қисық сызығының ұлғаюымен қатар жүреді, ол 640-800°C диапазонында, 700 және 740°C температурада анық анықталған экзотермиялық шыңдар байқалады. Сонымен қатар үлгідегі темір компоненттерінің тотығуымен қатар жүретін

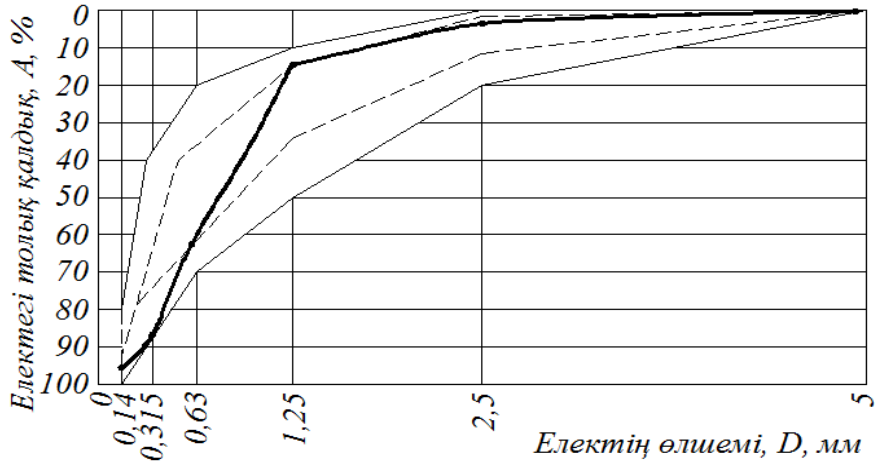
эндотермиялық шыңдар да байқалады. Анықталған температура диапазондарында әдетте оттегіге бай темір тотықтары түзіледі. Осы диапазондағы жоғары температуралық шыңдар темір оксидінің төмен қышқылдық деңгейден жоғары қышқылдық деңгейге ауысқанын көрсетеді. Жоғары температурада (930°C) үлгі массасының артуы шегіне жетеді (Δm2 = -6%). Үлгіні одан әрі қыздыру (1000°C дейін) массаның 0,25%-ға төмендеуіне алып келеді.

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

Физика-химиялық талдау нәтижелері қорғасын қожы құрамында кварцит (SiO_2), кальцит ($CaCO_3$), доломит ($CaMg(CO_3)_2$) және темір тотықтары сияқты минералдардың бар екенін көрсетті. Құрамында аталған минералдар бар жыныстар ауыр бетон өндірісінде майда және ірі толтырғыштар ретінде кеңінен қолданылады. Қорғасын қалдықтарын ауыр бетон өндірісінде пайдалану мүмкіндігін зерттеу үшін қалдықтардың сапалық сипаттамалары анықталып, дәстүрлі толтырғыштардың белгілі бір мөлшерін қорғасын қожмен алмасытырп бетон құрамы әзірленді.

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

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 бетінің 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

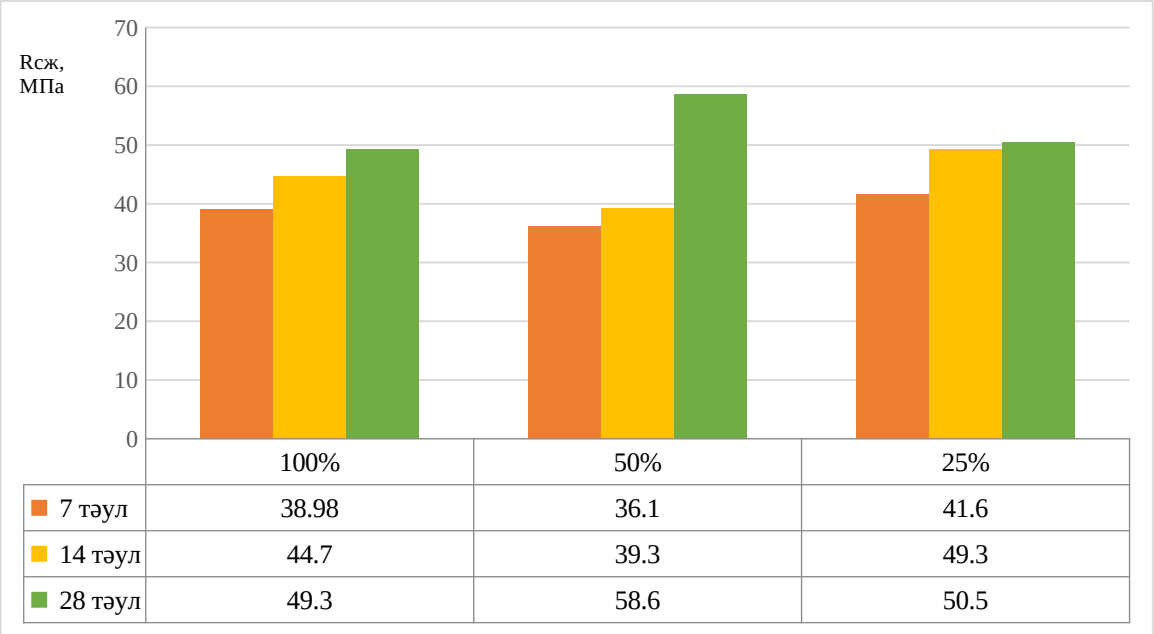
Бетон араласпаларының атауы	Жылжымалылығы (см)	Қатаңдық (сек)
Дәстүрлі толтырғыштар негізіндегі бақылау құрамы	6	
(25%) қорғасын қожы негізіндегі		16
(50%) қорғасын қожы негізіндегі	5	
(100%) қорғасын қожы негізіндегі	3	

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



	100%	50%	25%
7 тәул	38.98	36.1	41.6
14 тәул	44.7	39.3	49.3
28 тәул	49.3	58.6	50.5

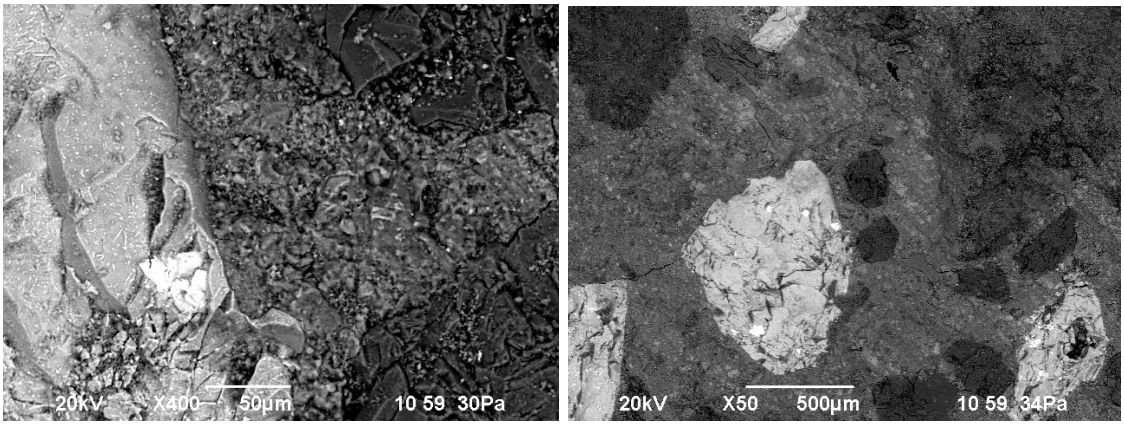
3.14 Сурет - Қорғасын қожы негізіндегі толтырғыштардың бетонның беріктік жинау кинетикасына әсері

Жылжымалылығы бірдей бетон араласпаларында құрамында дәстүрлі толтырғыштарды 25% қорғасын қожы негізіндегі толтырғыштармен алмастырылған бетон араласпаларында беріктіктің жылдам артуы байқалады, бірақ та 28 тәуліктегі беріктіктің артуы 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 ($Ca(OH)_2 + SiO_2 + mH_2O=CaO\cdot SiO_2\cdot nH_2O$), 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 болатын ауыр бетондар өндірілді, бірақ зерттелген қорғасын өндірісінің техногенді қалдықтарында 33%-ға дейін темір тотықтары, 5%-ға дейін мыс, мырыш және барий тотықтары болғандықтан, аталған металдарды бөліп алғаннан кейін ғана толтырғыш ретінде пайдалану ұсынылады.

3.6 Полиметалды өндіріс қалдықтарынан алынған толтырғыштар негізіндегі бетондар

Құрылыс индустриясының қарқынды дамуы құрылыс материалдары өнеркәсібі үшін табиғи минералды шикізаттың айтарлықтай көлемін қажет етеді. Өндірістің бұл саласын дамыту құрылыс материалдарының өзіндік құнын төмендету мақсатында табиғи минералды шикізаттың орнына өндіріс қалдықтарын пайдалануды көздейді [106]. Бүгінгі күнде құрылыс материалдарын өндіруге екі миллиард тоннадан артық минералды шикізаттар жұмсалады, және де өнімнің өзіндік құнының 25-50% осы шикізаттың құны құрайды. Сондықтан милиардтаған тонна өндіріс қалдықтарын екінші реттік шикізат ретінде пайдалану, құрылыс материалдарының өзіндік құнын төмендетіп, қалдықтарды заласыздандыру арқылы өндірістік аймақтағы экологиялық жағдайды жақсартуға мүмкіндік беретін өзекті мәселе болып табылады.

«Жасыл экономиканың» негізгі принциптерін енгізу әлемдегі өзекті мәселеге айналды. Елімізде де бұл ретте бірқатар ізгі 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 қожадарының 53%, домна қождарының 74%, темірді балқыту қождарының 44,3%, болат өндіру қождарының 12%, ал түсті металлургия қалдықтарының 1-3% ғана қайта қолданылатыны, қалған бөлігі қалдық ретінде жинақталатыны анықталған [109].

Ғылыми әдебиеттерді талдау полиметалды кендерді байыту кезінде түзілген қалдықтар құрамындағы карбонатты жыныстардың мөлшері 50-70% шамасында болатынын көрсетеді, бұл оларды байланыстырғыш заттарға карбонатты қоспа ретінде қолдануға мүмкіндік береді және полиметалл кендерінің байытылған техногенді қалдықтарында барий сульфатының болуы композиттік материалдың гамма және рентген сәулелерінен қорғаныш қасиеттерін жақсартатыны анықталған [110]. [111] еңбекте «Ачполиметалл» АҚ полиметалл кендерін байыту қалдықтарын қаптау плиталарын өндіруде пайдалану бойынша зерттеу нәтижелері ұсынылған.

Еңбек авторлары [112] барит қалдықтарын ауыр бетонға арналған жоғарыдисперсті минералды қоспа ретінде пайдалануды ұсыныып, осы қалдықтармен қалдықтармен бетон араласпасындағы майда толтырғышты ішінара немесе толық алмастыруға болатынын көрсеткен. Бұндай модификацияланған бетондарда сызықтық гамма-сәулелерді сіңіру коэффициенті 19%-ға дейін артатыны, ал кварц майда толтырғыштың 40 баритті қалдықтармен ішінара алмастыру гамма-сәулелерден де, нейтрондық сәулеленуден де қорғауды қамтамасыз ететіні көрсетілген. Барит құмын пайдаланып бетон құрамын оңтайландыру арқылы дәстүрлі кварц құмы қолданылатын бетондармен салыстырғанда механикалық қасиеттері жоғары бетондар алуға болады [87].

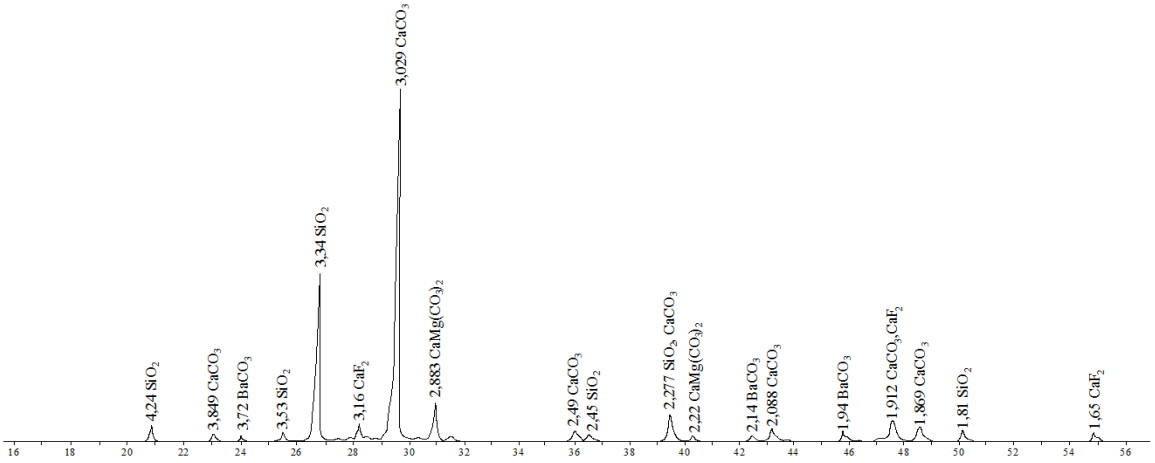
Авторлар [113, 114] барит құрамды қалдықтарға негізделген құрғақ құрылыс араласпаларын ұсынады.

Біз Ащысай және Аңсай 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.

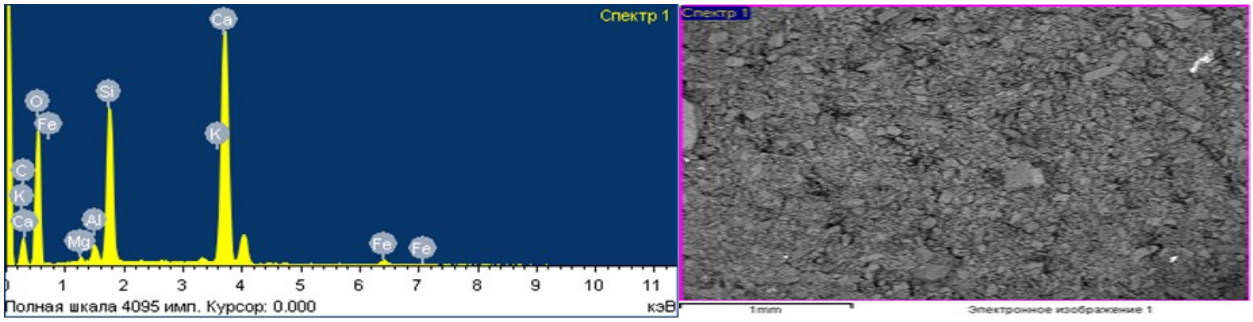
Таңдалған өндіріс қалдықтарының физикалық, механикалық, химиялық қасиеттері мен минералогиялық құрамы зерттелді.

