

**УМУМИЙ ВА НООРГАНИК КИМЁ ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ  
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.02./30.12.2019.К/Т.35.01  
РАҚАМЛИ БИР МАРТАЛИК ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**УМУМИЙ ВА НООРГАНИК КИМЁ ИНСТИТУТИ**

**ТУРСУНОВА ГУЛСАНАМ РУЗИМУРДОВНА**

**ЯНГИ ТУРДАГИ КОМПОЗИЦИОН ҚЎШИМЧАЛИ  
ПОРТЛАНДЦЕМЕНТЛАР ОЛИШ ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ИШЛАБ  
ЧИҚИШ**

**02.00.13-Ноорганик моддалар ва улар асосидаги материаллар технологияси  
02.00.15- Силикат ва қийин эрийдиган нometалл материаллар технологияси**

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD) ДИССЕРТАЦИЯСИ  
АВТОРЕФЕРАТИ**

**Тошкент – 2023**

**Фалсафа доктори(PhD) диссертацияси автореферати мундарижаси**

**Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)**

**Content of the dissertation doctor of Philosophy (PhD)**

**Турсунова Гулсанам Рузимуродовна**

Янги турдаги композицион қўшимчали портландцементлар олиш  
технологиясини ишлаб чиқиш.....3

**Турсунова Гулсанам Рузимуродовна**

Разработка технологии получения портландцементов с новыми видами  
композиционных добавок.....21

**Tursunova Gulsanam Ruzimurodovna**

Technology of production of Portland cement with new types of composite  
additives .....39

**Эълон қилинган ишлар рўйхати**

Список опубликованных работ  
List of published works .....42

**УМУМИЙ ВА НООРГАНИК КИМЁ ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ  
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.02./30.12.2019.К/Т.35.01  
РАҚАМЛИ БИР МАРТАЛИК ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**УМУМИЙ ВА НООРГАНИК КИМЁ ИНСТИТУТИ**

**ТУРСУНОВА ГУЛСАНАМ РУЗИМУРДОВНА**

**ЯНГИ ТУРДАГИ КОМПОЗИЦИОН ҚЎШИМЧАЛИ  
ПОРТЛАНДЦЕМЕНТЛАР ОЛИШ ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ИШЛАБ  
ЧИҚИШ**

**02.00.13-Ноорганик моддалар ва улар асосидаги материаллар технологияси  
02.00.15- Силикат ва қийин эрийдиган нometалл материаллар технологияси**

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD) ДИССЕРТАЦИЯСИ  
АВТОРЕФЕРАТИ**

**Тошкент – 2023**

Фалсафа доктори(PhD) диссертацияси мавзуси Олий таълим, фан ва инновациялар вазирлиги ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясининг В2022.4.PhD/Т3241 рақами билан рўйхатга олинган.

Диссертация иши Умумий ва ноорганик кимё институтида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифасида ([www.ionx.uz](http://www.ionx.uz)) ва «Ziynet» ахборот таълим порталида ([www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz)) жойлаштирилган.

**Илмий раҳбар:**

**Атабаев Фаррух Бахтиярович**  
техника фанлари доктори, катта илмий ходим

**Расмий оппонентлар:**

**Кучаров Баҳром Хайриевич**  
техника фанлари доктори  
**Юнусова Фарида Раҳмонбердиевна**  
техника фанлари номзоди, доцент

**Етакчи ташкилот:**

**Навоий давлат кончилиқ ва технологиялар университети**

Диссертация ҳимояси Умумий ва ноорганик кимё институти ҳузуридаги DSc.02./30.12.2019.К/Т.35.01 рақамли бир марталик Илмий кенгашнинг «14» март 2023 йил соат 10<sup>00</sup> даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100170, Тошкент шаҳри, Мирзо Улуғбек кўчаси, 77-а. Тел.: (+99871) 262-56-60; факс: (+99871) 262-79-90, e-mail: [ionxan@uz@mail.ru](mailto:ionxan@uz@mail.ru)).

Диссертация билан Умумий ва ноорганик кимё институтининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (33 рақами билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100170, Тошкент шаҳри, Мирзо Улуғбек кўчаси, 77-а. Тел.: (99871) 262-56-60; факс: (+99871) 262-79-90.

Диссертация автореферати 2023 йил «01» март куни тарқатилди.  
(2023 йил «01» март даги № 33 рақамли реестр баённомаси



**Б.С. Закиров**  
Илмий даражалар берувчи бир марталик  
Илмий кенгаш раиси, к.ф.д., профессор

**Д.С. Салиханова**  
Илмий даражалар берувчи бир марталик  
Илмий кенгаш котиби, т.ф.д., профессор

**Ш.С. Намазов**  
Илмий даражалар берувчи илмий  
кенгаш қошидаги бир марталик илмий семинар  
раиси, т.ф.д., профессор, ЎзР ФА академиги

## **КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)**

**Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурияти.** Бугунги кунда дунёда, цементдаги клинкер қисмини тежашни, шу билан бирга цемент саноатида ёқилғи энергетика ва табиий хомашё сарфларини камайтиришни таъминловчи энг иқтисодий самарадор йўналиши, портландцемент (ПЦ) клинкерини майдалаш босқичида, цементнинг сифат кўрсаткичларини пасайтирмайдиган табиий ва техноген минерал қўшимчалар билан гидратли легирлаш йўли билан композицион цементлар ишлаб чиқаришдан иборат, зеро маҳаллий хомашёлар асосидаги клинкерни алмаштирувчи қўшимчаларни ишлаб чиқиш, цемент ишлаб чиқариш ҳажмини кўпайтириш, таннархини пасайтириш ва унинг тақчиллиги муаммосини ҳал қилиш муҳим аҳамиятга эга.

Ҳозирги кунда жаҳонда янги турдаги композицион қўшимча (КҚ)лардан фойдаланиб юқори сифатли цементларни турларини ва олиш технологиясини ишлаб чиқиш бўйича илмий изланишлар олиб борилмоқда. Бу борада, қўшимчали цементлар таркибларини оптималлаштириш ва олиш технологиясини такомиллаштириш; янги турдаги табиий ва техноген хомашёлар асосида паст ҳароратда куйдириладиган клинкерларни олишнинг илмий ва технологик асосларини ишлаб чиқиш; композицион цементларнинг сувда қотиш вақтини қисқартириш, физик-механик ва қурилиш-техник хоссаларини яхшилаш; гибрид қўшимчали композицион цементларнинг янги турларини ва олиш технологиясини ишлаб чиқишга алоҳида эътибор берилмоқда.

Республикамизда янги турдаги композицион қўшимчали портландцемент (КПЦ)лар ишлаб чиқариш учун зарур бўлган табиий хомашё, ёқилғи-энергия ресурсларининг етарли даражада эканлигидан келиб чиқиб давлат стандартларига жавоб бера оладиган маҳсулотлар олиш борасида муайян илмий ва амалий натижаларга эришилмоқда. Президентимизнинг “Янги Ўзбекистоннинг 2022–2026 йилларга мўлжалланган тараққиёт стратегияси”нинг миллий иқтисодиётни ривожлантириш, унинг ўсиш суръатларини замон талаблари даражасида таъминлаш” деб номланган бўлимида «Маҳаллий хомашёни чуқур қайта ишлашга асосланган юқори қўшимча қийматли маҳсулот ва технологияларнинг янги турларини ишлаб чиқариш, шу асосда ички ва ташқи бозорларда маҳаллий товарларнинг рақобатбардошлигини таъминлаш»<sup>1</sup> юзасидан муҳим вазифалар белгилаб берилган. Бу борада, иқтисодиёт учун муҳим бўлган маҳаллий хомашёлар асосида импорт ўрнини босувчи янги турдаги композицион қўшимчали портландцементлар ишлаб чиқишга оид тадқиқотлар олиб бориш муҳим аҳамият касб этади.

Мазкур диссертация тадқиқоти Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йил 28 январдаги ПФ-60-сон «Янги Ўзбекистоннинг

---

<sup>1</sup> Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йил 28 январдаги ПФ-60-сон «Янги Ўзбекистоннинг 2022–2026 йилларга мўлжалланган тараққиёт стратегияси» тўғрисидаги Фармони.

2022–2026 йилларга мўлжалланган тараққиёт стратегияси» тўғрисидаги Фармони, 2018-йил 4-майдаги ПҚ-3696-сонли “Ички бозорни цемент билан барқарор таъминлашга доир қўшимча чора-тадбирлар тўғрисида”ги; 2019-йил 20-февралдаги ПҚ-4198-сонли “Қурилиш саноати материалларини тубдан такомиллаштириш ва комплекс ривожлантириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги; 2019-йил 23-майдаги ПҚ № 4335-сонли “Қурилиш материаллари саноатини жадал ривожлантиришга доир қўшимча чора-тадбирлар тўғрисида”ги, Қарорлари ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бўлган бошқа меъёрий-ҳукуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни бажаришга ушбу диссертация натижалари муайян даражада хизмат қилади.

**Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига боғлиқлиги.** Мазкур тадқиқот республика фан ва технологияларни ривожлантиришнинг VII. «Кимёвий технология ва нанотехнологиялар» устувор йўналишига мувофиқ бажарилган.

**Муаммонинг ўрганилганлик даражаси.** Дунё миқёсида композицион портландцементларни ишлаб чиқариш бўйича С.И.Дружинин, В.М.Юнг, В.Ф.Журавлев, И.И.Боженков, П.П.Будников, И.М.Бутт, Л.В.Волженский, В.В.Тимашев, П.Г.Комохов, Т.В.Кузнецова, Л.Г.Шпынова, Е.Ю. Ермилова, А.С.Брыков, В.К.Козлова, А.М.Манюха, А.А.Лихошерстов, Е.В.Мануйлов, Е.Ю. Малова, М.Некал, Л.Я.Крамар, А.А. ва бошқалар шуғулланганлар.

Юртимиз олимлари И.С. Канцельпольский, М.Г. Гулямов, Т.А. Отақўзиев, М.И. Искандарова, , Б.И.Нудельман, М.Я.Бикбау, З.П. Пулатов, А.А. Туляганов, Ф.Б. Атабаев, А. М. Искендеров, Г.Б. Бегжанова, З.А. Мухамедбаева, Н.Р.Рузиев ва бошқалар томонидан ҳам катта миқёсдаги илмий-тадқиқотлар олиб борилган.

Шу билан бирга, саноатда фаол минерал қўшимчалар ва тўлдирувчи қўшимчаларнинг етишмовчилиги билан боғлиқ муаммолар мавжуд: маҳаллий табиий ва техноген минерал хомашёларнинг янги манбаларни топиш ва технологик хоссаларини ўрганиш; уларни цементга қўшимча сифатида яроқлилигини аниқлаш; улардан фойдаланиб, клинкер қисмини тежаш, ишлаб чиқариш ҳажмини ошириш ва таннархини арзонлаштириш имконини берувчи янги турдаги композицион қўшимчали ва кам клинкерли цементларни ишлаб чиқиш; янги турдаги КҚли ПЦ ларни гидратланиш ва структура ҳосил қилиш механизмини ўрганиш; КППЦ ларни ассортиментини кўпайтириш ва уларни ишлаб чиқариш технологиясини такомиллаштириш зарур бўлиб, бу ўз ечимини кутаётган долзарб муаммодир.

**Диссертация мавзусининг диссертация бажарилган олий таълим муассасининг илмий-тадқиқот ишлари билан боғлиқлиги.** Диссертация тадқиқоти Умумий ва ноорганик кимё институтининг илмий-тадқиқот ишлари режасига мувофиқ “Маҳаллий табиий ва иккиламчи хомашёлардан комплекс фойдаланиб, замонавий қурилиш материаллари ва буюмлари олишнинг илмий - амалий асосларини ишлаб чиқиш ҳамда энергия- ва ресурс тежамкор технологияларни жорий этиш” бюджет мавзуси доирасида бажарилган.

**Тадқиқотнинг мақсади:** янги турдаги композицион қўшимчаларнинг таркибларини ва уларни қўллаб портландцементлар ишлаб чиқишдан иборат.

**Тадқиқотнинг вазифалари:**

Қизилқум минтақаси хомашёларининг (ТФМҚ, оҳактош, апобазальт-ортосланец, кварц-далашпатли кум) кимёвий, физик-кимёвий хоссаларини, МХ талабларига мувофиқ гидравлик ва пуццолан фаоллигини ва цементга қўшимчалар сифатида фойдаланишга яроқлилигини аниқлаш;

"оҳактош - ТФМҚ - апобазальт-ортосланец" ва "оҳактош - ТФМҚ - кварц-далашпатли кум" таркибли композицион қўшимчаларни шакллантириш ва уларни қўллаб композицион ПЦ ларнинг таркибларини шакллантириш;

янги турдаги композицион қўшимчаларни портландцементнинг физик-механик хоссаларига таъсирини тадқиқ қилиш;

янги турдаги композицион қўшимчали ПЦ ларнинг гидратланиш тезлигини, уларнинг қотиш жараёнида янги ҳосилаларни юзага келиши, уларнинг ривожланиб, цемент композити микроструктураси шаклланишини аниқлаш;

янги турдаги композицион қўшимчали портландцементлар ишлаб чиқариш технологиясини блок-схемасини ишлаб чиқиш, диссертация тадқиқоти натижаларини саноат-тажриба синовларини олиб бориш ва амалиётга жорий этиш.

**Тадқиқотнинг объекти** сифатида Навоий кони пелитли туффитлари асосидаги термофаоллаштирилган минерал қўшимча (ТФМҚ), Кармана кони оҳактоши, Навоий кони кварц-далашпатли куми (КДШҚ), Тиллатоғ кони апобазальт-ортосланеци (АБОС), улар асосидаги гибрид қўшимчалар ва уларни қўллаб композицион портландцементлар (КПЦ) олинган.

**Тадқиқотнинг предмети**ни янги турдаги композицион қўшимчали портландцементларни ишлаб чиқиш ва уларни қотиш жараёнида физик-механик хоссаларини шаклланиш, гидратланиш, структура ҳосил қилиш кинетикасини, структура ҳосил қилиш жараёнларини тадқиқ қилиш ташкил этган.

**Тадқиқотнинг усуллари.** Илмий ишда КҚ учун хомашёларни таркиб ва хоссалари стандарт усулларни қўллаб аниқланди. Шунингдек, олинган янги турдаги КПЦларнинг физик-кимёвий хоссалари ва цемент композитининг микротузилиш генезиси кимёвий, рентген фазавий, ИҚ-спектроскопик ва электрон-микроскопик таҳлил усуллардан фойдаланилган.

**Тадқиқотнинг илмий янгиллиги** қуйидагилардан иборат:

янги турдаги (ТФМҚ, оҳактош, АБОС, КДШҚ) ноорганик хомашё материалларининг физик-кимёвий, технологик хоссалари ҳамда цементга қўшимча сифатида фойдаланиш имконияти исботланган;

янги турдаги ПЦ ларга киритилаётган «“оҳактош – ТФМҚ – АБОС” ва “оҳактош – ТФМҚ - КДШҚ”» таркибли КҚ ларнинг турига қараб физик-механик хоссаларнинг ўзгариши илмий асосланган;

янги турдаги КҚли портландцементларнинг гидратланиш жараёнида гидратли янги ҳосилалар вужудга келиши, уларнинг вақт давомида

ривожланиш кинетикаси ва мукаммал структурага эга бўлган сунъий конгломерат шаклланиши исботланган;

янги турдаги КҚли портландцементларнинг қотиш жараёнида “туйилган клинкер-КҚ-гипс-сув” тизимидаги физик-кимёвий ўзгаришлар билан цемент тошининг шаклланиши ва унинг физик-механик хоссалари ўртасидаги узвий боғлиқлик аниқланган.

**Тадқиқотнинг амалий натижалари** қуйидагилардан иборат:

ноорганик хомашёларнинг (ТФМҚ, оҳактош, апобазальт-ортосланец, кварц-далашпатли кум) гидравлик ва пуццолан фаоллиги аниқланган ва улардан цемент саноатида қўллаш учун композицион қўшимчаларнинг мақбул таркиблари танланган;

оддий портландцемент клинкерини янги турдаги КҚ билан гидратли легирлаш йўли билан ПЦ400-КД20 маркали КППЦларни таркиблари ва олиш технологияси ишлаб чиқилган.

Қизилқум воҳаси хомашёлари асосида янги турдаги КҚли КППЦларни ишлаб чиқаришни блок-схемаси ишлаб чиқилган;

**Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги** физик-механик синовлар ва катта ҳажмдаги тажрибалар натижаларининг мослиги амалдаги давлатлараро стандартлар, Ўзбекистон Республикаси стандартлари талабларига биноан олиб борилганлиги, тадқиқотларни мувофиқлик сертификатга эга қурилма ва асбоб-ускуналар, замонавий физик-кимёвий таҳлил усуллари (рентгенфазавий, дифференциал-термик, ИҚ-спектроскопик, оптик ва электрон микроскопик) қўллаб олинганлиги билан тасдиқланган.

**Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.** Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти, янги турдаги композицион қўшимчали портландцементларни қотиш жараёнида цемент композитининг физик-механик хоссалари шаклланиш механизми, янги ҳосилаларнинг вужудга келиши, ривожланиши ва микротузилиши генезисини аниқлаш орқали, «таркиб-структура-хосса» ўзаро боғлиқлиги қонуниятлари билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти, цемент ишлаб чиқариш ҳажмини ошириш ва таннархини камайтиришни таъминловчи, арзон ва қулай маҳаллий ноорганик ингредиентлардан ташкил топган янги турдаги гибрид қўшимчалардан фойдаланиб композицион портландцемент олиш технологияси ишлаб чиқишга хизмат қилади.

**Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши.** янги турдаги икки хил КҚ билан модификацияланган КППЦ олиш технологиясини ишлаб чиқиш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

янги турдаги “оҳактош-ТФМҚ-КДШҚ” таркибли композицион портландцемент «Qizilqumsement» АЖда амалиётга жорий этилган («Qizilqumsement» АЖ нинг 2022 йил 28 октябрдаги 02-36/1571 – сон маълумотномаси). Натижада, ЦЕМ II/A-K(П-И)32,5Н композицион портландцемент ишлаб чиқаришни саноат миқёсида йўлга қўйиш имконини берган;



янги турдаги “оҳактош-ТФМҚ-АБОС” таркибли композицион портландцемент олиш технологияси «Qizilqumsement» АЖДа амалиётга жорий этилган («O'zsanoatqurilishmateriallari» уюшмасининг 2022 йил 4 ноябрдаги 05/15-2747-сон маълумотномалари). Натижада, ҳозирда нархи қиммат бўлган клинкерни 10% гача иқтисод қилиш, ишлаб чиқариш ҳажмини ошириш, композицион портландцементнинг таннархини пасайтириш, цементнинг қурилиш-техник хоссаларини яхшилаш имконини берган.

**Тадқиқот натижаларининг апробацияси.** Ушбу тадқиқот натижалари 5 та халқаро ва 9 республика илмий-техник анжуманларида апробациядан ўтган ва маъруза кўринишида баён қилинган.

**Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши.** Диссертация мавзуси бўйича жами 21 та илмий иш чоп этилган. Улардан, Ўзбекистон Республикаси Олий Аттестация комиссиясининг докторлик диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларда 7 та илмий мақола, жумладан 3 таси республика журналларида ва 4 таси хорижий журналларда нашр этилган.

**Диссертация тузилиши ва ҳажми.** Диссертация таркиби кириш, бешта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертация ҳажми 111 бетни ташкил этади.

## ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Диссертациянинг **кириш** қисмида танланган мавзунинг долзарблиги ва зарурати асосланган, тадқиқотнинг мақсад ва вазифалари тавсифланган, ўрганиш объектлари ва предметининг хусусиятлари, илмий ишнинг республика фан ва технологиялари устувор йўналишларига мувофиқлиги; олинган натижаларнинг илмий янгилиги, илмий-амалий аҳамияти, уларни цемент саноатига жорий этиш ҳолати, чоп этилган ишлар ҳақида маълумотлар, диссертация тузилиши ва ҳажми кўрсатилган.

Диссертациянинг биринчи бобида **“Минерал қўшимчалар билан қотишмали, цемент композитларини энергия ресурсларини тежовчи технологиялари ишлаб чиқариш”** хар хил турдаги фаол минерал ва гибрид қўшимчали композицион портлендцементларни ишлаб чиқариш бўйича таркиблар ва технологияларни ишлаб чиқиш соҳасидаги илмий-техник адабиётлар ва патент манбалари маълумотларига шарҳ берилган.

Қимматбаҳо ПЦ клинкерини КҚ га алмаштириш орқали тежаш учун ПЦ ишлаб чиқаришнинг технологик ва иқтисодий мақсадга мувофиқлигини назарий асослаш, гидратация жараёнини мақсадли бошқариш ва юқори физик-механик хусусиятларга эга таркибнинг оптимал тузилишини синтез қилиш имконини беради. КПЦ гидратация жараёнларининг хусусиятларини таҳлил қилиш асосида КҚ ларни, шу жумладан фаол моддаларни ҳам, тўлдирувчи қўшимчаларни ҳам шакллантириш зарурати тўғрисида муҳим хулоса чиқарилди. Таъкидланишича, бундай қўшимчалар етарли даражада пуццолан фаоллигини намойиш этади ва  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  ни суёқлик фазасидан аста-секин

ютади, ПЦнинг гидратация жараёнининг боришига ва гидратланган маҳсулотларнинг, хусусан, кальций гидросиликатларининг аста-секин шаклланишига ёрдам беради, ғовакларни ва доналараро бўшлиқларни тўлдириб, макро ғоваклар сонини камайтиради, бу эса цемент композициясининг зичланиб гидравлик фаоллиги ПЦ-Д0 дан паст бўлмаган кам ғовакли структурасининг шаклланишига олиб келади. Ўзбекистонда фаол минерал қўшимчалар ёки КҚ ингредиентлари сифатида фойдаланишга яроқли табиий ва техноген ресурсларнинг етарли даражада кенг хомашё базаси мавжуд бўлиб, улардан фойдаланиб қатор цемент корхоналарида умумқурилиш, композицион ва пуццоланли ПЦлар ишлаб чиқарилмоқда. Бироқ, цемент ишлаб чиқаришнинг рентабеллигини ошириш учун КҚ учун яроқли қўшимча ва ингредиентлар сифатида янги хомашё манбаларини ўрганиш керак. Шундан келиб чиқиб, маҳаллий хомашёлардан КҚсифатида фойдаланган ҳолда КПЦ самарали турларини олиш технологияларини ишлаб чиқиш мақсадга мувофиқлиги асосланган.

**“Дастлабки материалларнинг физик-кимёвий ва технологик хусусиятларини ўрганиш ва тадқиқот усуллари”** деб номланган иккинчи бобда “Qizilqumsement” АЖ ПЦ клинкери, гипс тоши, КҚ турларини шакллантириш учун мўлжалланган ингредиентлар (оҳактош, ТФМҚ, АБОС, КДШҚ)нинг кимёвий-минералогик таркиблари ва физик-кимёвий хоссалари аниқланган.