Рентгендік дифракциялық талдаулар Bruker (Германия) компаниясының Cu-сәулеленуі және β сүзгісі бар D&ENDEAVOR құралын пайдалану арқылы жүргізілді. Дифракциялық үлгіні жазу шарттары U=35 кБ; 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

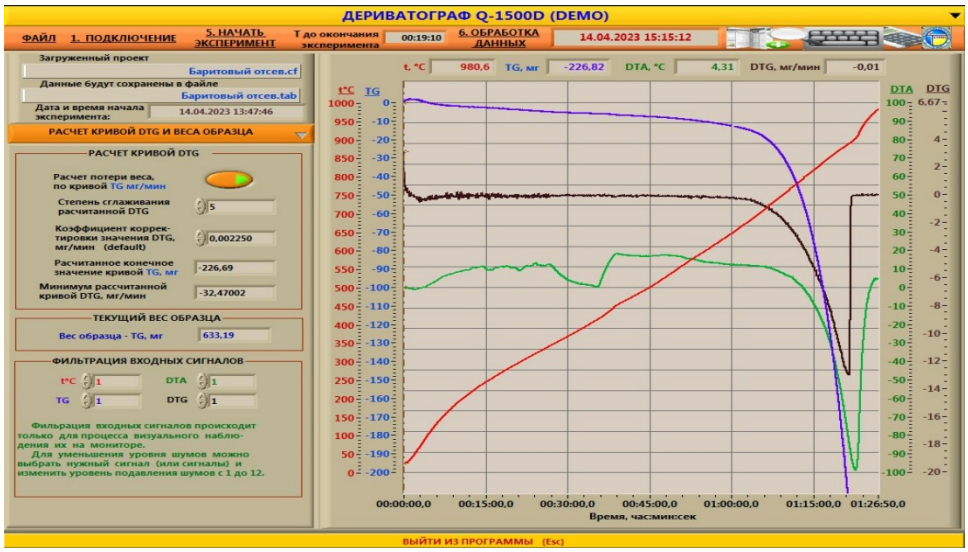
3.16 суреттен көрінгендей, қалдықтар келесі минералдардан тұрады: $CaCO_3$ (кальций карбонаты) d= (3.849-3.029-2.49-2.277-2.088-1.912-1.626 A^0), SiO_2 (кварцит) d=(4.24-3.53-3.34-2.45-2.28-1.81-1.54 A^0), $CaMg(CO_3)_2$ (доломит) d=(2.883-2.22-1.54 A^0), $BaCO_3$ (витерит) d=(3.72-2.14-1.94-1.52 A^0), CaF_2 (флюорит) d=3.16-1.912-1.65 A^0, $CaMg(CO_3)_2$ (доломит) d=2.883-2.22-1.54 A^4.



Элемент	Весовой %	Оксид	Весовой %
C	14.16	-	-
O	49.59	-	-
Mg	0.31	MgO	0.51
Al	1.12	Al_2O_3	2.12
Si	9.36	SiO_2	20.02
K	0.39	K_2O	0.47
Ca	23.86	CaO	33.38
Fe	1.20	Fe_2O_3	1.72
Итого	100.00		

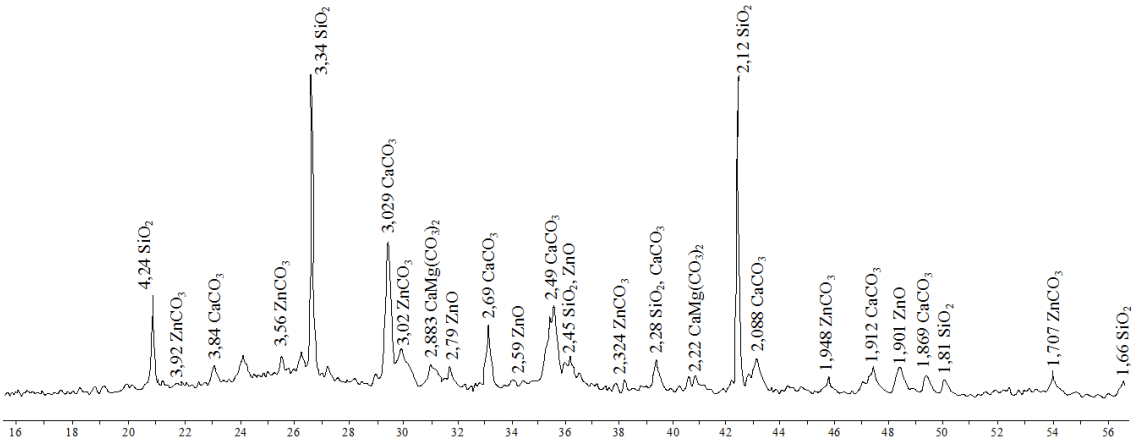
3.17 Сурет - Ансай (Anskhv) кенорнын байыту қалдықтарын электронды микроскопиялық талдау нәтижесіндегі элементтердің бөлінуі

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.

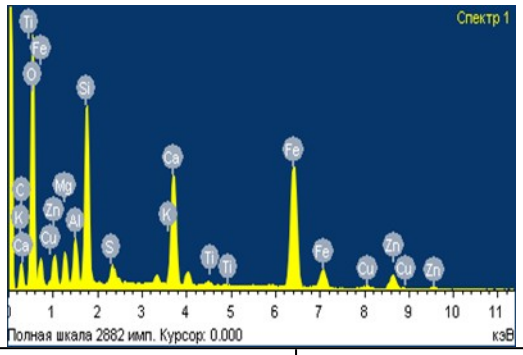


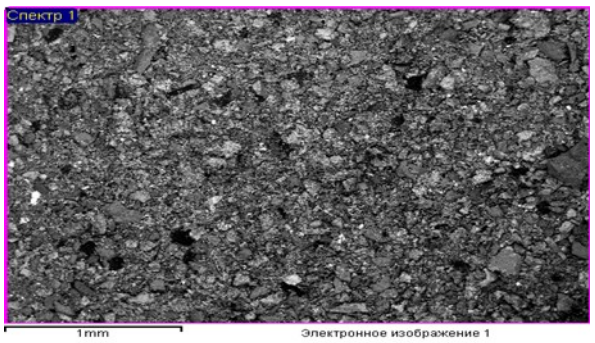
3.19 Сурет - Ащысай (Achots) полиметалл зауыты қалдықтарын рентгендік дифракциялық талдау нәтижелері

Ащысай (Achots) полиметалл зауыты қалдықтарын рентгендік дифракциялық талдау, оның құрамында $CaCO_3$ (кальций карбонаты) d= (3.849-3.029-2.49-2.277-2.088-1.912-1.869-1.626A^0), SiO_2 (кварцит) d=(4.24-3.34-2.45-2.28-1.81-1.66-1.54A^0), $CaMg(CO_3)_2$ (доломит) d=(2.883-2.22-1.54A^0), $ZnCO_3$ (смитсонит) d=(3.92-3.56-3.02-2.79-2.324-1.948-1.727-1.495A^0), ZnO (цинкит) (d=2,79-2,594-2,45-1,901-1,49 A^0) 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_2O_3	4.82
Si	8.81	SiO_2	18.84
S	0.74	-	-
K	0.56	K_2O	0.67
Ca	7.66	CaO	10.72
Ti	0.38	TiO_2	0.63
Fe	23.87	Fe_2O_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

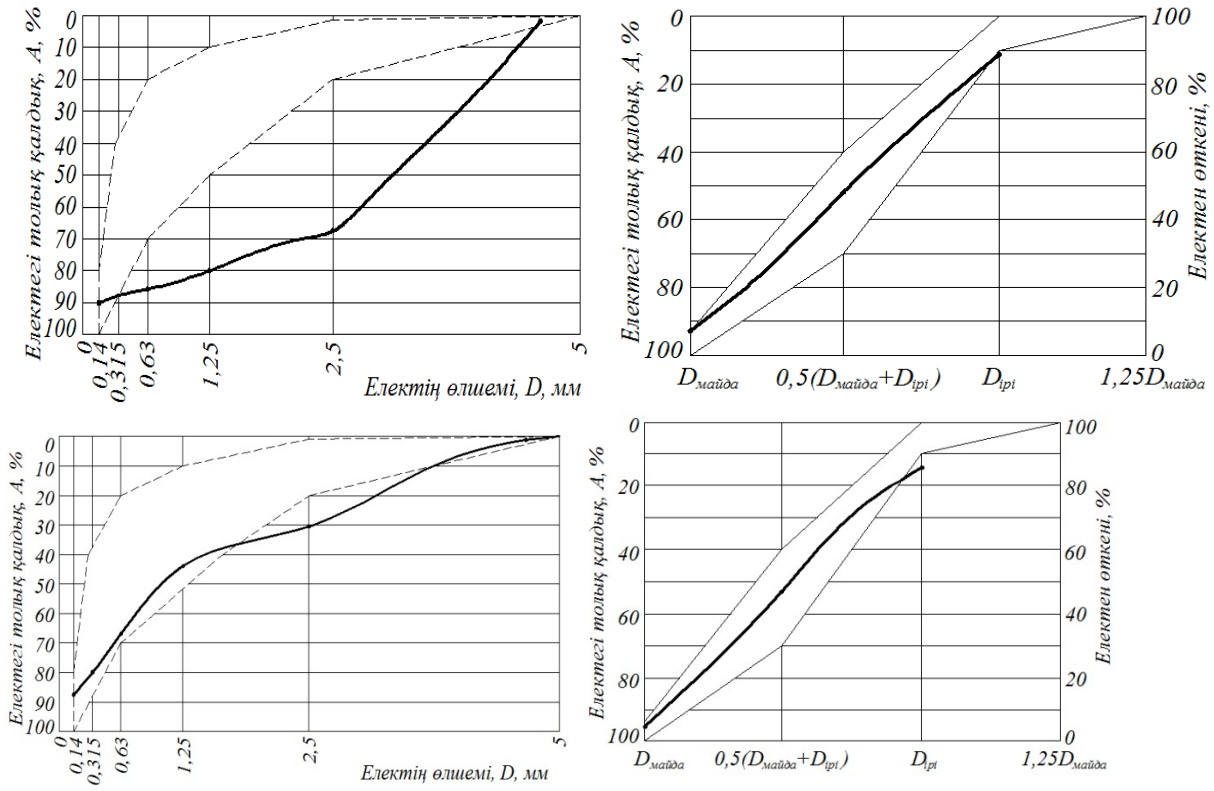
Дифференциалды-термиялық талдау нәтижелері 3.21 суретте көрсетілген.



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 орнынын (Anskhv) байыту қалдықтарының түйіршіктік құрамы

Әрбір електегі құмның қалдығы таразыда 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, ал 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 енгізіліп, 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, өлшеніп, әрі қарай 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 анықтап талдау;
- бетонның бастапқы негізгі құрамын есептеу;
- бетонның бастапқы қосымша құрамдарын есептеу;
- бетонның бастапқы және қосымша құрамдары негізінде сынақ партияларын әзірлеу;
- бетон араласпасын сынау үшін сынама алу және бақылау үлгілерін әзірлеу;
- бетонның стандартқа сәйкес сапа параметрлерін анықтау бағытында сынақтар жүргізу;
- алынған нәтижелерді өңдеу арқылы бетон құрамы параметрлерінің стандартталған сапа параметрлеріне әсерін көрсететін тәуелділіктерді анықтау;
- қажетті сападағы бетон араласпасы мен бетон өндірісін қамтамасыз ететін бетонның жұмысшы құрамын таңдау.

Бетонның номиналды құрамына сәйкес шикізаттық материалдарға арналған стандарт талаптары негізінде нақты материалдар таңдалды және материалдарды таңдау олардың сипаттамаларын талдауға және сынақ нәтижелеріне негізделеді.

Бетонның номиналды және негізгі құрамдары шикізаттық материалдардың кіріс сапа бақылау мәліметтеріне сәйкес есептеледі. Номиналды құрамды есептеулер үшін байланыстырғыш заттың белсенділігі оның маркалық беріктігіне тең деп алынды.

Материал үлгілері номиналды бетон құрамын таңдау үшін қажетті мөлшерде алынып, толтырғыштар үлгілері тұрақты салмаққа дейін кептіріліп, 5 мм-ден кіші майда толтырғыштар және 5 мм-ден 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 елеулі әсер ететін параметрлер мен бетонның стандартталған сапа көрсеткіштері, мәселен, су-цемент қатынасы, толтырғыштардың құрамындағы құмның үлесі және ауыр бетонға арналған араласпа шығыны т.б. таңдалды. Бетонның әрбір түрі үшін оның беріктігіне елеулі әсер ететін параметрлер анықталады.

Бетонның бастапқы қосымша құрамдары, бастапқы негізгі құрамды есептеу әдістемесіне сәйкес есептеліп, бетон құрамының айнымалы параметрлерінің мәндері, бастапқы негізгі құрамды есептеу кезінде қабылданған мәндерден 15%-дан 30%-ға дейінгі ауытқулармен таңдалды. Кемінде екі қосымша құрам таңдалды.

Сынақтар үшін әзірленген бетон араласпасының әрбір партиясының көлемі, бетон араласпасы мен бетонның қасиеттерін тексеру үшін қажетті үлгілердің жалпы көлемінен кемінде 10%-ға артық болуы тиіс.

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

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 (Қ) 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. Конустық шөгу бетон араласпасы бір үлгіден алынған екі конус шөгуін анықтау нәтижелерінің арифметикалық орташасы мәні ретінде 0,1 см дәлдікпен есептелді, олар бір-бірінен КШ ≤ 9 үшін 1 см-ден, КШ = 10…15 см үшін 2 см-ден және КШ ≥ 16 см үшін 3 см-ден аспайтын айырмашылықпен ерекшеленуі тиіс. Нәтижелерде сәйкессіздік үлкен 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°С-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 масссасы 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.

Зерттеулердің мақсатына қол жеткізу үшін техногенді шикізаттың сапалық сипаттамалары анықталып, Ашысай (Achots) және Ансай (Anskhv) кен орындары қалдықтарын майда және ірі толтырғыштардың белгілі бір мөлшерін алмасытру арқылы ауыр бетон құрамдары таңдалды. 3.20 және 3.21 кестелерде Ашысай (Achots) және Ансай (Anskhv) кен орындары қалдықтарынан алынған майда толтырғыштың (құм) 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 нәтижелері, өндірістік қалдықтар негізіндегі майда толтырғыштар түйіршіктерінің өлшемдік таралуы бір-біріне ұқсас екені, бірақ та Ашысай (Achots) құмының ірілік модулі Ансайға (Anskhv) құмдарымен салыстырғанда жоғары екені анықталды.