#### 1-жадвал

#### Дастлабки материалларнинг кимёвий таркиби

Материалнинг номланиши	қ.к.й.	Оксидларнинг масса улуши, %							Σ
		SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	Бш.	
ПЦ клинкер	0,36	21,90	4,50	3,75	64,26	1,44	-	3,78	100,0
Гипс	400°С-19,57	1,52	0,13	0,14	33,04	0,20	43,46	1,94	100,0
Оҳактош	39,61	4,99	1,33	0,47	50,28	2,72	0,20	0,4	100,0
ТФМҚ	6,47	51,60	10,74	5,4	17,59	4,82	0,50	2,88	100,0
АБОС	9,47	46,61	14,91	8,20	8,76	3,79	0,30	7,96	100,0
КДШҚ	1,51	88,72	1,60	1,99	0,83	0,90	0,44	4,01	100,0

КҚ учун ингредиентлар сифатида ишлатиладиган хомашё конлари, захиралари, кимёвий ва минералогик таркибининг батафсил тавсифи келтирилган (1-жадвал).

Кармана кони оҳактошида карбонат бирикмаларининг умумий миқдори 95,51% ни ташкил этиб, бу уларни цемент саноатда фойдаланишга яроқли "соф" оҳактошлар деб таснифлаш имконини беради. “Qizilqumsement” АЖ да пелитли туффитларни 800°С ҳароратда куйдириш йўли билан олинган ТФМҚ-термофаоллаштирилган минерал қўшимча сарғиш рангли бўлақлар бўлиб, унинг дифрактограммаси кварц мавжудлигини аниқ тасвирлайди  $d/n = (0,426; 0,334; 0,228; 0,198; 0,181) \text{ nm}$ , кальцитнинг  $(d/n = 0,251; 0,245; 0,198; 0,167;$

0,154; 0,137) nm, дала шпати  $d/n=0,297$  nm ва гидрослюдадарнинг ( $d/n=0,320$ ; 0,297; 0,251) nm аниқ чизиклари мавжудлиги билан тавсифланади. ИҚ-спектрлари тўлқинлар сонлари оралиғида (400-800)  $\text{см}^{-1}$  максимал (490; 600; 700; 800)  $\text{см}^{-1}$  (Si, Al)-O гуруҳларининг тебранишлари натижасида юзага келадиган кенг ютилиш зоналарини аниқлайди. Спектрларнинг кенг тўлқин узунлиги оралиғида (1000-1200)  $\text{см}^{-1}$  ютилиш сони "конденсацияланган" кремнезем тетраэдрининг мавжудлигини кўрсатади.

Тиллатоғ конининг апобазальт-ортосланецнинг (АБОС) текстураси зич бўлиб, баъзи жойларда ёрилиш чегарасидаги бўлаклари қатламли, ранги кулранг, тузилиши - бир текис донадор, буткул кристалланмаган, жинсда ҳам кристалл доналар, ҳам вулқон шишаси мавжуд. АБОС дифрактограммаси кучли кварц  $d/n=$  (0,426; 0,334; 0,245; 0,228; 0,212; 0,198; 0,182; 0,167; 0,164; 0,142; 0,139) nm, пироксен ( $d/n=0,362$ ; 0,319; 0,283; 0,239; 0,209; 0,198; 0,191) nm, плагиоклаз ( $d/n=0,403$ ; 0,354; 0,260; 0,256; 0,212) nm, биотит ( $d/n=0,472$ ; 0,354; 0,167; 0,158; 0,154) nm, анортит ( $d/n=0,426$ ; 0,319; 0,228; 0,191; 0,182) nm, оливин ( $d/n=0,245$ ; 0,239; 0,202; 0,172; 0,167; 0,144; 0,142; 0,139) nm, диопсид ( $d/n=0,256$ ; 0,245; 0,212; 0,209) nm,  $\alpha$ - кристобалит ( $d/n=0,498$ ) nm,  $\beta$ -кристобалит ( $d/n=0,472$ ) nm, каолинит ( $d/n=0,708$ ; 0,356; 0,239; 0,167; 0,144; 0,142) nm, дала шпати- $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_3$  с  $d/n=0,319$ ; 2,50; 212) nm чизикларини аниқлайди. ИҚ-спектрлар Si-O-Si боғининг чўзилган тебранишлари билан боғлиқ бўлган, энг юқори тўлқин узунлиги 1000,51  $\text{см}^{-1}$  бўлган кенг ютилиш зонаси мавжудлигини кўрсатган. Қолган дискрет ютилиш зоналари Si-O-Si боғининг эгилиш тебранишларига, кремний-кислород тетраэдраларининг тебранишларига ва турли хил полиморф модификациядаги  $\text{Al}_2\text{O}_3$  шакллари учун Al-O-Al боғланишининг тебранишларига ишора қилади.

Навоий конининг кварц-дала шпатли кумининг кўриниши майда донадор, сарғиш рангли оч жигар ранг тусда бўлиб, юмалоқ бўлмаган доналари турли ўлчам ва шаклга эга. 1- жадвалга кўра, КДШҚ нинг кимёвий таркибида кварцнинг (88,72%  $\text{SiO}_2$ ) миқдори устунлик қилади, Ca, Al, Fe, Mg оксидлари унча кўп эмас. Рентген фазавий таҳлил унда кварцнинг кучли чизиклари борлигини кўрсатди  $d/n=(0,334$ ; 0,245; 0,228; 0,222; 0,212; 0,181; 0,167....) nm, кальцитни  $d/n=(0,324$ ; 0,245; 0,198; 0,167; 0,154....) nmда, гипсни  $d/n=(0,424$ ; 0,212; 0,138; 0,137) nmда суръати суст чизиклари, унинг таркибида қўшилма карбонат жинслари, гипс ва гилларнинг мавжудлигини кўрсатади. КДШҚнинг ИҚ спектрлари тўлқинлар максимал Si-O-Si кремнезем боғининг спектрларнинг (400-1200)  $\text{см}^{-1}$  оралиғида тўлқин сонининг энг юқори қийматлари (454,24; 690,04; 462,94; 788,41)  $\text{см}^{-1}$  бўлган ютилишларнинг кўриниши билан тавсифланаган бўлиб, бу унинг координацион ва деформацион тебранишлари натижасида юзага келади.

Тўлқинлар сони (900-1200)  $\text{см}^{-1}$  оралиғида кузатилган кенг ютилиш майдони, алюмосиликатлар таркибига магний, натрий, калий ионлари ва  $\text{SO}_4^{4-}$  анионининг жойлашганлиги, яъни дала шпатларидаги оксидли таркибий қисмларнинг спектрларининг тебранишлари сабабли пайдо бўлган.

Олинган натижаларга асосланиб, ўрганилган хомашёлар асосидаги КҚ лардан фойдаланган ҳолда КПЦ олиш учун таркиблар ва технологияларни ишлаб чиқиш учун, ПЦни физик-механик хоссаларига таъсирини ўрганиш учун уларнинг гидравлик ва пуццолан фаоллигини аниқлаш, мақсадга мувофиқ деган хулоса чиқарилди. Бу бобда диссертация тадқиқотида фойдаланиладиган асбоб-ускуналар, мосламалар, қурилмалар ва тажриба усуллари ҳам тасвирланган.

Учинчи “Янги турдаги гибрид қўшимчалар асосида портландцементларнинг технологияларини ишлаб чиқиш” бобда ўрганилаётган қўшимчаларнинг гидравлик ва пуццолан фаоллигини ва уларнинг ПЦ нинг физик-механик хоссаларига таъсирини аниқлаш бўйича тадқиқотлар натижалари келтирилган.

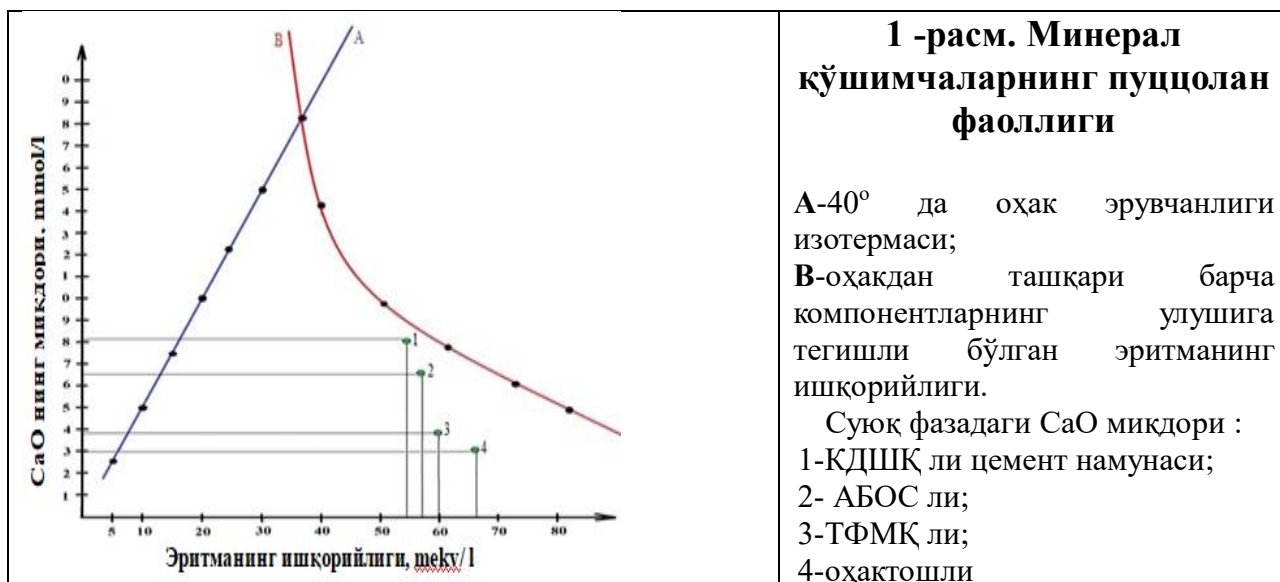
ТФМДнинг сиқилишда заиф гидравлик фаолликка эга эканлиги аниқланди. АБОС ва КДШҚ ҳам Стъудент t-мезонини ҳисоблаш учун етарли гидравлик фаолликка эга бўлмади. Шунинг учун улар тўлдирувчи-қўшимча сифатида таснифланади ва уларнинг цемент учун қўшимча сифатида яроқлилиги СаОни ютиш қобилияти, яъни кимёвий фаоллиги (пуццоланлик қобилияти) орқали аниқланади. Суюқ фаза билан тўқнашувда бўлган цементлар таркибидаги қўшимчаларнинг гидравлик фаоллиги натижалари 2-жадвалда келтирилган. Амалдаги усулга мувофиқ, олинган маълумотларга ишлов бериш график шаклида амалга оширилди (1–расм).

## 2 -жадвал

### Цемент билан тўқнашувда бўлиб, оҳак билан тўйинган суюқ муҳитдаги қўшимчаларнинг гидравлик фаоллиги

№ қўшимчали цемент	Қўшимчанинг номи	Суюқ фазадаги СаО нинг миқдори, mmol/l	эритмадаги умумий ишқорийлик, mekv/ l
№ 1Ц	ТФМҚ	3,86	58,00
№ 2Ц	КДШҚ	8,39	56,80
№ 3Ц	АБОС	6,80	57,20
№ 4Ц	оҳактош	3,0	68,0

ТФМҚ 30 кун ичида 15 марта титрланганда, оҳакнинг тўйинган эритмасидан 287,14 мг СаОни ютган. ТФМҚли цемент намуналари сақланган суюқликдаги СаОнинг миқдори 3,86 ммол/л ни, эритманинг умумий ишқорийлиги эса 58,00 мекв/л ни ташкил этди.



Оҳактош унинг цементли қўшимчаси сақланган намуналар эритманинг умумий ишқорийлигини оширди. КДШҚли цемент намуналари сақлаган суюқликдаги СаО миқдори 8,39 ммол/л, эритманинг умумий ишқорийлиги 56,80 меку/л ни ташкил этди. СаОнинг энг кам ютиш қобилияти КДШҚда эканлиги аниқланди, чунки КДШҚли цемент намуналари сақлаган эритма энг юқори ишқорийликка эга (8,39 ммол /л). Оҳакнинг тўйинган эритмасида 30 кун сақланган КДШҚ 94,2 мг СаО ютган, бу унинг АБОС ютган миқдордан бир оз кўп. Графикдаги 1, 2, 3, 4 нуқталарнинг жойлашувидан кўриниб турибдики, барча қўшимчалар ПЦнинг гидратацияси жараёнида ажралиб чиқадиган СаОни ютиш қобилиятига эга. ТФМҚ энг юқори оҳакни ютиш фаоллигини кўрсатди (1-расм, 3-нуқта). Пуццолан фаоллигининг камайиши буйича қўшимчалар қуйидаги тартибда жойлашади: ТФМҚ → АБОС → КДШҚ → Оҳактош. ПЦни гидратация қилиш жараёнида кимёвий фаолликни ошириш учун ва уларни улар цемент тошининг қаттиқлашиши таъсирини кучайтириш учун, турли хил композицияларда қўллаш тавсия этилди.

ГОСТ 31108-2020 талабларини ҳисобга олган ҳолда, янги турдаги КҚли КПЦ олиш учун шихталар тузилди, жумладан:

1-таркиб: 75%ПЦ клинкер+12%оҳактош+3%ТФМҚ+5%АБОС+5%гипс;

2-таркиб: 75%ПЦ клинкер+12%оҳактош+3%ТФМҚ+5%КДШҚ+5%гипс.

Қийин майдаланадиган клинкер улушини 20% га камайитириш, тажриба шихталарини майдалаш жараёнини сезиларли даражада тезлаштирди: ПЦ-Д0 олиш учун шихтанинг тўйилиш даражаси 30 мин давомида №008 (4900отв/см<sup>2</sup>) элакда қолган қолдиқ 10% ни ташкил этган ҳолда, “ПЦ клинкер+Оҳактош+ТФМҚ+АБОС+гипс” КҚли шихта 20 минут майдаланганда қолдиқ 6%ни, “ПЦ клинкер+Оҳактош+ТФМД+КПШП+гипс” ни эса – 5,8% ни ташкил этди.

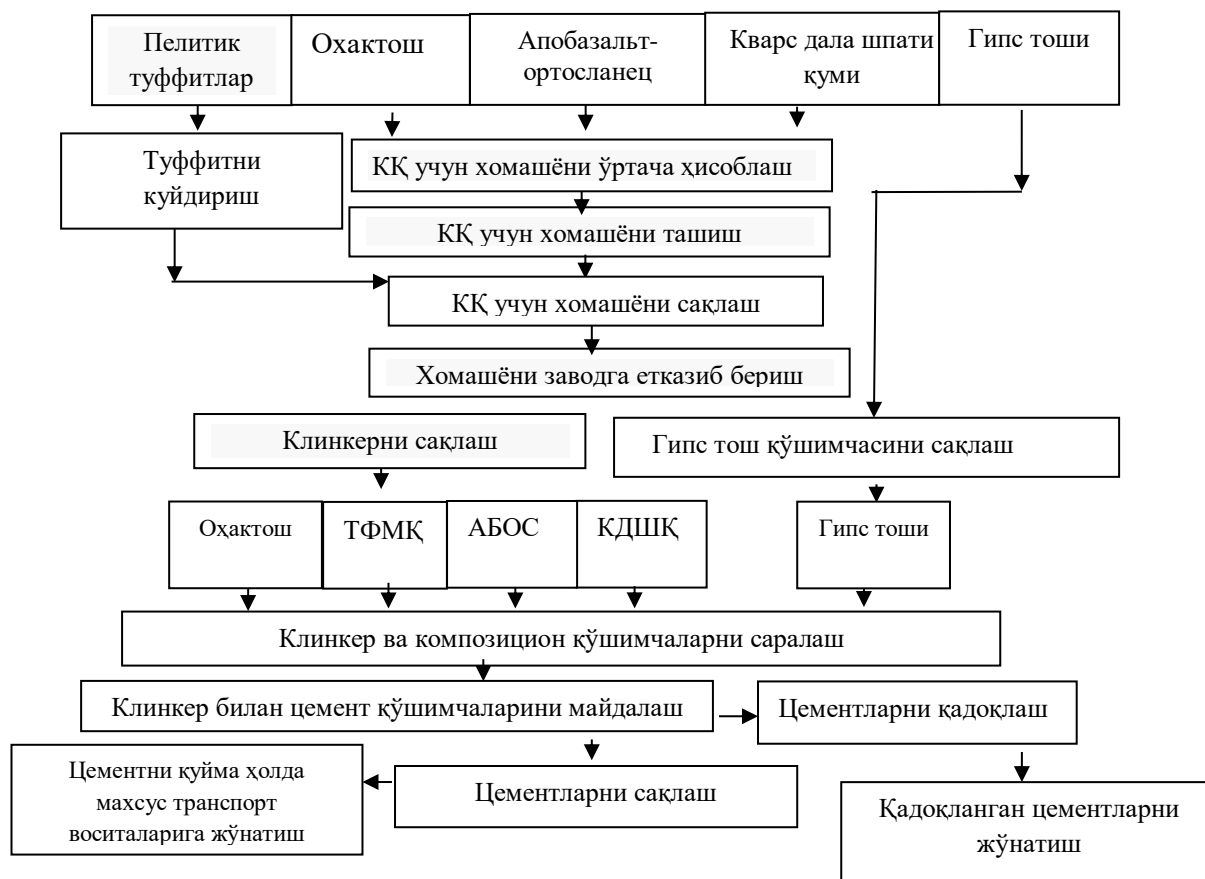
КПЦни тишлашиш вақти ПЦ-Д0га қараганда анча олдинроқ содир бўлди ва охири эса уники каби (5 соатдан кейин) бўлди ва бу қийматлар ГОСТ 10178 ва 31108 талабларига жавоб беради. Уларнинг мустаҳкамлиги ГОСТ 310.4 талабларига мувофиқ аниқланди. 20% гача янги турдаги КҚларнинг

киритилиши ПЦнинг мустаҳкамлигига салбий таъсир кўрсатмади: “оҳактош+ТФМҚ+АБОС” КҚли КПЦни сиқилишдаги мустаҳкамлик кўрсаткичи 3 суткада матрица даражасига етди, 28 суткада ҳатто ундан 0,8 МПа га юқори бўлди (3-жадвал).

3-жадвал

**Гибрид қўшимчали ПЦ нинг физик-механик кўрсаткичларига таъсири.**

№ цемент таркиби	Цемент белгиланиши	Майдалаш вақти, min	Элакда қолган қолдиқ №008, %	Қ.К. %	Тишлашиш муддати, h - min		эгилиш/ сиқилишдаги мустаҳкамлик чегараси МПа,	
					боши	охири	3d	28d
	ПЦ-Д0	30	10,0	25,7	3-20	5-00	5,6/21,4	6,2/40,2
1*	ПЦҚД20	20	6,0	27,0	2-40	5-00	4,65/21,4	7,25/41,0
2*	ПЦ ҚД20	20	5,8	28,0	2-45	5-05	4,65/14,7	7,1/40,18
1-таркиб*-75% ПЦ клинкер+12 % Оҳактош+3 % ТФМҚ+5 % АБОС+5% гипс								
2-таркиб*-75% ПЦ клинкер+12 % Оҳактош+3 % ТФМҚ+5 % ҚДШҚ+5% гипс								



**2-расм. Янги турдаги гибрид қўшимчали КПЦ ишлаб чиқариш блок-схемаси**

Таркибида 20% “оҳактош+ТФМҚ+ҚДШҚ+гипс” КҚли цемент композициясининг мустаҳкамлиги 3 суткадан кейин ПЦ-Д0 никидан биров

пастроқ бўлди, лекин кейинчалик мустаҳкамлик ошди ва унинг кўрсаткичи 28 сутка ичида ПЦ-Д0 никига етди.

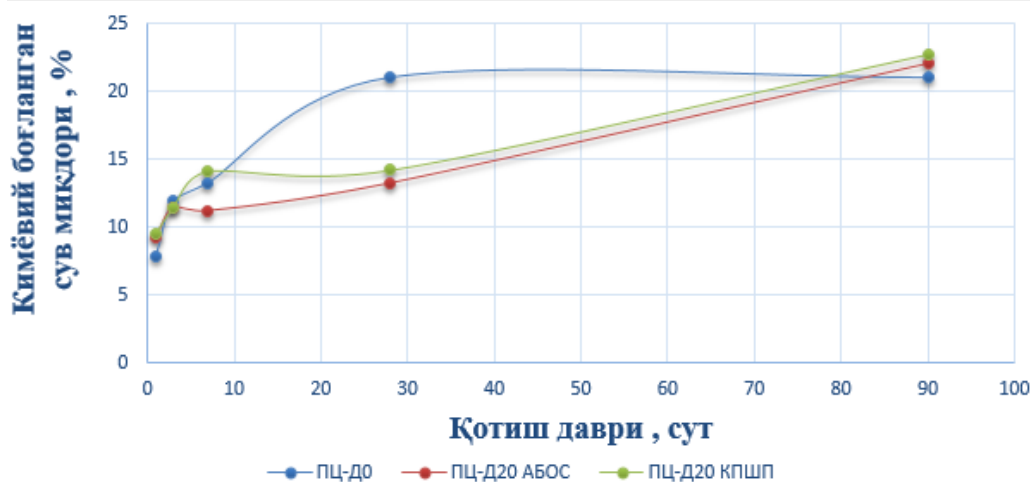
Истеъмолчиларга маҳсулотни жўнатиш учун хомашёни қазиб олиш ва тайёрлашдан тортиб, янги турдаги КҚли КПЦ ишлаб чиқаришнинг блок схемаси ишлаб чиқилган бўлиб, унда янги турдаги КҚли КПЦ ишлаб чиқариш технологик жараёнининг барча босқичлари ҳисобга олинган (2-расм).

**“Янги турдаги портландцементларнинг қотиш жараёнида янги ҳосилаларнинг вужудга келиши, уларнинг генетик ривожланиши ва композитнинг шаклланиши”** мавзусидаги тўртинчи бобда, янги турдаги КПЦ нинг қотишида гидратланиш ва структурани шаклланиш кинетикасини ўрганиш бўйича тадқиқотлар натижалари келтирилган. КҚ ларнинг, шу жумладан "оҳактош-ТФМҚ-АБОС" ва "оҳактош-ТФМҚ-КДШҚ" лар ПЦ-Д0 нинг гидратланиш тезлигига таъсири КПЦ лардаги сувнинг умумий миқдори билан аниқланди.

#### 4-жадвал

#### 20 % КҚ ли портландцементларнинг қотиш даврида сув билан боғланиш тезлиги

№ т/р	Цементларни шартли белгиланиши	Кимёвий боғланган сув миқдори (сут):				
		2	3	7	28	90
1	ПЦ-Д0	7,77	11,89	13,24	21,04	21,04
2	ПЦ-Д20 АБОС	9,22	11,46	11,20	13,25	22,09
3	ПЦ-Д20 КДШҚ	9,55	11,44	14,12	14,20	22,71



#### 3-расм. КҚ тури ва қотиш вақти бўйича КПЦларни гидратланиш тезлигининг ўзгариши

4-жадвал ва 3-расмдаги маълумотларга мувофиқ, "оҳактош-ТФМҚ-АБОС" ва "оҳактош-ТФМҚ-КДШҚ" қўшилиши билан ПЦни қотишининг дастлабки давридаги гидратли маҳсулотларига боғланган сув миқдорининг соф клинкер цемент намуналарига қараганда тахминан 1,45% ва 1,48% га кўплиги, КҚларда ТФМҚ билан бирга кирган тупроқ компонентларининг иштироки билан боғлиқ деб тушунтирилади. 3-суткага келиб, КПЦдан



олинган намуналардаги боғланган сув миқдори матрица намуналарига нисбатан бироз камроқ ва улар орасидаги фарқ сезиларли эмас.