Зерттеулер Ашысай (Achots) және Ансайға (Anskhv) қалдықтардың құрамында цементтің бір бөлігін ішінара алмастыра алатын, өлшемі 0,16 мм електен өтетін 11%-ға дейін жоғарыдисперсті фракцияның бар екенін көрсетті. Бұл жоғарыдисперсті фракцияның құрамында аморфты кремнезем $SiO_2 \cdot 2H_2O$ бар екені анықталыып, ол алит минералының гидратациялануы кезінде түзілетін бос күйіндегі әкпен әрекеттесіп, нәтижесінде жаңа түзілімдегі гидратталған төменгінегізді кальций силикаттарының CSH үлесін арттырады. Ауыр бетонда толтырғыштардың осындай ұнтақ фракциясын пайдалану, өте берік және энергетикалық тұрғыдан мықты, азды-көпті біртекті микробөлшектер түзу арқылы толтырғыштың цемент тасымен әлсіз

байланыстарын 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 орындары қалдықтарының бетонның ірі толтырғышы ретіндегі негізгі сипаттамалары келтірілген.

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

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 сиапттамалары

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 $ZnCO_3$ (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 өндіріс қалдықтары негізіндегі толтырғыштармен 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 көрсетліген.

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

Бетон құрамдары	1м^3 бетон құрамы, кг							
	Цемент	Қиыршық тас	Құм	Су	Achots қиыршық	Achots құмы	Anskhv қиыршық	Anskhv құмы

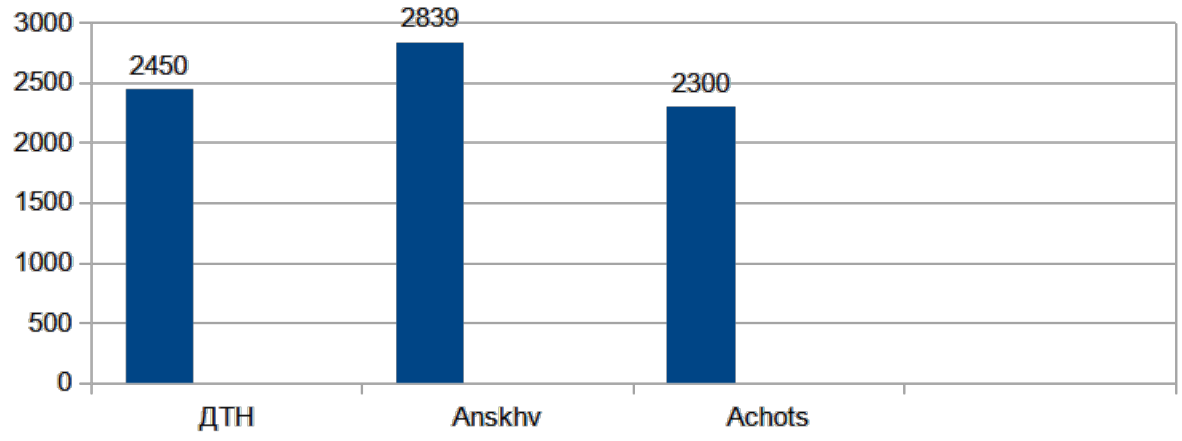
Дәстүрлі толтырғыштар негізіндегі бақылау құрамы	432	1,200	720	182				
Achots толтырғыштары (25%)	432	900	557.5	182	300	162.5	-	-
Achots толтырғыштары (50%)	432	900	360	182	600	360	-	-
Achots толтырғыштары (100%)	432	-	-	182	1,200	720	-	-
Anskhv толтырғыштары (25%)	432	900	557.5	182	-	-	300	162.5
Anskhv толтырғыштары (50%)	432	900	360	182	-	-	600	360
Anskhv толтырғыштары (100%)	432	-	-	182	-	-	1200	720

Өндіріс қалдықтарының 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.



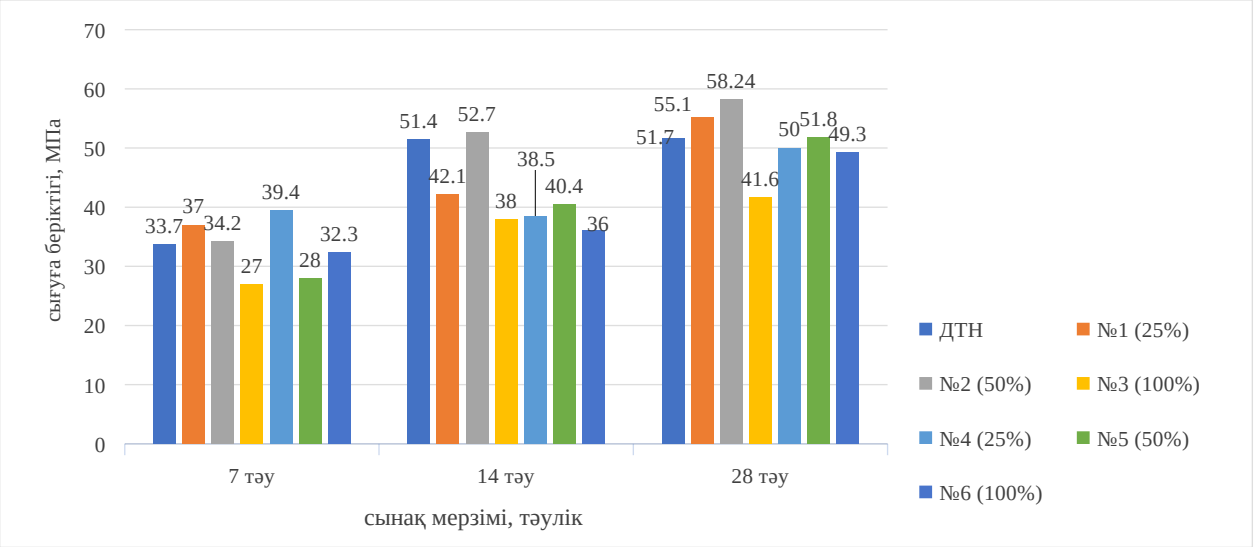
3.23 Сурет - Ансай (Anskhv) и Ашысай (Achots) қалдықтары негізіндегі бетонның тығыздығы

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

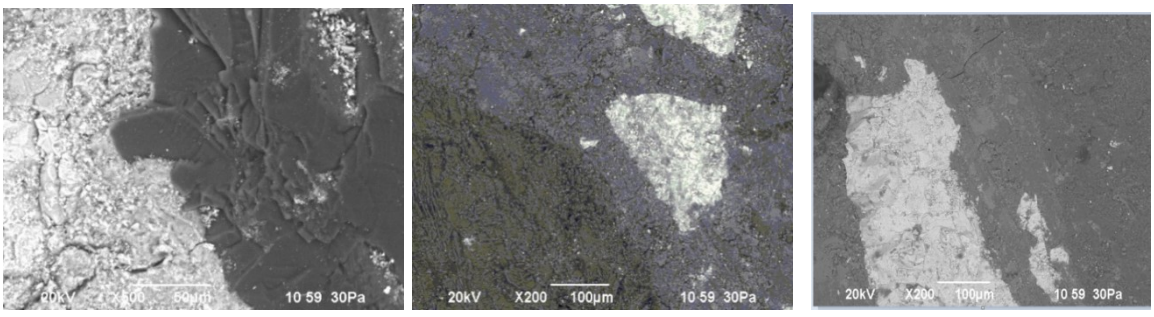
Жылжымалылығы бірдей араласпаларда (2 және 5 құрамдар) (КШ ~ 8 см) беріктіктің ең жылдам өсуі табиғи толтырғыштарды Achots қалдықтарымен (5 құрам) 25% ауыстырған құрамдарда байқалды. Ең жоғары беріктік табиғи толтырғышты Achots қалдықтарымен 50% ауыстырған үлгілерде анықталды. 1 және 5 құрамдар іс жүзінде 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, $CaCO_3$-$Ca(OH)_2$-H_2O 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.

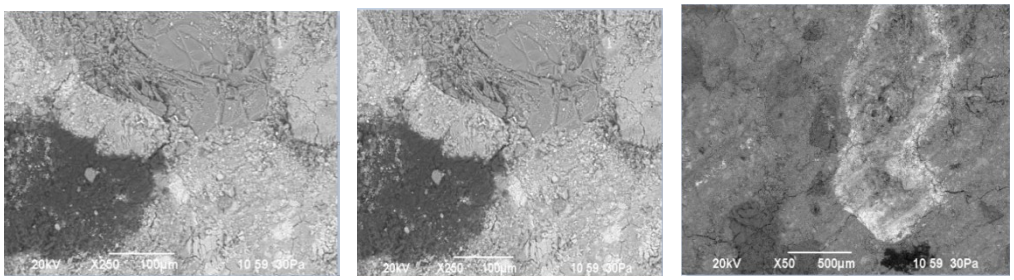


3.25 Сурет - Ансай (Anskhv) кенорны қалдықтары негізіндегі бетонның жанасу аймағының микросуреті

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, $CaCO_3$-$Ca(OH)_2$-H_2O 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 тасы мен Ашысай толтырғыштары арасындағы жанасу аймағының фотосуреті көрсетілген. Техногенді толтырғыш бетінің кедір-бұдырлығы мен біркелкі еместігі есебінен тығыз жанасу адгезиясы байқалады. Бұл толтырғыштың құрамындағы кремний қос тотығы кальций гидроксидімен әрекеттесіп, төмегінегізді кальций гидросиликаттарын түзеді $Ca(OH)_2 + SiO_2 + mH_2O = CaO\text{-}SiO_2\text{-}nH_2O$.

[125] еңбек авторлары, сапасы жоғары және орташа бетондар беріктігінің шамамен 40% цемент тасының қиыршық таспен адгезиясы берікткгі есебінен, ал 20% қиыршық тас бетінің микрорельефінен туындайтын механикалық адгезия есебінен қалыптастынын көрсетеді. Сапасы төмен бетондар үшін (ерітінді бөлігінің беріктігі 20 МПа төмен) жалпы беріктіктің жартысынан көбі адгезия беріктігі есебінен қамтамасыз етіледі. Толтырғыштар беті кедір-бұдырлығының артуымен В15-В25 класты бетондардың беріктігі 30%-ға дейін, ал жоғары кластағы бетондар үшін 50%-ға дейін артатыны анықталған.

Цемент тасының толтырғыштарға адгезия беріктігі бетон беріктігінің анықтаушы факторлардың бірі болып табылады. [126] еңбек авторларының мәліметтеріне сәйкес, цемент тасының толтырғыш түйіршіктеріне адгезия беріктігі көптеген факторларға тәуелді, атап айтқанда:

- толтырғыш дәндерінің пішіні мен бетінің кедір-бұдырлығына;
- толтырғыш дәндерінің тазалық дәрежесіне;
- толтырғыш дәндерінің химиялық және минералогиялық құрамына;
- цемент тасының беріктігіне;
- цемент тасы мен толтырғыштың жанасу аймағында адгезия беріктігін арттыратын минералды қоспалардың болуына;

- жанасу аймағындағы құрылымдық микроақаулардың түрі мен санына тәуелді.

Эксперименттік зерттеулерде қолданылған өндіріс қалдықтары негізіндегі толтырғыштардың (қиыршық тас, құм) құрамында 0,16 мм електен өтетін барит шаңы (11%-ға дейін) бар екенін ескерсек, ол негізінен белсенді минералды қоспа қызметін атқаратынын ескеру қажет. Техногенді шикізаттың құрамында құрылыс материалдары өндірісінде дәстүрлі түрде қолданылмайтын химиялық қосылыстардың бар екенін және олардың цемент пен аралас байланыстырғыштардың гидратациясы мен қатаю процестеріне әсер ету механизмдері жеткілікті түрде зерттелмегенін атап өткен жөн. Сондықтан, техногенді шикізатты пайдаланып тиімді модификациялық қоспалар алу үшін оларды дайындау және өңдеу технологияларын әзірлеу, сондай-ақ композиттік материалдардың қажетті физика-механикалық қасиеттерін қамтамасыз ететін цементтің гидратациясы қатаю процестеріне әсерін зерттеу өзекті мәселе болып табылады.

Осы бағыттағы ғылыми зерттеулер мен ғылыми әдебиеттерді талдау елдің көптеген аймақтарындағы өндірістің нәтижесінде түзілетін техногенді ресурстардың негізгі бөлігі кәдеге жаратылмайтынын көрсетеді [76, 127-129].

Kulikova A.A., Kopanitsa N.O. және басқа да ғалымдар цемент тасы мен толтырғыштың жанасу аймағының микроқұрылымының компьютерлік модельдеу арқылы, минералды қоспалардың жанасу аймағына әсерін зерттеген [130]. Алынған нәтижелерді статистикалық талдау С/Ц қатынасы 0,4 жоғары бетон араласпаларға 10% төмен мөлшерде минералды қоспаларды енгізу жанасу аймағының микроқұрылымына елеулі әсер етпейтінін көрсеткен. Бетон аралспаларына енгізілетін минералды қоспалар $Ca(OH)_2$ мөлшерінің күрт азайтып, жанасу аймағының капиллярлық кеуектілігін айтарлықтай төмендетеді (бірақ бүтіндей жоймайды). Сонымен бірге толтырғыш бетінің тікелей маңында CSH құрамды жаңтүзілімдер мөлшерінің артуы да жанасу аймағының қасиеттеріне оңтайлы әсер етеді. Сондықтан, бетон араласпасына салыстырмалы түрде аз мөлшерде минералды қоспаларды енгізу жанасу аймағының микроқұрылымына оңды әсер ететіні анықталған.

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

Микро деңгейде зерттеулер минералды қоспалар мен портландцемент компоненттері және гидратация кезінде түзілген жаңатүзілімдер арасында химиялық өзара әрекеттесулер болатынын көрсетті. Белсенді минералды қоспалар гидратация процесінің бағытын гидратация кезінде түзілетін жаңатүзілімдердің қарқынды бөлінуіне қарай ығыстырып, оларды ерімейтін қосылыстарға байланыстырады. Бұл өнімдер кальций гидроксидімен $Ca(OH)_2$

әрекеттескенде төменгі негізді гидросиликаттар түзеді. Кальций және магний карбонаттары цементтің құрамындағы алюминий бар клинкерлік минералдарымен әрекеттесіп, $3CaOAl_2O_3$•$(Ca,Mg)CO_3$•$11H_2O$ сияқты күрделі қосылыстар түзеді.

Белсенді минералды қоспалардың 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 келуінен тұрады (жоғарылауы немесе төмендеуі). Цементтің суспензиясы гидратациясының бастапқы кезеңінде минералды қоспаның беткі қабаты, негізінен сумен әрекеттесіп, оның белсенділігін сипаттайтын кем дегенде екі негізгі қасиетті өзгертеді: ортаның pH көрсеткішін және тотығу-тотықсыздану (электродты потенциалын) [131-139].