КҚ "оҳактош-ТФМК-АБОС"ли КПЦнинг 2 сутка давомида қотган дифрактограммасида клинкер минералларини чизикларидан ташқари,  $\text{CaCO}_3$   $d/n=0,303$  nm даги чизиги топилган ва у  $\text{C}_3\text{S}$  чизиклари устига тушиб, унинг суръатини оширган.  $\text{CaCO}_3$  ни қолган чизиклари  $d/n=(0,248; 0,228; 0,208; 0,190; 0,153)$  nm да намоён бўлган,  $d/n=(0,424; 0,333; 0,244; 0,228; 0,192; 0,168; 0,153; 0,148)$  nm да  $\text{SiO}_2$  га хос чизиклари аниқланди. КПЦни асосий гидратланиш маҳсулотларидан бири  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  бўлиб, унинг аниқ чизиклари  $d/n=(0,489; 0,262; 0,192; 0,176; 0,160, 0,148)$  nm да кўринади  $d/n = (0,559; 0,352; 0,306; 0,296; 0,270; 0,248; 0,228...)$  nm да тоберморитнинг  $5\text{CaO}\cdot 6\text{SiO}_2\cdot 5\text{H}_2\text{O}$  сусти чизиклари топилган. 3 ва 7 суткада алит ва белит чизикларининг суръати кескин пасайиб,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  чизиклариники эса ошган, бу силикат минералларини гидролизлаш жараёнининг тезлашишини кўрсатади.  $d/n=(0,756; 0,296; 0,168)$ nm даги заиф суръатли чизик цементни бошланғич қотиш даврида  $3\text{CaO}\cdot \text{Al}_2\text{O}_3\cdot \text{CaCO}_3\cdot 12\text{H}_2\text{O}$ -учкальцийли гидромонакарбоалюминат ҳосил бўлганлигини кўрсатади.

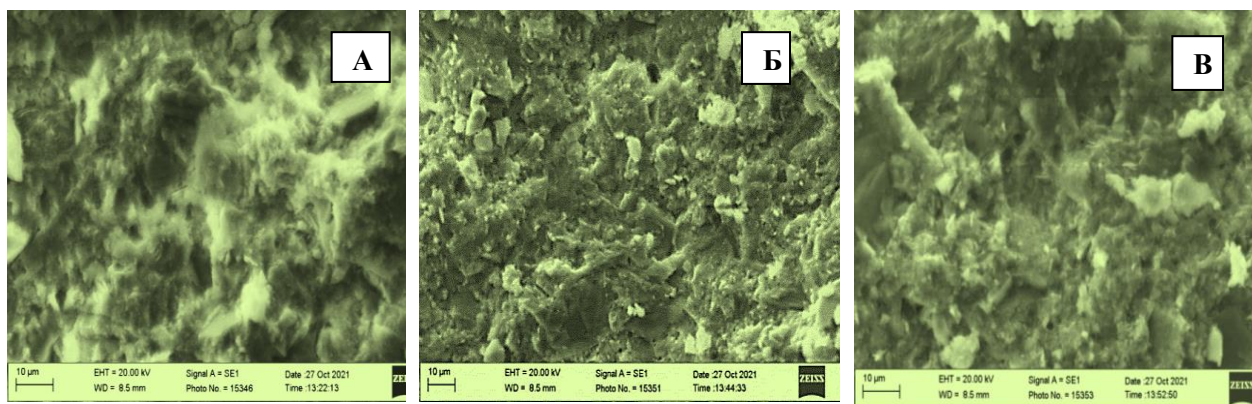
Вақт ўтиши билан калций гидросиликатларнинг қайта кристалланиши содир бўлади, чунки  $d/n=0,559$  nm даги чизик дифрактограмма чизигида йўқолиб,  $d/n=0,698$  nm да чизик пайдо бўлди, бу  $6\text{CaO}\cdot 3\text{SiO}_2\cdot \text{H}_2\text{O}$ -деллаитга хосдир. 28-суткагача цемент композициясининг дифрактограмма схемаси янада тартибли бўлиб, дастлабки силикат минералларининг ҳам,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  ва  $\text{SiO}_2$  чизикларининг ҳам суръати сезиларли даражада камаяди, бу уларнинг ўзаро таъсирини ва юқори асосли калций гидросиликатларининг паст даражаларига ўтишини кўрсатади. Булар цемент композициясининг сиқилиш даражасини матрица даражасига етишида, унинг гидравлик фаоллигини оширадиган асосий тоберморит шакллари дир. Юқорида айтилганлар ИҚ-спектр маълумотлари билан ҳам тасдиқланган, чунки гидратланишнинг кейинги давларида композитнинг ИҚ-спектрлари гидросиликат, гидросулфоалюминат ва гидрокарбоалюминат тузилмаларига хос бўлган спектрларнинг ютилиши ўзгаришини кўрсатади: “туйилган клинкер-гипс тоши-оҳактош-ТФМК-АБОС-сув” тизимида уларнинг миқдори ортиши алит гидролизланишининг тезлашиши ҳисобига эканлигини кўрсатади; суяқ фазадаги  $\text{Ca}^{2+}$  ионларини камайиши минерал қўшимчалар улар билан кимёвий ўзаро таъсирлашиши натижасида содир бўлади. Бу айниқса, 28 ва 90 сутка давомида қотган цемент композитининг ИҚ спектрларида яққол намоён бўлади, бунда  $1478,41$  ва  $1478,45$   $\text{cm}^{-1}$  тўлқинлар сониди кальций гидрокарбоалюминатларини кристалланиши туфайли спектрларнинг акс эттириш қийматлари ҳам ўзгарганлиги яққол кўринади.

Электрон микроскоп маълумотларига кўра, КПЦни сув билан аралаштиргандан сўнг, гидролитик диссоциация сиртнинг фаол жойларида  $\text{Ca}^{2+}$  ва  $\text{OH}^-$  ионларини суяқ фазага чиқиши билан содир бўлади. Натижада клинкер минералларнинг заррачалари сирт қатламида силикат гуруҳлари ионларидан иборат субмикроструктурларнинг юпқа қатлами ҳосил бўлиб, ПЦ



доналари юзасини қоплайди (4-расм). Бу вақтга келиб эттрингит игнасимон ва ингичка призма шаклда кристалланади, гидроалюминатлар, гидроферритлар ва  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  эса олти қиррали пластинкалар шаклида бўлади. Шу билан бирга, асослилиги пасайган (тоберморитга ўхшаш гел) кальций гидросиликат кристалларининг устун миқдордаги ивиқлари оз миқдордаги гидросулфоалюминатлар ва гидрокарбоалюминатларни қамраб олади, шунинг учун улар қотишнинг дастлабки босқичларида аниқ идентификациялашмаган.

7-суткага келиб, гидратланиш жараёни жадаллашади ва силикат минералларининг сув билан ўзаро таъсири тезлашиб, "КПЦ-сув" тизимида тоберморит миқдори устунлик қилади. 28-суткага келиб, КПЦнинг маркасини таъминловчи гидравлик фаолликка эга композитнинг синиқ юзаси турли тарафларга қараб йўналган кристал агрегатларнинг зичланган блоклардан иборат камғовакли тузилмаси билан ифодаланади. Ҳар хил тузилишга эга кристалл агрегатлардан ва бир-бирининг устида сингишиб қатламлашган блокларнинг ўсиб чатишиши натижасида, зичланган ғовакли структура ҳосил бўлади ва КПЦнинг узок муддатли қотиш жараёнида композитнинг ғовакларида яна майда кристаллар ўса бошлайди, бу "туйилган клинкер-гипс-АБОС-сув" тизимидаги таркибий қисмларнинг кимёвий ўзаро таъсири жараёнининг узлуксизлигини кўрсатади ва гидратли структурани янада зичлашишига ҳамда цемент композитини янада мустаҳкамланишига олиб келади (4-расм).



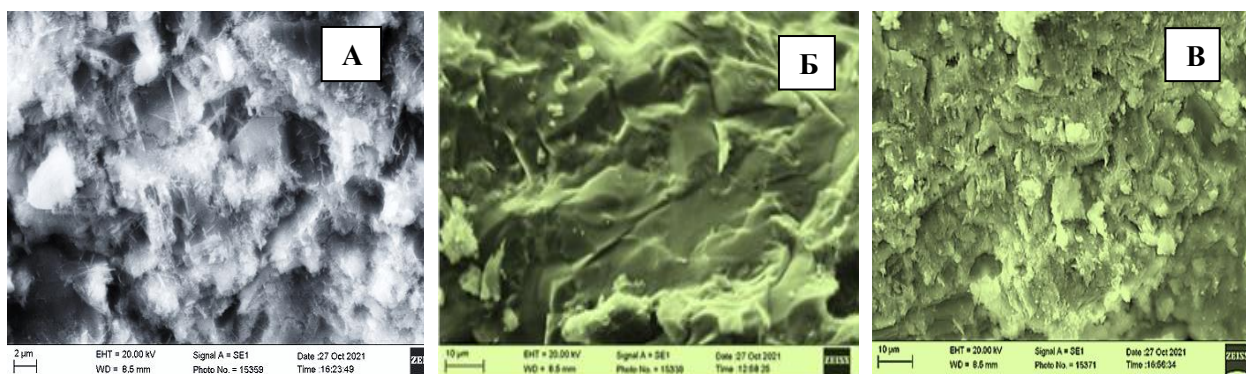
**4-расм. 2 (А), 7 (Б), 28 (В) суткалик "оҳактош+ТФМК+ АБОС" КҚ ли ПЦларнинг қотгандан кийинги синиқ юзасининг электрон микрофотосуратлари (x1000)**

КҚ "оҳактош-ТФМК-КДШҚ"ли ПЦнинг дифрактограммасида клинкернинг силикат минералларидан ташқари,  $\text{CaCO}_3$   $d/n = (0,302; 0,227; 0,209; 0,187 \dots) \text{ nm}$ ,  $\text{SiO}_2$   $d/n = (0,302; 0,227; 0,209; 0,187; 0,153 \dots) \text{ nm}$ ,  $\text{SiO}_2$   $d/n = (0,423; 0,333; 0,227; 0,212; 0,181; 0,169; 0,153; 0,148 \dots) \text{ nm}$  ларнинг ҳам дифракция тасвирлари пайдо бўлган,  $d/n=0,727 \text{ nm}$  да  $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaCO}_3 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$  геленитга, характерли.  $d/n = (0,490; 0,310; 0,269; 0,192; 0,179; 0,169; 0,148) \text{ nm}$  да эса тўрт кальцийли кальций гидрокарбоалюминатга хос чизиқларининг пайдо бўлиши, янги турдаги КДли ПЦ нинг 2 суткада гидратланиши  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  нинг ажралиб чиқиши билан кечишини кўрсатади, асосий силикат минералларнинг чизиқларини суръати 3-

суткада сезиларли даражада пасаяди,  $d/n=0,727$  nm да чизик йўқолади ва  $d/n=0,504$  nm да суръати суст чизик пайдо бўлади. Бу этрингит –  $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot3\text{CaSO}_4\cdot32\text{H}_2\text{O}$  ҳосил бўлишини кўрсатади. 7 суткага келиб дастлабки клинкер минераллари, КК ва  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  чизикларининг суръати сезиларли даражада камаяди. Кўп компонентли боғловчи тизимда  $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{CaCO}_3\cdot12\text{H}_2\text{O}$  ва  $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot3\text{CaSO}_4\cdot32\text{H}_2\text{O}$  бирга мавжудлиги кузатилди.