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

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 атйқанда:

- 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 қатаю қамыры техногенді қалдықтар негізіндегі карбонатты толтырғышпен әрекеттесіп, $CaCO_3$-$Ca(OH)_2$-H_2O жүйесіндегі әртүрлі құрамдағы кальций карбонатын түзетіні, бұл цемент тасы мен карбонатты жыныс арасындағы жанасу аймағының механикалық беріктігінің артуына ықпал етіп, бетон беріктігінің артуына оңтайлы әсер ететіні анықталды.

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

- Дәстүрлі толтырғыштарды Achots негізіндегі толтырғыштармен ішінара (50%) ауыстыру кезінде бетонның маркалық беріктігі бақылау құрамымен салыстырғанда 12,5%-ға артатынын көрсетті. 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 толтықтырғышты қамтитын бетон араласпаларынан ауыр бетон өндіру мүмкіндігі анықталды. 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

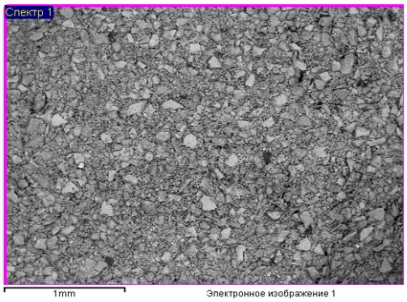
Жұмыстың 3.4 — 3.6 бөлімдерінде баяндалған мәліметтермен салыстырғанда фосфор қожы негізіндегі толтырғыштар бетон технологиясында біршама аз қолданылады.

Фосфор қожы бұл фосфорды фосфатты шикізаттан элетротермиялық жолмен алу кезіндегі қосалқы өнім. [70, 140-143] еңбектерде фосфор қожын 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.

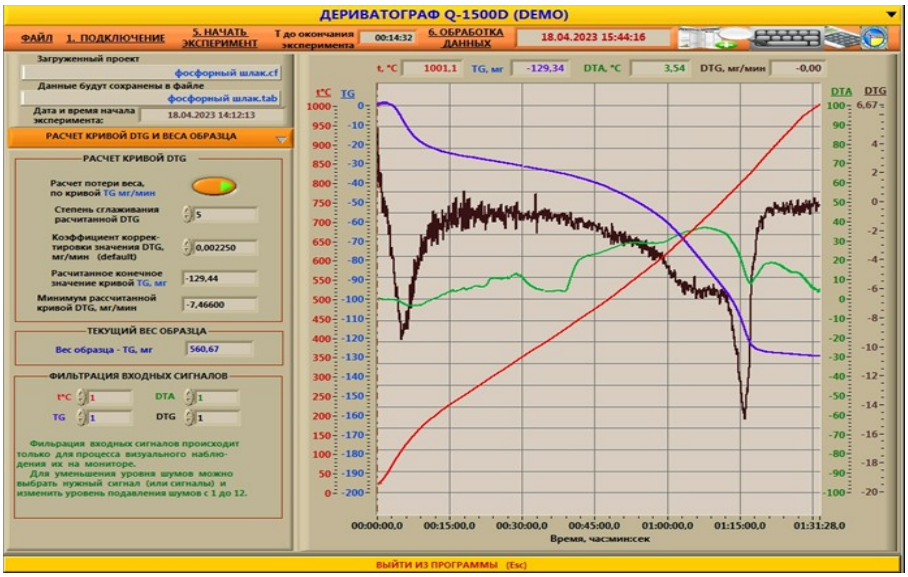
Шикізаттық материалдарды зерттеу жұмыстың 2 бөлімінде баяндалған әдістемелерелге сәйкес орындалды.

Элемент	Салмақтық %	Тотық	Салмақтық %
C	9.11	-	-
O	46.05	-	-
F	1.72	-	-
Na	0.29	Na_2O	0.39
Mg	1.47	MgO	2.44
Al	1.05	Al_2O_3	1.98
Si	12.98	SiO_2	27.76
P	0.74	P_2O_5	1.70
S	0.22	-	-
K	0.35	K_2O	0.42
Ca	25.62	CaO	35.84
Fe	0.40	Fe_2O_3	0.57
Жалпы	100.00		

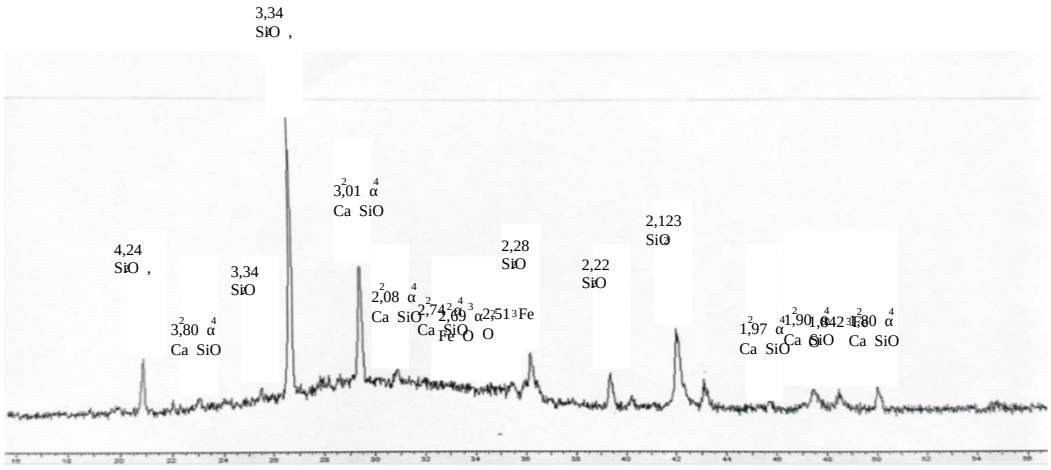


3.27 Сурет — Шымкент фосфор зауыты қожының химиялық құрамы

Шымкент фосфор зауыты қалдықтарының физика-химиялық талдау оның құрамында SiO_2 (кварц) d= (4.24-3.34-2.49-2.45-2.288-2.123-1.54A^0), α-Ca SiO_2 (жалған вольостанит) d=3.23-2.80-1.97-1.83; α-$CaSiO_4$ (парнит) d= 3.80-3.01-2.74-1.99-1.80 A^0; α-Fe_2O_3 (гептатит) d= 2.69-2.51-1.842 A^0 бар екенін көрсетті (3.28 және 3.29 суреттер).

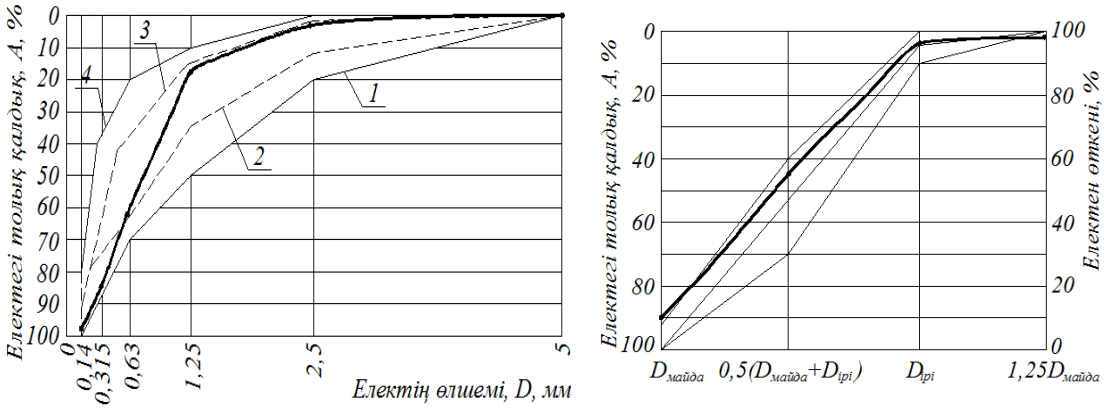


3.28 Сурет — Шымкент фосфор зауыты қожын дифференциалды-термиялық талдау нәтижелері



Сурет 3.29 — 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)

Електегі толық қалдық (%), мм						Ірілік модулі	Қуыстылық, %	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)

Електегі толық қалдық (%), мм				Қуыстылығы, %	Нағыз тығыздығы,	Үйме тығыздығы,	Ұсақталу маркасы,
5	10	20	40				

86,6	75,4	46,2	3,8	51	2120 кг/м^3	1046 кг/м^3	5-20 мм М300

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

Кесте 3.29 – Шымкент фосфор қожы негізіндегі толтырғыштардың бетонның физика-механикалық қасиеттеріне әсері

Бетон түрі	Орташа тығыздығы кг/м^3	Сусіңіргіштігі, %	Аязға төзімділігі, цикл	28 тәуліктегі сығуға беріктігі, МПа
Бақылау үлгісі	2450	0,67	Ғ400	51,4
100% фосфор қожы	2120	2,1	Ғ300	26,3
50% фосфор қожы	2180	1,09	Ғ300	41,2
25% фосфор қожы	2135	1,17	Ғ300	38,3

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

4 ТҮРЛІ ӨНДІРІС ҚАЛДЫҚТАРЫ ТОЛТЫРҒЫШТАРЫ НЕГІЗІНДЕГІ БЕТОННҢЫҢ 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 40×40×160 мм өлшемдегі балкалар қалыптанып, қалыпты жағдайда (+22±2^{0}С темпаратура, ≥95% ылғалдылық жағдайында) 28 тәулікте кептірілді. Түрлі техногенді 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 см²-не кемінде 5 мл сұйықтық келетіндей етіп алынады. Әр сұйықтыққа тоғыз үлгі балка орналастырылады.

Дайындалған үлгілер арнайы ыдысқа салынып, үстіне үлгілер 2-3см 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[147]:

$$K_{хт}=R_{агр}/R_{бақ} \quad (4.2)$$

бұндағы:

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

$R_{бақ}$ — 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**.**

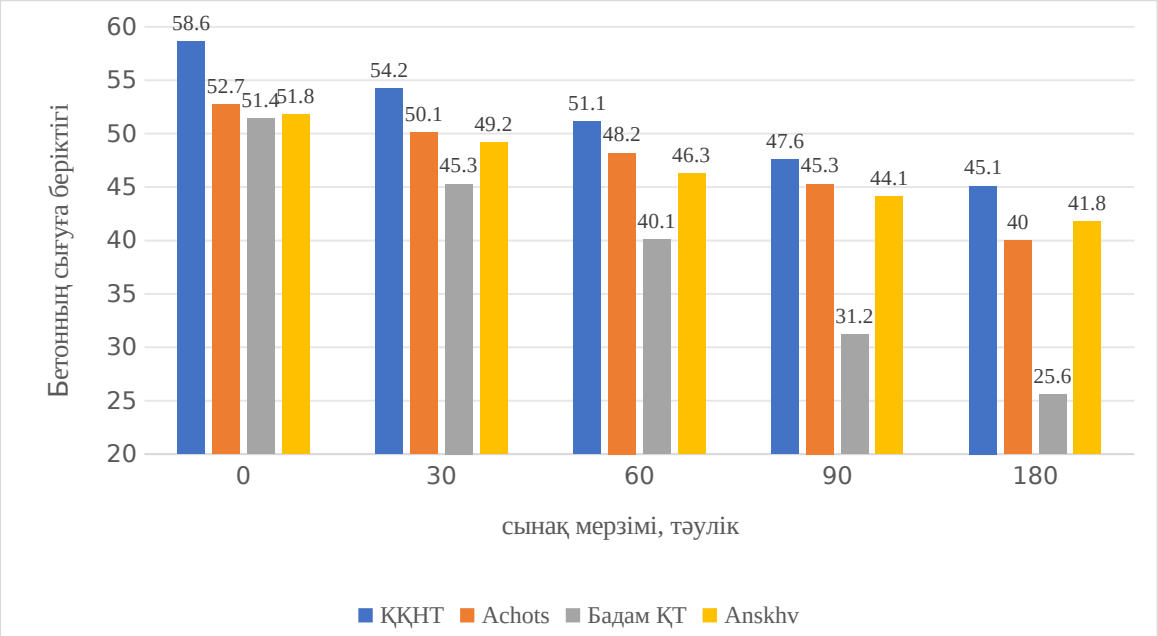
Кесте 4.1 - Агрессивті ортаның сипаттамалары

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

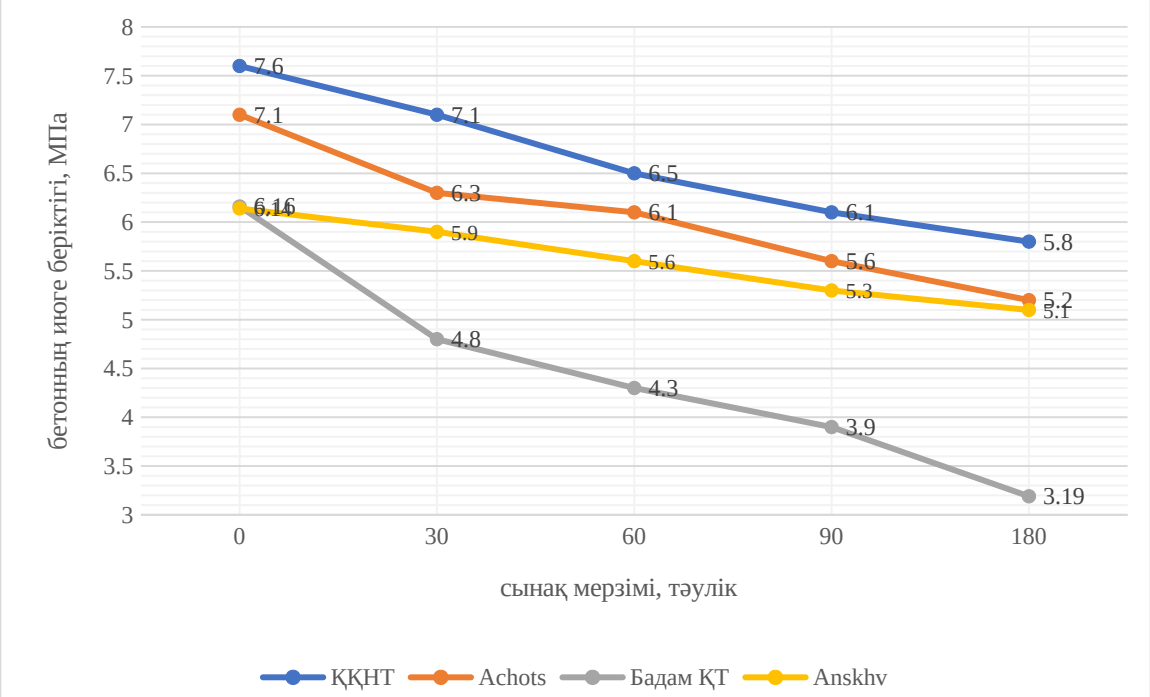
Үлгілер	Үлгі. Бастапқы берікткгі, МПа	30 тәулік		60 тәулік		90 тәулік		180 тәулік		$K_{хт}$
		Дис. суда, МПа	Na_2SO_4 ерітін. МПа	Дис. суда, МПа	Na_2SO_4 ерітін. МПа	Дис. суда, МПа	Na_2SO_4 ерітін. МПа	Дис. суда, МПа	Na_2SO_4 ерітін. МПа	
Қорғасын қожы негізіндегі толтырғыштар	58,6	56,3	54,2	53,1	51,1	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



4.1 Сурет– Толтырғыштардың агрессиялы ортадағы бетонның сығу беріктігіне әсері

Кесте 4.3 – Техногенді толтырғыштардың бетонның агресиялы ортадағы иуге беріктігіне әсері

Үлгілер	Үлгі. бастапқы берікткгі, МПа	30 тәулік		60 тәулік		90 тәулік		180 тәулік		$K_{хт}$
		Дис. суда, МПа	Na_2SO_4 ерітін. МПа	Дис. суда, МПа	Na_2SO_4 ерітін. МПа	Дис. суда, МПа	Na_2SO_4 ерітін. МПа	Дис. суда, МПа	Na_2SO_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 (Na_2SO_4 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 $K_{хт}$ > 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

[148] еңбектің мәліметтеріне сүйенсек агрессиялы SO_4^{2-} ионы бетонның құрамындағы алюминаттармен әрекеттесіп эттрингит ($3CaO·Al_2O_3·3CaSO_4·32H_2O$) минералын 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 С шамасына сәйкес келеді деп қабылданады.

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

$$K_{х.т} \geq 1 - C, \qquad (4.1)\ [149]$$

бұндағы $K_{х.т}$ - (4.2) формулаға сәйкес есептелген шамаларды потенциялау арқылы есептелген химиялық төзімділік коэффициенті.

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

$$\lg K_{х.т} = a + b \lg t, \qquad (4.2)\ [149]$$

бұндағы $\lg K_{х.т}$ 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:

$$a = \lg \overline{K}_{х.с} - b \lg \overline{\tau} \qquad \alpha = lg \qquad (4.3)\ [149]$$

$$b = \frac{\sum_{i=0}^{n} (lgKx.c - lgKx.ci)(lg\tau - lg\tau i)}{\sum_{i=1}^{n} (lg\tau - lg\tau i)2}$$

бұндағы $\lg \overline{K}_{x.c} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \lg K_{x.c_i}}{n}$ - химиялық төзімділік коэффициенті логарифмінің орташа мәні, $\lg \overline{\tau} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \lg \tau_i}{n}$ - сынақ мерзімі логарифмінің орташа мәні, $\lg K_{x.ti}$ 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.

4.5 -Кесте Бетонның химиялық төзімділік коэффициенті

Химиялық төзімділік коэффициенті, $K_{x.т.}$	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:

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

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	$K_{x.т}$
Дәстүрлі толтырғыштар негізіндегі бақылау үлгілері	180	0,52
	3600	≥ 0,5
Anskhv толтырғыштары негізіндегі үлгілер	180	0,82
	3600	≥ 0,5

Кесте 4.7 - Логарифдердің мәні

Дәстүрлі толтырғыштар негізіндегі бақылау үлгілері	lg0,52	lg0,50	lg180	lg3600
	-0,2833	-0,3010	2,2553	3,5563
Anskhv толтырғыштары негізіндегі үлгілер	lg0,82	lg0,80	lg180	lg3600
	-0,0862	-0,0969	2.2553	3.5563

Кесте 4.8 - Берілген мәндер үшін есептелген a және b мәндері

Үлгілер атауы	a	b	$lgK_{х.т}$	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.

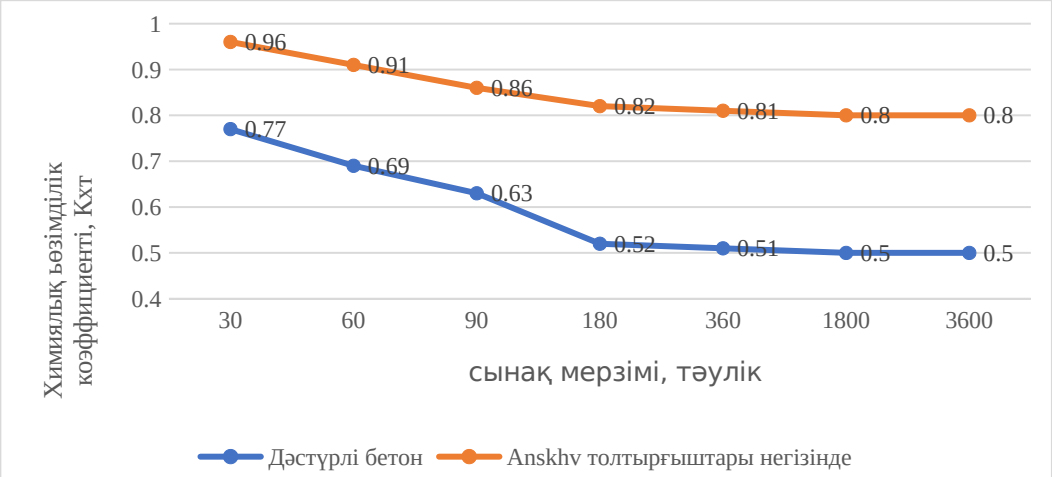
Сонда дәстүрлі бетон үшін:

$$Kх.т=10^{-0.3014}\approx 0,50$$

Ал Ащысай қалдықтары негізіндегі бетон үшін:

$$Kх.т=10^{-0.0968}\approx 0,80$$

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 коррозиға төзімділігі төмендейді. Дегенмен уақыт өтуіне байланысты үлгілердің химиялық төзімділік коэффициентінің төмендеу қарқыны төмендейтіні байқалады.



4.4 Сурет – Бетон үлгілерінің химиялық төзімдіділік коэффициенті

Бұл құбылысты уақыт өтуіне байланысты үлгілердің құрамындағы алюминий тотығы мөлшерінің азаюымен және соған байланысты сульфаттық коррозияға төзіміділігінің 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 эксперменттік зерттеулер нәтижесінде техногенді қалдықтар негізіндегі толтырғыштардың бетонның физика-механикалық қасиеттеріне әсері талданды. Талдау бірдей жағдайларда және бірдей құрамда қалыптанған бетон үлгілерінде сәйке 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 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
Карbots 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 пропарционал [144]:

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

бұндағы:

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

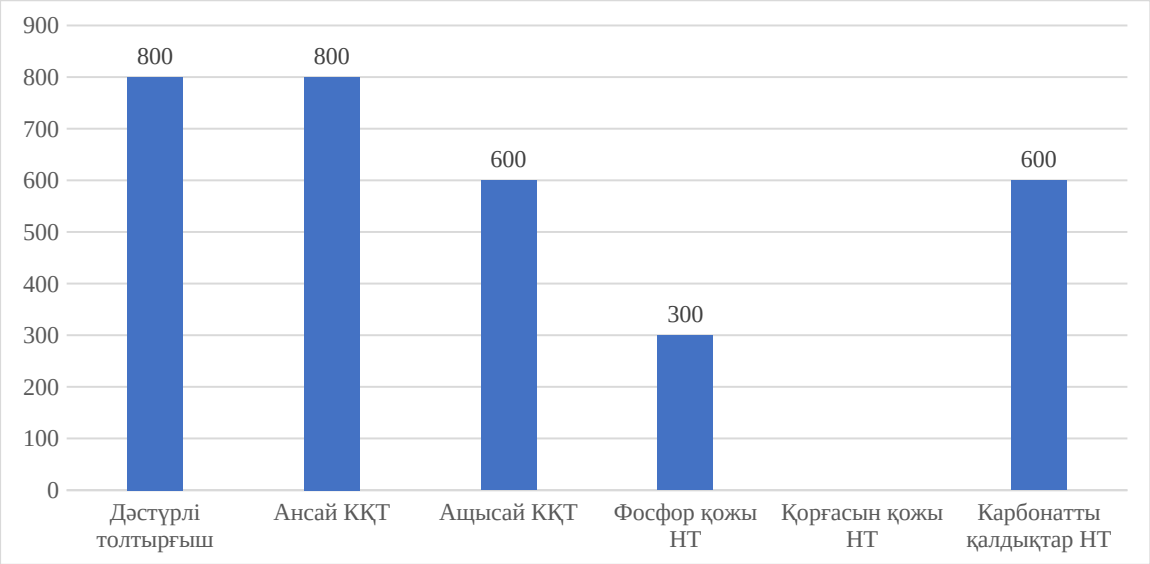
4.10 кесте — Толтырғыш беріктігінің оның тығыздығына тәуелділігі

№	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	Ашысай 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/см^2, абсцицис 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/м^3) және Ащысай (2500 кг/м^3) 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 ұсақталу 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 негіздегі толтырғыштың тығыздығы мен бетон тығыздығының арасында да тәуелділік байқалады. Жалпы бұл тәуелділікті төмендегі формуламен сипаттауға болады:

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

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

Бұл формула бетон тығыздығының толтырғыштың тығыздығына тәуелдігін сипаттайды.

4.6 суреттің мәліметтерін талдау бетонның ең жоғары тығыздығы қорғасын қожы мен Ансай кенорны қалдықтары толтырғыштары негізіндегі ауыр бетондарда болатынын көрсетті, Ансай кенорны қалдықтары негізіндегі бетондарда бұл көсеткіш бақылау үлгісімен салыстырғанда 15,8%, қорғасын қожы негізінде 16,6, карбонатты қалдықтар негізіндегі ауыр бетонда 2,24% жоғары болады. Ал Ащысай қалдықтары мен фосфор қожы негізіндегі бетондарда бұл көрсеткіш 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	Ашысай кенорны қалдықтары	1312	47,5	2300
6	Састөбе кенорны қалдықтары	1270	42,5	2505



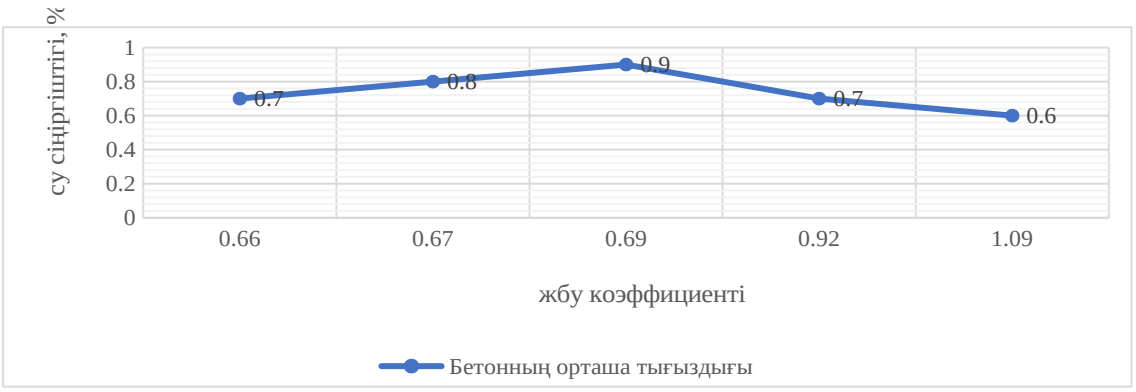
4.6 Сурет – Толтырғыш тығыздығының бетон тығыздығына әсері

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 капиллиярлық 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, $k_{ж} = \frac{R_{ыл}}{R_{құр}}$
Бақылау үлгісі	2450	0,67	0,8
50% Ансай ККТ	2846	0,69	0,9
50% Ашысай ККТ	2486	0,92	0,7
50% Фосфор қожы НТ	2282	1,09	0,6
50% Карбонатты қалдықта НТ	2505	0,66	0,7



4.7 Сурет – 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 үлгілердің сусіңіргіштігі жоғары, ал толтырғыштардың сығуға беріктігі де дәстүрлі толтырғыштармен салыстырғанда төмен болады.

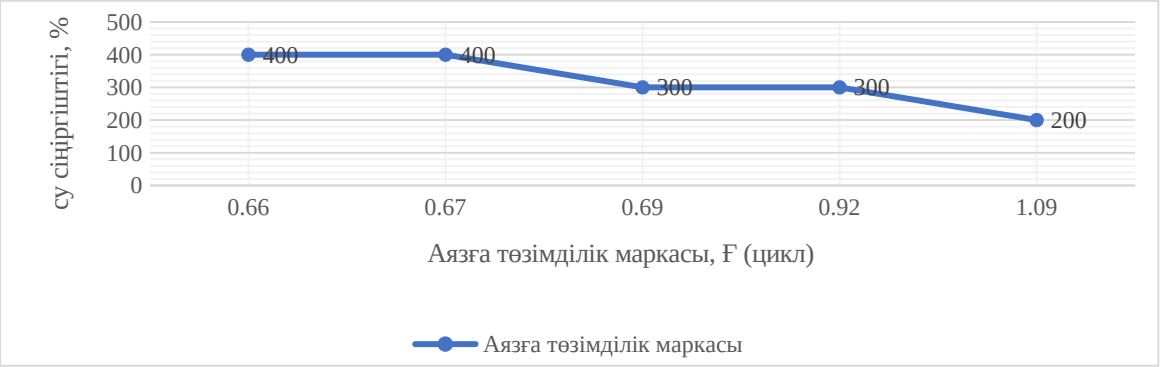
Бетонның сусіңіргіштігі оның маңызды қасиеттерінің бірі аязға төзімділік қасиетіне тікелей әсер етеді. Зерттеу нәтижелерін салыстырмалы талдау карбанатты қалдықтар негізіндегі үлгілерден басқа барлық үлгілердің аязға төзімділігі бақылау үлгілерімен салыстырғанда төмен болатынын көрсетті.

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 ККТ	0,69	F 300
50% Ашысай ККТ	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 қанығуына тікелей тәуелді. 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 пропарционалды 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	Бетонны сығуға беріктігі, МПа		
		7 тәулік	14 тәулік	28 тәулік
1	Бақылау үлгісі	33,7	51,4	51,7
2	50% Ансай ККТ	28	40,4	51,8
3	50% Ашысай ККТ	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 $Ca(OH)_2$ 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.