Цемент композитининг 28-суткалик дифрактограммаси анчагина тартиблашганлиги аниқланди, бунда асосий гидратли маҳсулотлар  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , этрингит ( $d/n=0,555$ ;  $0,385$ ;  $0,227$ ) nm, олти кальцийли карбогидроалюминат ( $d/n=(0,383$ ;  $0,258$  nm)  $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot3\text{CaCO}_3\cdot32\text{H}_2\text{O}$  дан иборат. Тоберморит  $5\text{CaO}\cdot6\text{SiO}_2\cdot5\text{H}_2\text{O}$   $d/n=(0,307$ ;  $0,298$ ;  $0,280$ ;  $0,228$ ;  $0,208$ ) nm чизиклари  $\text{SiO}_2$  чизиклари билан қўшилиб, уларнинг суръатини бирмунча оширади ва уларнинг диффракция акс тасвирлари қийматларини ўзгартиради.

"Оҳактош-ТФМД-КДШҚ" КҚли ПЦнинг ИҚ-спектрлари 2 суткадан сўнг  $3000\text{--}3800\text{ см}^{-1}$  тўлқинлар оралиғида чўкқилари  $3428,56$  ва  $3671,71\text{ см}^{-1}$  даги тоберморит таркибидаги гидросиликатларга хос ютилишлар содир бўлганлигини кўрсатди. Ютилиш чизиги ўлчамининг ошиши ва 3-ойда қийматларини ўзгариши КПЦни гидратланиш жараёнининг тезлашганлигини ва тоберморит кристаллари миқдорининг кўпайганлигини кўрсатди. Чўкқилари  $872,80$ ;  $1000,10$ ;  $1080,11\text{ см}^{-1}$  тўлқин сонларидаги ютилишлар гидрокарбоалюминат ва этрингитни ташкил этувчи карбонат ва сульфат гуруҳларининг деформация тебранишлари натижасида юзага келган. 7-суткага келиб, цемент композитининг ИҚ-ютилиш спектрлари бироз ўзгарди, 28 ва 90-суткаларда ютилиш чуқурлигига кўшимча равишда,  $1481,34\text{ см}^{-1}$  ва  $1490,38\text{ см}^{-1}$  тўлқин узунлигидаги кальций гидрокарбоалюминатлари мавжудлигини тавсифловчи спектрларни акс тасвир қийматлари ўзгарди.



**5-расм. Оддий шароитларда 2(А), 7(Б), 28(В) суткада қотган “оҳактош-ТАМД-КПШП” КҚ ли ПЦ лар синиғи юзасининг электрон микрофотосуратлари (x1000).**

КПЦ 2 сутка қотганидан сўнг клинкер доналарининг юзаси бўкиб, ундан этрингитни ўта майда игнасимон ва толасимон кристаллари ва гидросиликатларни аниқ шаклга эга бўлмаган кристалчаларидан иборат ивиқ билан қопланади. Худди шу нарса ҳаво ғоваклари ичида ҳам содир бўлди, бу

ерда турли йўналишларда бетартиб ўсаётган игнасимон ва толасимон кристаллар қотаётган массада тўрсимон синч ҳосил қилади ва ғовакларни тўлдириб, уларнинг ўлчамларини кичрайтиради (5-расм).

Гидратланиш жараёнининг чуқурлашиши туфайли 7-суткага келиб, синган юзанинг рельефи, доналараро бўшлиқларда ва ҳаво ғоваклари ичида турли шаклдаги (куб, призма, олти бурчакли, қатламли, аниқ шаклсиз) янги ҳосилаларнинг бетартиб ўсиши уларда кузатилади, чатишиб, бир бирида эриб ва зич жойлашиб, параллел йўналган яхлит блоклардан иборат ғадир-будир сиртга эга (5-расм).

Гидратланган "композицияли цемент-сув" тизимининг умумий массасини синиқ юзасида "эриш" босқичида бўлган толали кристалларнинг мавжудлиги қайд этилган. 28 ва 90-суткада цемент композити зич жойлашган блоклардан ташкил топган блокли-ритмик структурага эга. Давом этаётган гидратланиш жараёнида сувнинг ички қатламларга кириб бориши баъзи жойларда ички тарангликларни келтириб чиқаради, натижада ва  $\text{Ca}^{2+}$  ионлари гидратланмаган клинкер доналаридан суюқ фазага сизиб ўтишида "сирғалувчи жўяклар" пайдо бўлади ва яна гидросиликат ивиқлари пайдо бўла бошлайди. Бу эса гидратланмаган клинкер доналари, қўшимчалари, кристалл блокларини "елимлайди", ғоваклар ва ёриқлар "ўз-ўзини даволаши", макроғовакларни камайтириб, микроғовакларни кўпайишини таъминлаб, цемент композитини зичлайди ва мустаҳкамлайди. Шундай қилиб, гибрид қўшимчали ПЦларнинг микро тузилмасини шаклланиши, таркибида юқори фаол ПЦ клинкерининг 20% гача пасайишига қарамай, цемент композитларининг мустаҳкамлигини ПЦ400-Д0 даражасигача кўтарилиши, "оҳактош+ТФМҚ + АБОС" ва "оҳактош+ТФМҚ+ КДШҚ" таркибли КҚларнинг гидратланиш, фаза ҳосил бўлиш жараёнларига ижобий таъсири туфайли эканлиги аниқланди.

**“Янги турдаги композицион портландцементларнинг технологияларини ишлаб чиқаришга жорий этиш ва уларнинг иқтисодий самарадорлиги”** деб номланган бешинчи бобда “Qizilqumsement” АЖ да янги турдаги ПЦ400-КД20 ишлаб чиқариш учун “оҳактош + ТФМҚ + АБОС” ва “оҳактош + ТФМҚ + КДШҚ” қўшимчали ПЦларни таркиблари ва олиш технологияларини синовдан ўтказиш натижалари келтирилган. Физик-механик кўрсаткичлари бўйича янги турдаги КПЦлар О'з DSt 2830:2014 ни ПЦ400-КД20 маркали цементга ва ГОСТ 31108–2020 ни ЦЕМ II 32,5 Н цемент синфига қўйган талабларига жавоб бериши аниқланди. Тавсия этилган таркибларни ижобий синов натижалари асосида янги турдаги гибрид қўшимчали КПЦ олиш технологияларини “Qizilqumsement” АЖ да жорий этилди.

Ҳисобланган маълумотларга кўра, ПЦнинг клинкерини 20% гача тежалиши ҳисобига «оҳактош + ТФМҚ + АБОС» ва «оҳактош + ТФМҚ + КДШҚ» КДли ПЦларнинг таннархи тегишлича 43 775,31 сўм/т ва 44 209,36 сўм/т. га арзонлашди. Йилига 2 турдаги КПЦдан 2 миллион тонна ишлаб чиқарилгандаги умумий иқтисодий самара қарийб 78 миллиард сўмни ташкил этади.

## ХУЛОСАЛАР

1. Келиб чиқиши табиий ва техноген турдаги ҳар хил хомашёлардан цементга фаол минерал қўшимчалар ва композицион қўшимчалар ҳосил қилиш учун ингредиентлар сифатида фойдаланиш самарадорлиги назарий жиҳатдан асосланди.

2. Стъюдент мезони (t-Стъюдент) қиймати бўйича ТФМҚ, АБОС ва КДШҚнинг гидравлик фаоллиги, МХларнинг фаол минерал қўшимчалар учун талабларига жавоб бермаслиги аниқланди, аммо улар пуццоланлик қобилиятига эга бўлиб, унинг камайиши бўйича қуйидаги тартибда жойлашади: ТФМҚ→АБОС→КДШҚ→Оҳактош.

3. Ўрганилаётган қўшимчаларнинг кимёвий фаоллигини ошириш учун, ПЦнинг гидратланиш фаоллигини ва мустаҳкамловчи таъсирини кучайтирувчи композицион қўшимчалар тузиш тавсия этилди.

4. "ТФМҚ – оҳактош - АБОС" ва "ТФМҚ – оҳактош - КДШҚ" ингредиентлардан ташкил топган КҚли ПЦларни янги таркиблари ва олиш технологиялари ишлаб чиқилди.

5. Юқори ҳароратли клинкерни 20% гача янги турдаги КҚлар билан алмаштириш ва фаоллиги ПЦ400-Д0 даражасида бўлган ПЦ400-КД20 маркали ПЦ олишни таъминлаш имконияти исботланди.

6. КҚли янги турдаги КҚПларнинг мустаҳкамликка эришиши, гидратланиш жараёнини бир текис кечиши, гидратли маҳсулотларнинг шаклланиши, янги ҳосилаларнинг вужудга келиши ва ривожланиши, цемент композити микротузилмаси шаклланиш генезиси омиллари қулай шароитлар яратилганлиги билан илмий асосланди.

7. ГОСТ 31108-2020ни ЦЕМ I 32,5 синфига ва О'з DSt 2830:2014ни ПЦ400-КД20 маркали портландцементларга қўйган талабларига мувофиқ келган янги турдаги КҚли КПЦларни олиш технологиясининг блок - схемаси ишлаб чиқилган ва амалий фойдаланишга тавсия этилган бўлиб, уларни ишлаб чиқариш технологияси «Qizilqumsement» АЖ да жорий қилинган.

8. КҚ нинг янги турларини қўллашнинг технологик ва иқтисодий самарадорлиги асослаб берилган, улардан фойдаланиб қимматбаҳо ПЦ клинкерини 20% гача тежашга ва уларнинг таркибига кўра, ПЦ нархини 43 775,31 сўм/т. дан 44 209,36 сўм/т гача пасайтиришга эришилган.

**РАЗОВЫЙ НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.02./30.12.2019.К/Т.35.01 ПО  
ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ИНСТИТУТА ОБЩЕЙ И  
НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ**

---

**ИНСТИТУТ ОБЩЕЙ И НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ**

**ТУРСУНОВА ГУЛСАНАМ РУЗИМУРДОВА**

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТОВ  
С НОВЫМИ ВИДАМИ КОМПОЗИЦИОННЫХ ДОБАВОК**

**02.00.13-Технология неорганических веществ и материалов на их основе  
02.00.15- Технология получения силикатных и тугоплавких неметаллических  
материалов**

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ (PhD)  
ПО ТЕХНИЧЕСКИМ НАУКАМ**

**Ташкент – 2023**



Тема диссертации ученой степени доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована под номером B2022.4.PhD/T3241 в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций

Докторская диссертация выполнена в Институте общей и неорганической химии Академии наук Республики Узбекистан.

Автореферат диссертации размещен на трёх языках (узбекский, русский, английский (резюме)) на веб-странице Научного совета по адресу [www.ionx.uz](http://www.ionx.uz) и Информационно-образовательном портале «Ziynet» по адресу [www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz).

Научный руководитель:	<b>Атабасев Фаррух Бахтиярович</b> доктор технических наук, старший научный сотрудник		
Официальные оппоненты:	<b>Кучаров Бахром Хайриевич</b> доктор технических наук <b>Юнусова Фарида Рахмонбердиевна</b> кандидат технических наук, доцент		
Ведущая организация:	<b>Навоийский</b>	<b>государственный</b>	<b>горно-технологический университет</b>

Защита диссертации состоится «14» март 2023 г. в «10<sup>00</sup>» часов на заседании Разового Научного Совета DSc.02./30.12.2019.K/T.35.01 при Института общей и неорганической химии (адрес: 100174, г.Ташкент, ул. Мирзо Улугбек, 77-а. Тел.: (+99871) 262-56-60; факс: (+99871) 262-79-90, e-mail: [ionxanrux@mail.ru](mailto:ionxanrux@mail.ru)).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Института общей и неорганической химии (Зарегистрированной номер № 33). Адрес: 100174, г.Ташкент, ул. Мирзо Улугбек, 77-а. Тел.: (+99871) 262-56-60; факс: (+99871) 262-79-90

Автореферат диссертации разослан «01» март 2023 года  
(протокол реестра № 33 от «01» март 2023г.)