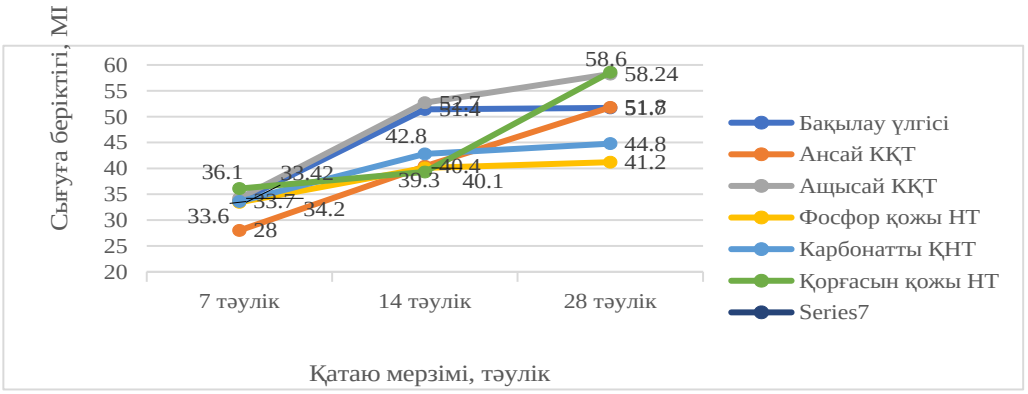
14 тәулік мерзімде бақылау үлгісі мен Ащысай қалдықтары негізіндегі бетон үлгілері маркалық беріктігін жинаған.

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 өткеніміздей олардың минералогиялық құрамына тікелей байланысты.

Сонымен бірге цемент тасының қорғасын қожына адгезия беріктігі толтырғыш түйіршіктері бетінің кедір-бұдырлығы жоғары болуы есебінен артады. Сонымен бірге, портландцемент клинкері минералдары қорғасын қожындағы ауыр металдармен физика-химиялық әрекеттесіп, суда ерімейтін қосылыстар түзіп, оларды гидратация өнімдерінің «капсуласында» ұстап қалады (3.15 сурет), және де толтырғыш құрамындағы кремний қос тотығы

кальций гидроксидімен әрекеттесіп ($Ca(OH)_2 + SiO_2 + mH_2O = CaO.SiO_2.nH_2O$), төменгінегізді 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 ($Ca(OH)_2 + SiO_2 + mH_2O = CaO.SiO_2.nH_2O$), төменгі негізді кальций гидросиликаттарын, сонымен бірге цемент қамыры карбонатты толтырғыштармен әрекеттесіп, $CaCO_3$-$Ca(OH)_2$-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, W%	Аязға төзімділігі, F (цикл)	Сығуға беріктігі, МПа	Иуге беріктігі, МПа	Химиялық төзімділік коэффициенті, $K_{хт}$
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 негізгі сипаттамалары мен бетонның физика-механикалық қасиеттерін жақсарту мақсатында әртүрлі химиялық қоспалар қолданылады. Бетонның бастапқы қатаю кезеңінде беріктіктің дамуына жеке немесе кешенді химиялық қоспалар оңтайлы әсер етеді. Бетонның сапасын жақсартудың көптеген әдіс-тәсілдерінің ішінде бетонның капиллярлы-кеуекті құрылымын өзгертетін химиялық қоспаларды пайдаланып, оның сапалық қасиеттерін жақсарту маңызды.

Бұл өзекті мәселеге арналған ғылыми-практикалық деректердің саны айтарлықтай көп. Олардың барлығы бетон мен темірбетон бұйымдарының нақты сипаттамаларын және олардың агрессивті орта факторларына төзімділігін егжей-тегжейлі сипаттайды.

Бетонның құрылымы гидратация және қатаю процестері 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 деформациялық өзгерістерге қарсы тұрады. Бетондағы цемент мөлшері азайған сайын, бетонның жиырылу деформацияларының амплитудасы да азаяды.

Бетонды модификациялаушы қоспаларды қолдану мәселесі жан-жақты, дегенмен әлемдік тәжірибеде цемент пен бетон араласпаларына арналған химиялық қоспаларды біртұтас жіктеу жүйесі жоқ. Әртүрлі елдер өздерінің жіктемелерін әзірлеп, қолданады. 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 ерітінділерің 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/А-Ш 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°С және бетіндегі салыстырмалы ылғалдылығы 97% болған жағдайда қатайтылды.

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

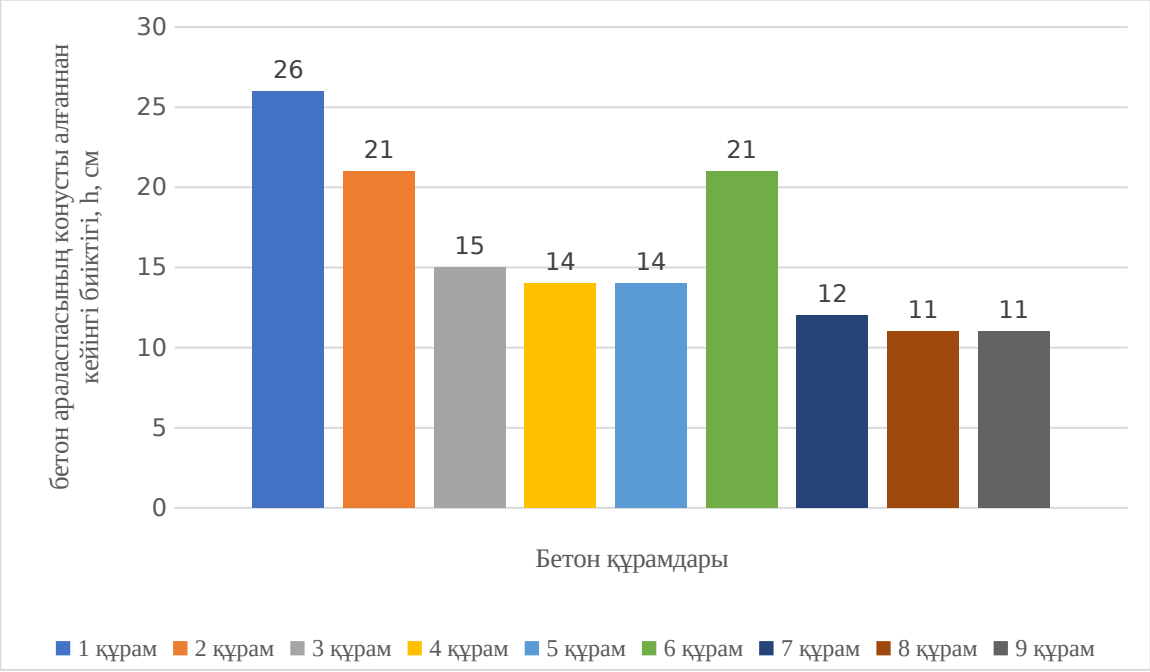
Техникалық сипаттамаларына сәйкес аталған химиялық қоспалардың оңтайлы мөлшерлемелері 0,6 -1,2% құрайды, осы мөлшердегі қоспаның бетон араласпасы мен бетонның негізгі сипаттамаларына әсері зерттелді. Модификациялаушы қоспалар бетон араласпасына қатаю суымен, яғни қатаю суын 3 бөлікке бөліп, 2/3 бөлігін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

араласпасына қосылды және біртекті масса түзілгенше араластырады. Қоспалардың бетон араласпасының және бетонның физика-механикалық қаситтеріне 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 араласапасының 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 араласапасының 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.

Зерттеулер Sunbo PC2021 қоспасының пластификациялаушы эффекті JP-700HQ қоспасымен салыстырғанда жоғары екендігігін көрсетті, бұл қоспа бетон араласпасының жылжымалылығын (КШ) 3,16 есеге дейін арттырырады, ал қоспа мөлшерін 0,8% әрі қарай арттыру кезінде жылжымалалықтың сәйкесінше өзгеруі байқалмайды.

Әрі қарай жылжымалылығы бірдей бетон араласпасын алу кезіндегі қоспалардың С/Ц қатынасына әсері зерттелді. 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 қаситтеріне әсері зерттелді.

Кесте 4.19 – Модификациялаушы қоспа негізіндегі бетон үлгілерінің тығыздығы

№	1м^3 бетон құрамы, кг			Химиялық қоспа		Бетонның орташа тығыдығы, 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

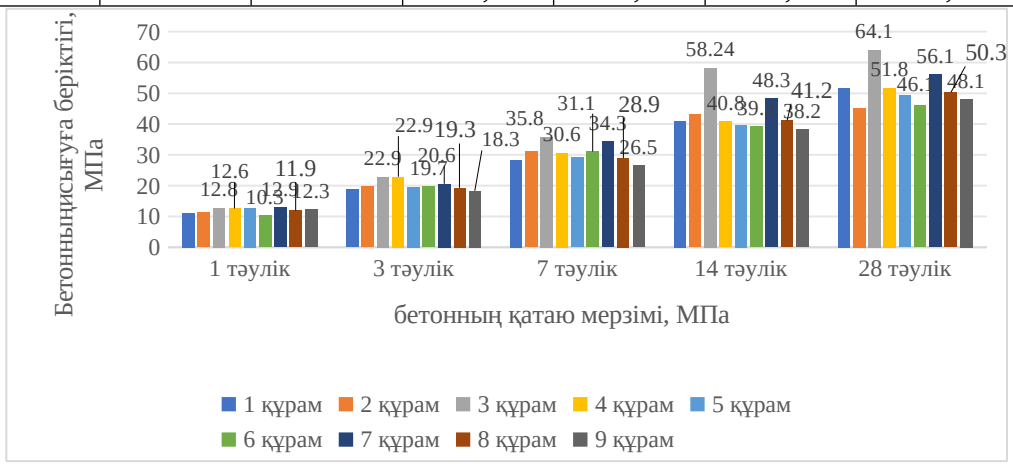
Зерттеулер қоспалардың мөлшерін 0,8% дейін арттыру бетонның орташа тығыздығының жоғарылауына оңтайлы әсер ететінін көрсетті (жылжымалылығы бірдей бетон араласпасын алу кезінде), атап атйқанда JP-700HQ қоспасымен ол бақылау үлгісімен салыстырғанда 2,8%, ал Sunbo PC2021 қоспасымен 2,6% артады, қоспалардың мөлшерін одан әрі арттыру бетон тығыздығына елеулі әсер етпейді. Бұл жоғарыда атап өтілгендей поликарбоксилатты 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 киентикасына 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 поликарбоксиалатты қоспалар цемент бөлшектерінің бетіне адсорбциялану арқылы олардың іріленуіне кедергі болады, және де цемент бөлшектерінің диспарстілігін қамтамасыз етіп, цемент пен судың жанасу ауданын арттырады, бұл өз кезегінде гидратация процесінің біршама қарқынды жүруін қамтасыз етеді. Бұл эффект әсіресе 3 тәуліктік мерзімде айқын байқалады, мәселен JP-700HQ қоспасының мөлшері 0,6% болған кездегі үлгінің беріктігі, бақылау үлгісімен салыстырғанда 5,3%, ал 0,8% мөлшерлемеде 22,4%-ға, 1,0% кезінде 7,5, ал 1,2 болған кезде 4,8%-ға жоғары болады. Яғни беріктік жинау кинетикасына ең оңтайлы әсер ететін қоспа мөлшері 0,8% құрайды.

Егер 3 тәулік мерзімдегі үлгілердің беріктік жинау жылдамдығын салыстырсақ, бақылау үлгісінде ол 66,9%, ал JP-700HQ қоспасымен сәйкесінше: 74,3; 78,9; 59,5 және 55,5% құрайды. Бұл жағдайда да ең жоғары тиімділік 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%, ал 3 тәуліктік мерзімде сәйкесінше 5,4%; 10,1%; 3,2%-ға жоғары, ал 1,2% мөлшерлемеде 2,2%-ға 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 жинау 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.

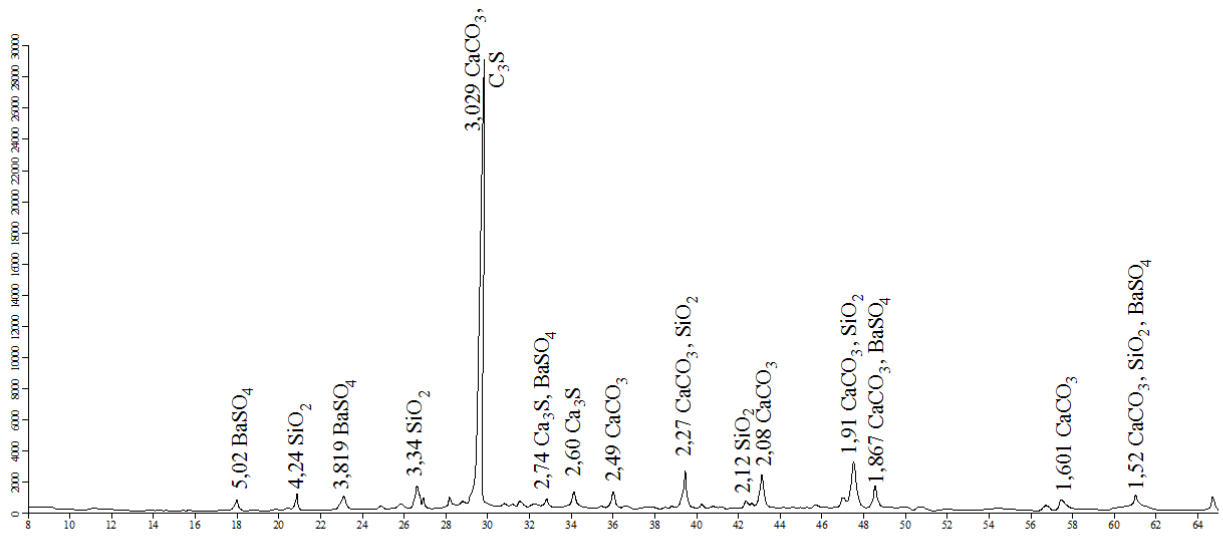
Бетонның 28 тәуліктегі беріктік көрсеткіштерін салыстыру ең жоғары сығуға беріктік 0,8% мөлшердегі JP-700HQ қоспасы бар үлгілерде болатыны анықталды, ол үлгілердің беріктігі бақылау үлгісімен салыстырғанда 24,2%, ал 0,8% мөлшердегі Sunbo PC2021 қоспасымен салыстырғанда 8,7%-ға жоғары болатынын көрсетті.

Қоспалы үлгілер беріктігінің жоғары артуы, біріншіден, қоспалардың әсерінен бетон құрылымының тығыздалуы (мысалы: 0,8% мөлшердегі JP-700HQ қоспасы бар бетонның тығыздығы бақылау үлгісімен салыстарғанда 2,8%, ал Sunbo PC2021 қоспасымен 2,6% жоғары), су-цемент 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

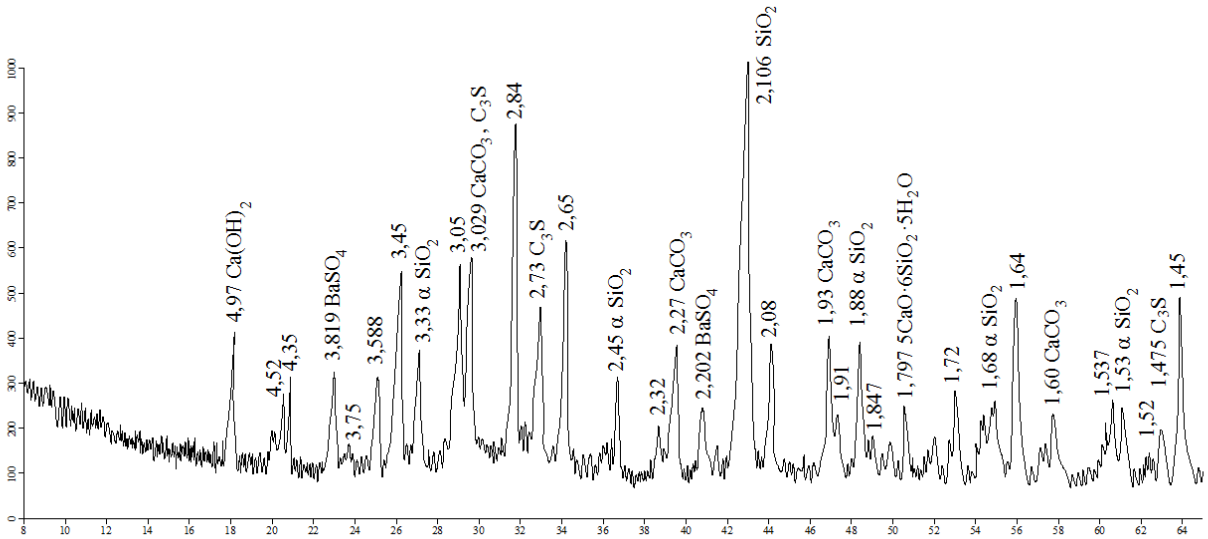
Физика-химиялық зерттеу нәтижелері жоғарыда айтылған тұжырымдаманы дәлелдейді (4.13 және 4.14 суреттер).



4.13 Сурет – Бақылау үлгісінің рентгенограммасы

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

Кальцит шыңдарының жоғары қарқындылығы бастапқы карбонатты минералдардың мөлшеріне де, цемент тасындағы гидратталған жаңатүзілімдердің карбонаттану процестеріне де тәуелді болуы мүмкін. Анық портландит шыңдарының болмауы оның гидратация және пуццоландық реакциялар кезінде ішінара жойылғанын дәлелдейді.

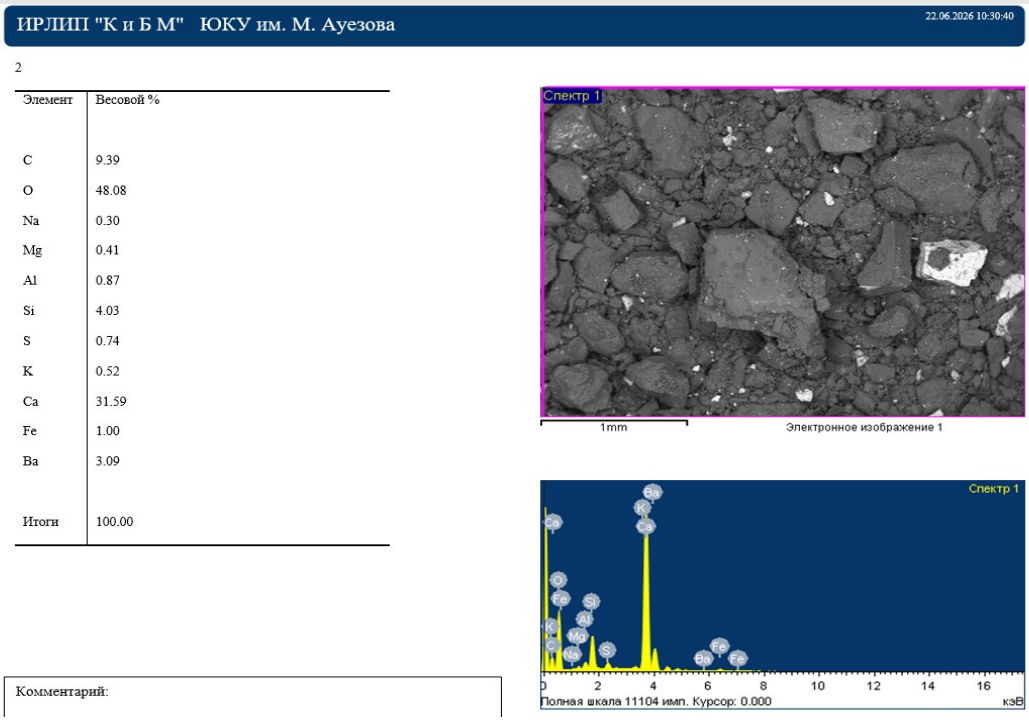


4.14 Сурет – Құрамында 0,8% JP-700HQ қоспасы бар үлгілердің рентгенограммасы

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 Å толқын ұзындығындағы күшті кварц дифракциялық шыңы кремнийлі құрамдас бөліктің айтарлықтай мөлшерде екенін көрсетеді. d = 4,97 Å 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.

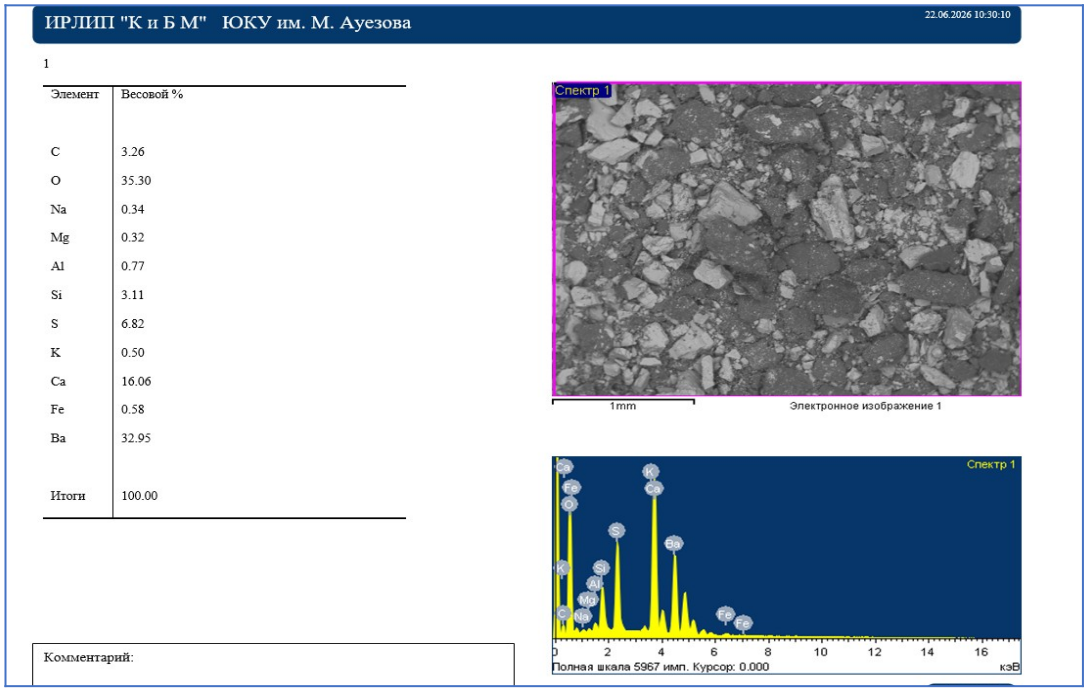
Модификацияланған үлгілерде бақылау үлгілерінің рентгендік дифракциялық сызықтарымен салыстырғанда: анық анықталған портландит $Ca(OH)_2$ (d = 4,97 Å) пайда болғаны, C-S-H гидратация өнімдері айқынырақ көрінеді; кварц, кальцит және барит шыңдары жақсы сақталған, C_3S шыңдарының салыстырмалы интенсивтілігінің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

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



4.15 Сурет – Электронды микроскопия нәтижелеріне сәйкес бақылау үлгісіндегі элементтердің бөлінуі

Электронды микроскопиялық талдау нәтижелері зерттелген үлгіде оттегі (48,08 %) және кальций (31,59 %) мөлшерінің көп екенін көрсетті, бұл негізінен карбонат және гидросиликат фазаларынан тұратын кальций қосылыстарының басымдығын дәлелдейді. Көміртектің (9,39 %) болуы материалдың айтарлықтай дәрежеде көміртектендірілгенін және кальциттің бар екенін растайды. Кремний (4,03 %) және алюминийдің (0,87 %) болуы силикатты және алюмосиликатты компоненттердің түзілгендігін көрсетеді. Барий мөлшері төмен (3,09 %), бұл барит фазасы мөлшерінің өте аз екенін көрсетеді. Жаңатүзілім бөлшектерінің морфологиясы бұрышты пішін мен жақсы дамыған қырлы беткеймен сипатталады, бұл «цемент тасы-толтырғыш» жанасу беріктігін жақсартуға ықпал етеді. Алынған нәтижелер бұл техногенді толтырғыштарды ауыр және конструкциялық бетондарда толтырғыш ретінде тиімді қолдану мүмкіндігін растайды.



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

Электрондық микроскопия талдау нәтижелері зерттелген бетон үлгісінде оттегі (35,30 %), барий (32,95 %) және кальций (16,06 %) мөлшерінің басым екенін көрсетті. Барий мен күкірттің жоғары мөлшері барит фазасының ($BaSO_4$) бар екенін көрсетеді, ал кальций негізінен карбонат және силикатты қосылыстар 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 нәтижелері, JP-700HQ қоспасымен су-цемент қатынасын тұрақты болған кезде цементтің шығынын 10% төмендету бақылау үлгісімен бірдей беріктіктегі бетон алуға мүмкіндік 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 жаба алмайды, екіншіден гидратация өнімдерінің мөлшері азаюуы 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 фософор 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 үлгілерінінің 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 гироферитер түзетін оксидетрдің болуына байланысты екені дәлелденді;

- Үлгілердің химиялық төзімділігін салыстырмалы талдау Ансай қалдықтары негізіндегі бетондардың химиялық төзімділік коэффициенті ең жоғары ($К_{хт}$=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 түсіндіріледі;

- 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 оңтайландыу 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 береді;

- 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 анықталды;

- 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

Ұсынылған технологияның негізгі ерекшелігі техногенді қалдықтарды қабылдап алып, алдын ала елеп, ірі фракцияны бөліп алып, жақты ұсақтағышта ұсақтау жұмыстары жүргізіледі. Ұсақталған фракция алдын ала еленген фракциямен бірге фракцияларға бөлініп, толтырғыштардың формасы бойынша жалпақ және ине тәрізді дәндерін бөліп алып, бетонның оңтайлы құрамына қажетті фракцияларды автоматтандырылған бункерлерде мөлшерлеп қосу қажет. Модификациялаушы қоспалар бетон араласпасына қажетті суды, яғни қатаю суын 3 бөлікке бөліп, 2/3 бөлігін біркелкі араластырылған құрғақ компоненттер арласпасына құйып, 2-3 минут жақсылап араластырып, судың қалған 1/3 бөлігіне қоспаны қосып, жақсылап араласытырып, бетон араласпасына қосып және біртекті масса түзілгенше араластырады. Араласпа әрі қарай қалыптау цехында қалыпталып, IoT сенсоры арқылы бақыланатын булау камерасымен өңделеді. Булау режимі алдын ала ұстау 1,5 сағ, температураны көтеру 3 сағ, изотермиялық ұстау 6 сағ 80℃ және температураны түсіру 2,5 сағ режимдерінен тұрады. Өнімнің жоғары сапасын бақылау мақсатында зертханалық сынақтармен сыналып отырады.

Техногенді толтырғыштар негізіндегі модификацияланған ауыр бетон технологиясы келесі операциялардан тұрады:

- Қабылдау;
- Техногенді толтырғыштарды алғашқы елеу;
- Ұсақтау;
- Техногенді толтырғыштарды елеу, фракциялау, байыту;
- Құрғақ компоненттерді автоматты мөлшерлеу;
- Құрғақ компоненттерді араластыру;
- Модификациялаушы қоспа қосып белсендендіру -модификациялаушы қоспаның 2/3 бөлігін құрғақ араласпаға құйып, 2-3 мин араластыру;
- Судың қалған 1/3 бөлігіне қоспаны қосып, араласытыру;
- Қоспа ерітіндісін араласпаға қосып, біртекті масса түзілгенше араластыру;
- Қалыптау;
- Жылуылғалды өңдеуге дейін ұстау;
- IoT сенсоры арқылы бақыланатын булау камерасы;
- Зертханалық сапаны бақылау мен сынақтар.



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:

$$C_{а.б.} = C_{ПЦ} \cdot m_{ПЦ} + C_{іт} \cdot m_{іт} + C_{қ} \cdot m_{қ} + C_{с} \cdot m_{с} \qquad (5.1)$$

бұндағы:

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

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

$C_{іт} \cdot m_{іт}$ – 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, теңге/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:

$C_{а.б.} = C_{ПЦ} \cdot m_{ПЦ} + C_{іт} \cdot m_{іт} + C_{қ} \cdot m_{қ} + C_{с} \cdot m_{с}$ = (30·432) + (4,0·1200) + (2,54·720) + (0,7·182) = 12960 + 4800 + 1828,8 + 127,4 = 19716,2 теңге/м^3

Техногенді қалдықтар негізіндегі ауыр бетон үшін:

$C_{а.б.} = C_{ПЦ} \cdot m_{ПЦ} + C_{іт} \cdot m_{іт} + C_{қ} \cdot m_{қ} + C_{с} \cdot m_{с}$ = (30·432) + ((4,0·600) + (0,5·600)) + ((2,54·360) + (0,5·360)) + (0,7·182) = 12960 + 2700 + 1094,4 + 127,4 = 16881,8 теңге/м^3

Техногенді қалдықтар негізіндегі оңтайлы құрамдағы ауыр бетон үшін:

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

Экономикалық тиімділік төмендегі формула бойынша есептеледі:

$$Э_т = (С_{бақ} – С_{ұсын}) \cdot V \qquad (5.2)$$

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

$Э_т = (С_{бақ} – С_{ұсын}) \cdot V = (19716,2\text{-}16881,8) \cdot 1м^3 = 2834,4$ теңге;
$Э_т = (С_{бақ} – С_{ұсын}) \cdot V = (19716,2\text{-}17526,2) \cdot 1м^3 = 2190$ теңге

Осылайша Ансай техногенді қалдықтар негізіндегі толтырғыштарды ауыр бетон технологиясында қолдану 1м^3 бетон үшін дәстүрлі толтырғыштардың 50% техногенді толтырғыштармен алмастыру кезінде 2 834,4 теңге, ал модификацияланған оңтайлы құрамды қолдану кезінде 2190 теңге экономикалық тиімділік береді. Модификацияланған құрамды қолдану С/Ц қатынасын 0,42 ден, 0,39 дейін төмендетіп, химиялық төзімді, В40 кластағы тығыз құрылымды бетон алу арқылы ұсынылған технологияның техникалық тиімлідігін көрсетті.