<b>Б.С. Закиров</b> Председатель разового Научного совета по присуждению ученой степени, д.х.н., профессор
<b>Д.С. Салиханова</b> Ученый секретарь разового Научного совета по присуждению ученых степеней, д.т.н., профессор
<b>Ш.С. Намазов</b> Председатель разового научного семинара при научном совете по присуждению учёной степени, д.т.н., профессор, академик АН РУз

## **ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))**

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** В мире на сегодняшний день наиболее экономически эффективным направлением является уменьшение клинкерной части в цементе, обеспечивающее одновременно снижение затрат на топливно-энергетические и природные сырьевые ресурсы в цементной промышленности. Производство композиционных цементов осуществляется путем гидратационного легирования на стадии помола портландцементного (ПЦ) клинкера минеральными добавками природного и техногенного происхождения, не оказывающих снижения их качественных показатели, так как разработка добавок-заменителей на основе местного сырья способствует увеличению объема производства, снижению себестоимости и решает проблему дефицита цемента.

В настоящее время в мире ведутся исследования по разработке качественных видов и технологии производства цемента с применением новых видами композиционных добавок (КД). В связи с этим актуализируются оптимизация составов добавочных цементов и совершенствование технологии их производства; разработка научно-технологических основ получения низкотемпературных клинкеров на основе новых видов природного и техногенного сырья; сокращение времени твердения композиционных цементов в воде, улучшение физико-механических и строительно-технических свойств; особое внимание уделяется разработке новых видов гибридных композиционных цементов и технологии производства.

В республике достигаются определенные научно-практические результаты благодаря наличию в стране природных сырьевых, топливно-энергетических ресурсов, необходимых для производства портландцементов с новыми видами композиционных добавок (КПЦ), в получении продукции, соответствующей государственным стандартам. В разделе указа Президента «Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы»<sup>1</sup> названной «Развитие национальной экономики, обеспечение ее роста на уровне современных требований» «Производство новых видов материалов и технологий с высокой добавленной стоимостью на основе глубокой переработки местного сырья, обеспечение конкурентоспособности отечественных товаров на внутреннем и внешнем рынках» отмечены важные задачи. В связи с этим, важных для экономики и актуальны исследования по разработке новых видов импортозамещающих портландцементов с композиционными добавками на основе местного сырья.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Постановлениях Президента Республики Узбекистан УП-60 от 28 января 2022 года «Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы», ПП-3696 «О дополнительных мерах

---

<sup>1</sup> Указ Президента Республики Узбекистан № УП-60 от 28 января 2022 года «Стратегия развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы».

по стабильному обеспечению внутреннего рынка цементом» от 4 мая 2018 года, ПП-4198 «О мерах по коренному совершенствованию и комплексному развитию промышленности строительных материалов» от 20 февраля 2019 года, ПП № 4335 «О дополнительных мерах по ускоренному развитию промышленности строительных материалов» от 23 мая 2019 года, а также в других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

**Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий в республике.** Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетными направлениями развития науки и технологий VII – «Химическая технология и нанотехнология».

**Степень изученности проблемы.** По всему миру производством композиционных портландцементов занимались С.И. Дружинин, В.М. Юнг, В.Ф. Журавлев, И.И. Боженков, П.П. Будников, И.М. Бутт, Л.В. Волженский, В.В. Тимашев, П.Г. Комохов, Т.В. Кузнецова, Л.Г. Шпынова, Е.Ю. Ермилова, А.С. Брыков, В.К. Козлова, А.М. Маноха, А.А. Лихошерстов, Е.В. Мануйлов, Е.Ю. Малова, М. Heikal, Л.Я. Крамар, А.А. Кирсанова и другие.

Учеными нашей страны И.С. Канцельским, М.Г. Гулямовым, Т.А. Атакузиевым, М.И. Искандаровой, Б.И. Нудельманом, М.Я. Бикбау, З.П. Пулатовым, А.А. Тулягановым, Ф.Б. Атабаевым, А. М. Искендеровым, Г.Б. Бегжановой, З.А. Мухамедбаевой, Н.Р. Рузиевым и другими также проведены широкомасштабные научные исследования по данной теме.

Вместе с тем, в отрасли имеются проблемы, связанные с нехваткой активных минеральных добавок и добавок-наполнителей: изыскать новые источники и исследовать технологические свойства местных природных и техногенных минеральных сырьевых ресурсов; определить их пригодность как добавок для цемента; разработать новые виды композиционных добавок и малоклинкерных цементов на их основе, позволяющих экономить клинкерную составляющую, увеличить объем производства и снизить его себестоимость; изучить механизмы гидратации и структурообразования ПЩ с новыми видами КД; расширить ассортимент КЩ и совершенствовать технологии их производства, что является актуальной проблемой, требующей своего решения.

**Связь темы диссертации с научно-исследовательскими работами высшего образовательного заведения, в котором она была выполнена.**

Диссертационное исследование выполнено в соответствии с планом научно-исследовательских работ Института общей и неорганической химии АН РУз в рамках бюджетной тематики «Разработка научно-прикладных основ и внедрение энерго- и ресурсосберегающих технологий получения современных строительных материалов и изделий с комплексным использованием местных природных и вторичных сырьевых ресурсов».

**Целью исследования** является разработка составов новых видов композиционных добавок и портландцементов с их применением.

**Задачи исследования:** химические, физико-химические и технологические исследования сырьевых материалов Кизилкумского региона



(ТАМД, известняк, апобазальт-ортосланец, кварц-полевошпатовый песок) с определением соответствия их гидравлической и пуццолановой активности требованиям НД и пригодности для использования в качестве добавок к цементу;

формирование составов композиционных добавок “известняк-ТАМД-апобазальт-ортосланец” и “известняк-ТАМД - кварц-полевошпатовый песок” и формирование составов композиционных ПЦ с их применением;

исследование влияния новых видов композиционных добавок на физико-механические свойства портландцемента;

определение скорости гидратации ПЦ с новыми видами композиционных добавок, кинетики зарождения и развитие новообразований с формированием микроструктуры цементного композита при их твердении;

разработка блок-схемы технологии получения портландцементов с новыми видами композиционных добавок, опытно-промышленная апробация и внедрение результатов диссертационного исследования.

**Объектом исследования являются.** Термически активированная минеральная добавка (ТАМД) на основе пелитовых туффитов Навоийского рудника, известняка Карманинского рудника, кварц-полевошпатового песка Навоийского рудника, апобазальт-ортосланцев рудника Тиллатог (АБОС), гибридные добавки на их основе и полученные с их использованием композиционные портландцементы (КПЦ).

**Предметом исследований является** разработка и исследование процессов формирования физико-механических свойств, кинетики процессов гидратации, структурообразования при твердении портландцементов с новыми видами композиционных добавок и разработка технологии их получения.

**Методы исследования.** В работе применены стандартные методы определения состава и свойств сырьевых материалов для КД. Также применялись физико-химические свойства и генезис микроструктуры цементного композита на основе новых видов КПЦ. Исследования проведены с применением химического, рентгенофазового, ИК-спектроскопического и электронно-микроскопического методов анализа.

**Научная новизна исследования** заключается в следующем:

доказаны физико-химические, технологические свойства новых видов неорганических сырьевых материалов (ТАМД, известняка, АБОС, КПШП) и возможность использования их в качестве добавок к цементу;

научно обоснованы изменения физико-механических свойств при твердении новых видов ПЦ в зависимости от вида вводимых КД, включающих “известняк-ТАМД-АБОС” и “известняк-ТАМД - КПШП”;

доказано формирование искусственного конгломерата с совершенным фазовым составом и структурой в процессе гидратации ПЦ с новыми видами КД, особенности возникновения и развитие гидратных новообразований во времени;

выявлена корреляционная связь между физико-химическими изменениями в системе «молотый клинкер-КД- гипс-вода», формированием цементного камня и его физико-механическими свойствами в процессе твердения ПЦ с новыми видами КД.

**Практические результаты исследования** состоят в следующем:

определены гидравлическая и пуццолановая активность неорганических сырьевых материалов (ТАМД, известняка, апобазальт-ортосланца, кварц-полевошпатового песка) и подобрано оптимальное содержание композиционных добавок для применения в цементной промышленности;

разработаны составы, технология получения и выданы практические рекомендации для производства КЩ марки ПЩ400-КД20 путем гидратационного легирования рядового клинкера новыми видами КД;

разработана блок-схема производства КЩ с новыми видами КД на основе сырьевых материалов Кизилкумского региона;

**Достоверность результатов исследования.**

Достоверность результатов диссертационного исследования подтверждается в их проведении в соответствии с требованиями действующих международных стандартов, стандартов Республики Узбекистан, применением приборов и оборудования, имеющих сертификата соответствия, методов химического, физико-химического, рентгенофазового, ИК-спектроскопического, оптического и электронно-микроскопического исследования.

**Научная и практическая значимость результатов исследования.**

Научная значимость результатов исследований заключается в обосновании механизма и процессов формирования физико-механических свойств цементного композита при твердении портландцементов с новыми видами композиционных добавок во взаимосвязи с закономерностями «состав-структура-свойство» путем установления зарождения и развития новообразований и генезиса микроструктуры.

Практическая значимость результатов исследований заключается в разработке технологии производства композиционного портландцемента с использованием новых видов гибридных добавок, включающих доступные и дешевые местные ингредиенты неорганического происхождения, что обеспечивает увеличение объемов производства цемента и снижение его себестоимости.

**Внедрение результатов исследования.**

На основании научных результатов, полученных при разработке технологий получения КЩ, модифицированных двумя новыми видами КД:

внедрена технология в практику получения в практику на АО «Qizilqumsement» добавки состава нового типа «Известняк-ТАМД-КЩП» в композиционный портландцемент (Информация № 02-36/1571 АО «Qizilqumsement» от 28.10.2022). В результате появилась возможность в промышленном масштабе производства композиционного портландцемента ЦЕМ II/A-K(П-И) 32,5Н;

внедрена в практику технология получения на АО «Qizilqumsement» добавки состава нового типа «Известняк-ТАМД-АБОС» в композиционный портландцемент (объединения «O'zsanoatqurilishmateriallari» от 28 октября 2022 года №05/15-2747). В результате появилась возможность экономии дорогостоящего клинкера до 10%, увеличения объема производства, снижения себестоимости композиционного портландцемента.

**Апробация результатов исследования.** Результаты данного исследования прошли апробацию и изложены в виде докладов на 5 международных и 9 республиканских научно-технических конференциях.

**Публикация результатов исследования.** По теме диссертации опубликовано 21 научных работ. Из них 7 статей, в том числе 3 в республиканских и 4 в зарубежных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов докторских диссертаций.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованной литературы, перечня обозначений, определений, терминов, нормативных документов и приложений. Объем диссертации 111 страниц.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ**

**Во введении** обоснована актуальность и востребованность выбранной темы, описаны цели и задачи исследования, приведены характеристики объектов и предмет исследования, соответствие исследований приоритетным направлениям науки и технологий в республике, излагаются научная новизна, научно-практическая значимость полученных результатов, состояние внедрения их в цементной промышленности, приведены сведения по опубликованным работам, структура и объем диссертации.

В первой главе диссертации **«Энерго-ресурсосберегающие технологии получения цементных композитов, легированных минеральными добавками»** приведен обзор информации научно-технической литературы и патентных источников в области разработки составов и технологий получения композиционных портландцементов с различными видами активных минеральных и гибридных добавок.