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, техногенді қалдықтарды қайта пайдалану технологиясының жетілмегендігіне байланысты оларды 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 толтырғыштар ретінде 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;

- бетонның физика-механикалық және эксплуатациялық қасиеттерінің техногенді қалдықтар негізіндегі толтырғыштардың түрі мен минералогиялық құрамына тәуелділігі зерттеліп, бетон беріктігінің артуы толтырғыштардың меншікті бетінің ауданы мен минералогиялық құрамына тәуелді екені анықталды. 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 қалыптастырынын 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 толтықтырғышты 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 фософор 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 15,8, қорғасын қожы негізінде 16,6, карбонатты қалдықтар негізіндегі 2,24%-ға жоғары болатыны анықталды;

- техногенді қалдықтар негізіндегі бетонның сусіңіргіштігі мен жібу коэффициентін салыстырмалы талдау Ансай толтырғыштары негізіндегі бетон үлгілерінінің жібу коэффициенті бақылау үлгілерімен салыстырғанда

12,5%-ға 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 ($К_{хт}$=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 суперпластификатрлар негізінде оңтайландыу 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;

- поликарбоксиалатты JP-700HQ суперпластификаторы цемент бөлшектерінің бетіне адсорбциялану арқылы олардың іріленуіне кедергі болып, цемент бөлшектерінің жоғары диспарстілігін 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 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. Модификацияланған құрамды қолдану бетонның физика-механикалық қасиеттерінің жақсаруы есебінен жоғары техникалық және эксплуатациялық тиімділік көрсетеді.

- зерттеу нәтижелері «JN LAW Corporation» және «Бетон» ЖШС базасында өндірістік сынақтан өткізіліп, «JN LAW Corporation» базасында өрдіріске ендірілді, 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., Терѐхина 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 отсевов 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

16 Zhalgassuly N.,Toktamysov M.T., Galits V.I. and oth.: База данных Thomson Reuters. Complex coal processing of Kazakstan 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 Ca0-Al 2 03 -Si02 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 Jl.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-мЫералопчний 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. - Ал маты, 2000. - 122 с.

28 Котляр В.Д., Талпа Б.В., Терèхина 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 Оренбурской 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, – H. 11, P. 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 Оренбурской 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 Ho H.-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 Гусиоозерской 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 Aroraa Kaushal, Kumara Robin Sainia, Kshama Sharmab Saurav, Dixitcd Anil Kumar Dixitc, Natalia Taskaevae// 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-barievykh 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 primenenie. -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.2022.04.462https://www.researchgate.net/publication/360808890_Investigating_the_fresh_state_performance_of_concrete_containing_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

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 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., Montaev 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 zaochnoy 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

93https://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 Паньшин А.М., Евдокимов С.И., Солоденко А.А. Гравитационная технология переработки шпаков 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 ФечкоП., 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

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; Prufverfahren Fur 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; Prufung von Festbeton—Teil 1: Form. Maβe und Andere Anforderungen fur Probekorper 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 Stroit. 2022, 14, 481–492. [CrossRef]

128 Kluyev, S.V. Lecture Notesin 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-tsementnyhkompozitsiy (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.; Utelbayeva, 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. Receving 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., А. 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, Волгаград. 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 испытании. 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



ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН

REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

ПАТЕНТ
PATENT

№ 12448

ПАЙДАЛЫ МОДЕЛЬГЕ / НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ / FOR UTILITY MODEL

(21) 2026/0621.2

(22) 18.03.2026

(45) 19.06.2026

(54) БЕТОН ҚОСПАСЫ
БЕТОННАЯ СМЕСЬ
CONCRETE MIX

(73) «М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамы (KZ)
Некоммерческое акционерное общество «Южно-Казахстанский государственный университет имени М.Ауэзова» (KZ)
Non-profit Joint-Stock Company «M.Auezov South Kazakhstan University» (KZ)

(72) Нурымбетова Раушан Уалихановна (KZ) Nurymbetova Raushan Yalikhanovna (KZ)
Риставлетов Раимберди Аманович (KZ) Ristavletov Rayimberdy Amanovich (KZ)
Сузев Николай Антонович (KZ) Suzev Nikolay Antonovich (KZ)
Камбаров Медетбек Абилдаевич (KZ) Kambarov Medetbek Abildayevich (KZ)
Кудабаев Руслан Бахтиярович (KZ) Kudabayev Ruslan Bakhtiyarovich (KZ)

ЭЦҚ кол қойылды
Подписано ЭЦП
Signed with EDS

С. Ахметов
С. Ахметов
S. Akhmetov

«Ұлттық зияткерлік меншік институты» РМК директоры
Директор РГП «Национальный институт интеллектуальной собственности»
Director of the «National Institute of Intellectual Property» RSE

Қосымша Б

Зерттеу нәтижелерін өндіріске ндіру АКТ-ы

Ф.7.07-16

КЕЛІСІЛДІ

М.Әуезов атындағы ОҚУ
Басқарма мүшесі, ғылыми жұмыс және
Инновациялар жөніндегі проректор м.у.а.,
ф.т.к., профессор
Кәрбозова Г.К.

«04» 09 2026 ж.

БЕКІТЕМІН

Басшы «JN LAW Corporation»
ЖШС директоры
Ибрагимов Б.А.

«03» 09 2026 ж.

Техникалық мамандықтар бойынша ғылыми-зерттеу жұмыстарының нәтижелерін өндіріске енгізу

АКТІ

Біз, төмендегідегідей «JN LAW Corporation» ЖШС-нің өкілдері 2026 жылы Ғылыми-зерттеу жұмыстарының нәтижелерін осы актімен «Құрылыс инженериясы» кафедрасында орындалған Ащысай және Ансай кен орны техногенді толтырғыштарымен ауыр бетондар негізіндегі бұйымдар мен конструкциялардың технологиясы «Бетон» ЖШС-де өндіріске енгізілгенін растаймыз.

Нәтижелерді енгізу түрі: Ащысай және Ансай кен орны техногенді толтырғыштарымен ауыр бетондар негізіндегі бұйымдар мен конструкциялардың технологиясы

Енгізу тиімділігі Жылжымалылығы бірдей бетона араласпасы негізіндегі бетон үлгілерін алу қалыптау кезінде бетонның маркалық беріктігі бақылау үлгісімен салыстарғанда 15% жоғары болады. Соның нәтижесінде беріктігі бірдей бетон алу кезінде цементтің шығынын 11% төмендетті.

Қорытындылар мен ұсыныстар Ансай техногенді толтырғыштары (баритті қалдықтар) негізінде бетонды пайдаланып жасалған бұйымдар мен конструкциялар физика-механикалық қасиеттері бойынша нормативтік талаптарға сай келеді. Өндіріске енгізу үшін техногенді толтырғыштар негізіндегі бетон және темірбетон бұйымдарын өндіру технологиясы ұсынылады.

1. *Қосымша:* **Сынақ АКТі (апробация актісі)**

ЖОО тарапынан

ЖБДдиректоры _____ Т.А.Ә.
(қолы)

ҒЗЖ жетекшісі _____ Т.А.Ә.
(қолы)

Жауапты орындаушы _____ Т.А.Ә.
(қолы)

Орындаушылар _____ Т.А.Ә.
(қолы)

«02» 09 2026 ж.

Кәсіпорын тарапынан

Өндіріс бойынша басшының орынбасары
_____ Т.А.Ә. Сағаров Б. С.
қолы)

Техникалық- жоспарлау бөлімінің инженері
_____ Т.А.Ә.
(қолы)

Еңбекті қорғау және техника қауіпсіздігі жөніндегі инженер _____ Т.А.Ә. Алтынбеков С.Т.
(қолы)

«02» 09 2026 ж.

Қосымша В

Зерттеу нәтижелерін білім беру процесіне ендіру АКТ-ы

Ф.7.07-14

Келісілді:
ҒЖ және И жөніндегі проректор
Жанибеков А.Қ.
«___» _____2026 ж.

Бекітемін
Академиялық мәселелер
жөніндегі проректор
Имангазиев Е.И.
«___» _____2026 ж.

АКТ

«Қазақстанның оңтүстігіндегі құрлыс 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.; etal. 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., Ристaвлетов Р.А. және докторант Нурымбетова Р.У орындаған ҒЗЖ нәтижесі білім беру процесіне:

- 6В07088 (1) – «Құрылыстағы сараптама және техникалық қадағалау» ББББ, «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.

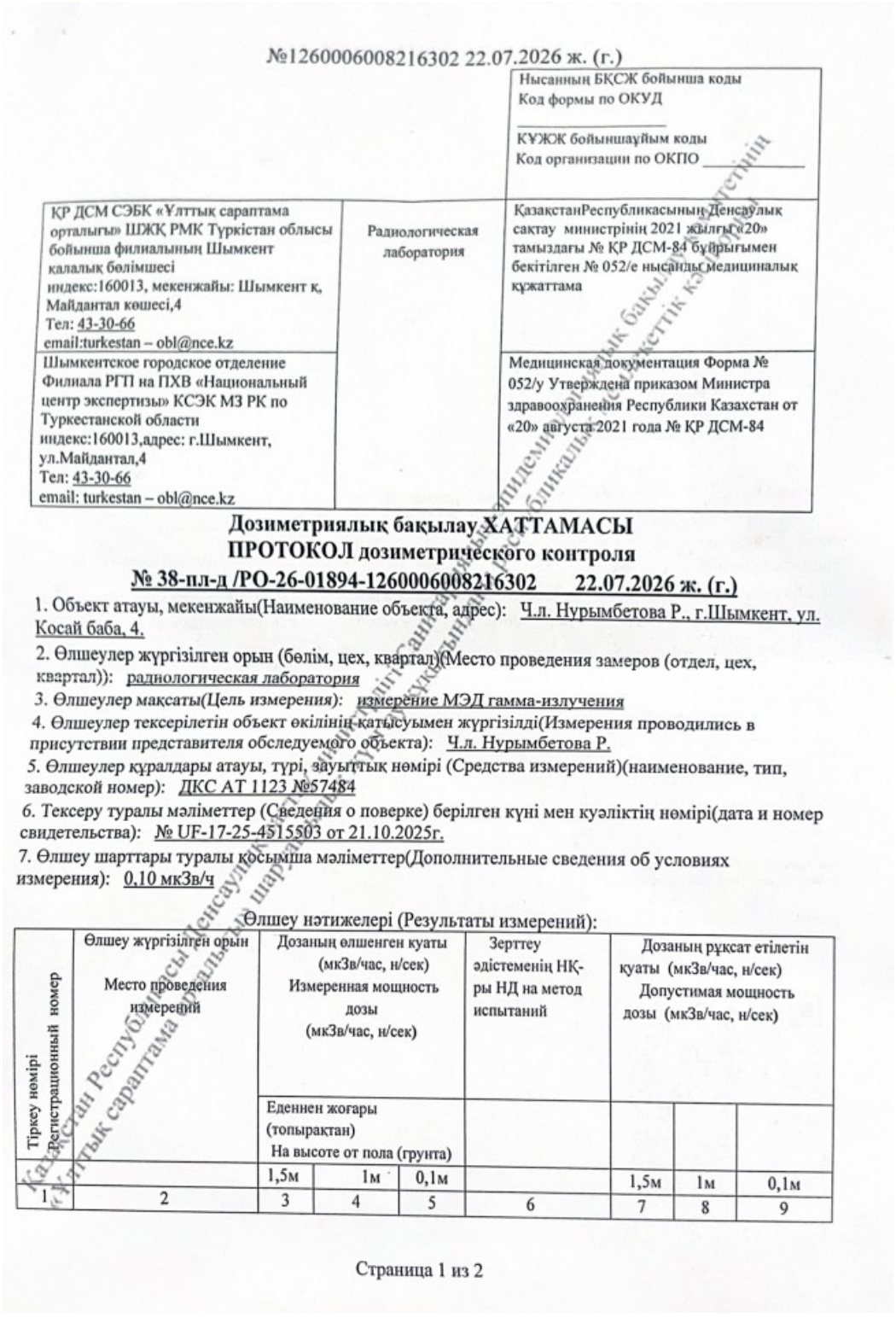
Каф. меңгерушісі: Камбаров М.А.
АкМжОУСЖД директоры Наукенова А.С.

Ғылыми жетекшісі: Ристaвлетов Р.А
ЖБД директоры Серікұлы Ж.

ҒКжЖБО басшысы

Қосымша Г

Анықтама



№1260006008216302 22.07.2026 ж. (г.)

		Нысанның БҚСЖ бойынша коды Код формы по ОКУД _____ КҰЖЖ бойыншаұйым коды Код организации по ОКПО _____
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	Радиологическая лаборатория	ҚазақстанРеспубликасының Денсаулық сақтау министрінің 2021 жылғы «20» тамыздағы № ҚР ДСМ-84 бұйрығымен бекітілген № 052/е нысанды медициналық құжаттама
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		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.)

1. Объект атауы, мекенжайы(Наименование объекта, адрес): Ч.л. Нурымбетова Р., г.Шымкент, ул. Косай баба, 4.

2. Өлшеулер жүргізілген орын (бөлім, цех, квартал)(Место проведения замеров (отдел, цех, квартал)): раднологическая лаборатория

3. Өлшеулер мақсаты(Цель измерения): измерение МЭД гамма-излучения

4. Өлшеулер тексерілетін объект өкілінің қатысуымен жүргізілді(Измерения проводились в присутствии представителя обследуемого объекта): Ч.л. Нурымбетова Р.

5. Өлшеулер құралдары атауы, түрі, зауыттық нөмірі (Средства измерений)(наименование, тип, заводской номер): ДКС АТ 1123 №57484

6. Тексеру туралы мәліметтер (Сведения о поверке) берілген күні мен куәліктің нөмірі(дата и номер свидетельства): № UF-17-25-4515503 от 21.10.2025г.

7. 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	0,1м
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Страница 1 из 2