Теоретические обоснована технологическая и экономическая целесообразность производства КПЦ в целях экономии дорогостоящего ПЦ клинкера за счет замены КД, позволяющими целенаправленно регулировать процесс гидратации и синтеза оптимальной структуры композита с высокими физико-механическими свойствами. На основе анализа особенностей процессов гидратации КПЦ, сделано важное заключение о необходимости формирования КД, включающих как активные ингредиенты, так и добавки наполнители. Отмечено, что подобные добавки проявляют достаточную пуццолановую активность и постепенно поглощая  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  из жидкой фазы, способствуют плавному протеканию процесса гидратации ПЦ и постепенному

образованию гидратных продуктов, в частности, гидросиликатов кальция, которые заполняя поры и межзерновые пространства, уменьшают количество макропор, что приводит к уплотнению и формированию мелкопористой гидратной структуры цементного композита, характеризующегося гидравлической активностью не ниже, чем у ПЦ-Д0. Отмечено, что в Узбекистане имеется достаточно широкая сырьевая база природных и техногенных ресурсов, пригодных к использованию в качестве активных минеральных добавок или ингредиентов КД, с использованием которых в настоящее время на нескольких цементных заводах выпускаются общестроительные, композиционные и пуццолановые ПЦ. Вместе с тем, для повышения рентабельности цементного производства, необходимо исследовать новые источники сырьевых материалов на пригодность в качестве добавок и ингредиентов для КД. Исходя из этих позиций, определена цель и обоснована целесообразность разработки эффективных составов КД на базе местных сырьевых ресурсов и технологий получения КППЦ с их применением.

Во второй главе «Исследование физико-химических и технологических свойств исходных материалов и методы проведения исследований» определены химико-минералогические составы и физико-химические свойств ПЦ клинкера АО «Qizilqumsement», гипсового камня, минеральных ингредиентов (известняка, ТАМД, АБОС, КППШ), предназначенных для формирования составов КД.

Представлена подробная характеристика о месторождениях, запасах, химико-минералогических составах сырьевых материалов, используемых в качестве ингредиентов для КД (табл.1).

**Таблица 1**

**Химический состав исходных материалов**

Наимен-е материала	П.п.п.	Массовое содержание оксидов, %							Σ
		SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	Пр.	
ПЦ клинкер	0,36	21,90	4,50	3,75	64,26	1,44	-	3,78	100,0
Гипс	400°C-19,57	1,52	0,13	0,14	33,04	0,20	43,46	1,94	100,0
Известняк	39,61	4,99	1,33	0,47	50,28	2,72	0,20	0,4	100,0
ТАМД	6,47	51,60	10,74	5,4	17,59	4,82	0,50	2,88	100,0
АБОС	9,47	46,61	14,91	8,20	8,76	3,79	0,30	7,96	100,0
КППШ	1,51	88,72	1,60	1,99	0,83	0,90	0,44	4,01	100,0

Установлено, что в известняке Керменинского месторождения суммарное содержание карбонатных соединений составляет 95,51%, что позволяет отнести их к разряду «чистых» известняков, пригодных к применению в цементной промышленности.

ТАМД-термоактивированная минеральная добавка, получаемая на АО «Qizilqumsement» путем обжига при 800°C пелитовых туффитов, визуально представлена кусками желтовато-кремового цвета, ее дифрактограмма

фиксирует четкие отражения кварца с  $d/n = (0,426; 0,334; 0,228; 0,198; 0,181)$  nm, кальцита ( $d/n = 0,251; 0,245; 0,198; 0,167; 0,154; 0,137$ ) nm, полевого шпата  $d/n=0,297$  nm и гидрослюда ( $d/n=0,320; 0,297; 0,251$ ) nm.

ИК-спектры обнаруживают полосы поглощения в интервале волновых чисел (400-800)  $\text{см}^{-1}$  с максимумами при (490; 600; 700; 800)  $\text{см}^{-1}$ , вызванных валентными колебаниями (Si, Al)-O групп. Широкий спектр, обнаруживаемый в области поглощения (1000-1200)  $\text{см}^{-1}$ , выявляет наличие “конденсированных” тетраэдров кремнезема.

Апобазальт-ортосланец (АБОС) Тиллятагского месторождения имеет плотную текстуру, в некоторых местах на границе излома куски имеют слоистость, цвет серый, структура-равномерно-зернистая, не полно кристаллическая, в породе присутствуют, как кристаллические зерна, так и вулканическое стекло.

Дифрактограмма АБОС идентифицирует сильные линии кварца с  $d/n = (0,426; 0,334; 0,245; 0,228; 0,212; 0,198; 0,182; 0,167; 0,164; 0,142; 0,139)$  nm, пироксена ( $d/n=0,362; 0,319; 0,283; 0,239; 0,209; 0,198; 0,191$ ) nm, плагиоклаза ( $d/n=0,403; 0,354; 0,260; 0,256; 0,212$ ) nm, биотита ( $d/n=0,472; 0,354; 0,167; 0,158; 0,154$ ) nm, анортита ( $d/n=0,426; 0,319; 0,228; 0,191; 0,182$ ) nm, оливина ( $d/n=0,245; 0,239; 0,202; 0,172; 0,167; 0,144; 0,142; 0,139$ ) nm, диопсида ( $d/n=0,256; 0,245; 0,212; 0,209$ ) nm,  $\alpha$ -кристобалита ( $d/n = 0,498$ ) nm,  $\beta$ -кристобалита ( $d/n=0,472$ ) nm, каолинита ( $d/n=0,708; 0,356; 0,239; 0,167; 0,144; 0,142$ ) nm, полевого шпата- $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_3$  с  $d/n=0,319; 2,50; 212$ ) nm. ИК-спектры обнаруживают широкую полосу поглощения с максимумом при 1000,51  $\text{см}^{-1}$ , относящуюся к валентным колебаниям связи Si-O-Si. Остальные дискретные полосы поглощения относятся к деформационным колебаниям связи Si-O-Si, к колебаниям кремнекислородных тетраэдров, а также к колебаниям связи Al-O-Al для различных форм  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , находящихся в различных полиморфных модификациях. Полоса поглощения 737,58  $\text{см}^{-1}$  относится к деформационным колебаниям связи Si-O-Si, а 475,24  $\text{см}^{-1}$  к колебаниям кремнекислородного тетраэдра.

Визуально кварц-полевошпатовый песок Навоийского месторождения - мелкозернистый, имеет светло-коричневый цвет с желтоватым оттенком, встречаются также зерна коричневатой-желтоватой окраски, не окатанные зерна имеют различные размеры и формы.

По данным табл. 1, в химическом составе КПП преобладает содержание  $\text{SiO}_2$  (88,72%  $\text{SiO}_2$ ), количество оксидов Ca, Al, Fe, Mg небольшое. Рентгенофазовый анализ обнаруживает интенсивные отражения кварца с  $d/n=(0,334; 0,245; 0,228; 0,222; 0,212; 0,181; 0,167\dots)$  nm, отмечены слабые линии кальцита при  $d/n=(0,324; 0,245; 0,198; 0,167; 0,154\dots)$  nm, а при  $d/n=(0,424; 0,212; 0,138; 0,137)$  nm - гипса, что указывает на присутствие в его составе сопутствующих пород-карбонатов, гипса и глин. ИК-спектры КПП характеризуются появлением поглощений в диапазоне волновых чисел (400-1200)  $\text{см}^{-1}$  с максимумами при (454,24; 690,04; 462,94; 788,41)  $\text{см}^{-1}$ , вызванных

координационными и деформационными колебаниями спектров Si–O–Si связи кремнезема.

Широкая размытая полоса поглощения, обнаруживаемая в диапазоне волновых чисел (900-1200) см<sup>-1</sup>, вызвана вследствие внедрения структуру алюмосиликатов ионов магния, натрия, калия и аниона SO<sub>2</sub><sup>-4</sup>, т.е. колебаниями спектров связи оксидных составляющих полевых шпатов.

На основе полученных результатов, для разработки составов и технологий получения КПЦ с применением КД на основе изученных сырьевых материалов, сделан вывод о целесообразности определения их гидравлической и пуццолановой активности с последующим исследованием их влияния на физико-механические свойства ПЦ. В этой же главе описаны оборудование, приборы, установки и методы экспериментов, примененные при выполнении диссертационного исследования.

В третьей главе «Разработка технологий получения портландцементов с новыми видами гибридных добавок» приведены результаты исследований по определению гидравлической и пуццолановой активности исследованных добавок и их влияние на физико-механические свойства ПЦ. Установлено, что ТАМД обладает слабой гидравлической активностью на сжатие. АБОС и КПШП не обладают достаточной гидравлической активностью для расчета t-критерия Стьюдента. Поэтому они отнесены к добавкам - наполнителям, пригодность которых как добавок для цемента необходимо оценить по их химической активности (пуццолановой способности) поглощать СаО. Результаты гидравлической активности добавок в составе цементов при их контактировании с жидкой фазой приведены в табл.2. В соответствии с используемой методикой, обработку полученных данных осуществляли в виде графика (рис. 1).

**Таблица 2**

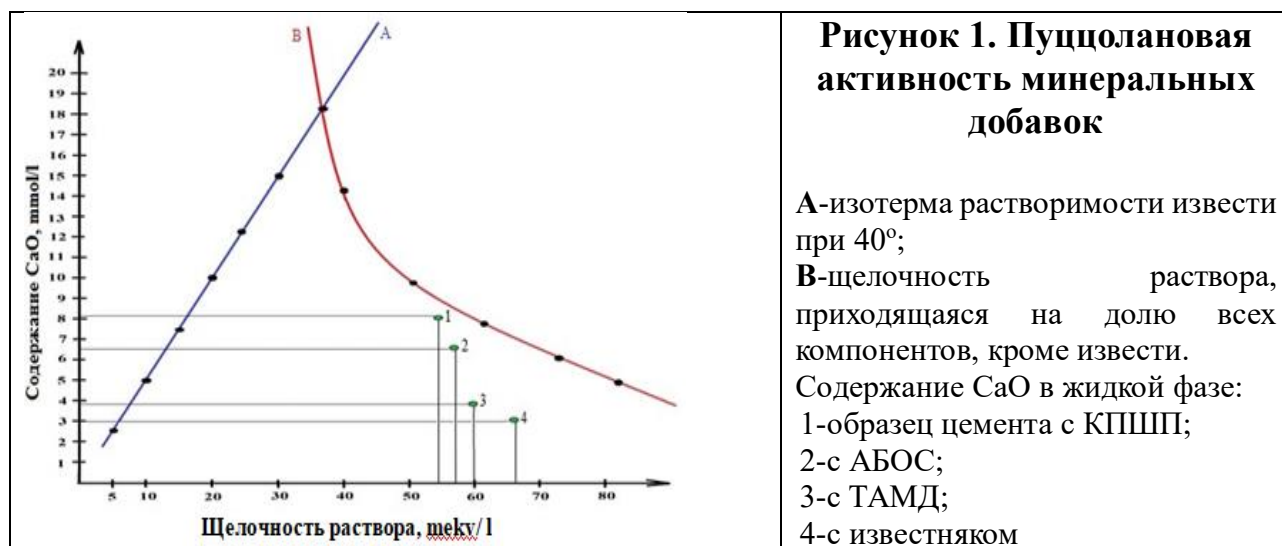
**Гидравлическая активность добавок, определенная методом степени насыщения известью жидкой фазы, находящейся в контакте с цементом**

№цемента с добавкой	Наименование добавки	Содержание СаО в жидкости, mmol/l	Общая щелочность раствора, mekv/ l
№ 1Ц	ТАМД	3,86	58,00
№ 2Ц	КПШП	8,39	56,80
№ 3Ц	АБОС	6,80	57,20
№ 4Ц	Известняк	3,0	68,0

ТАМД за 15 титрований в течение 30 суток поглощает из насыщенного раствора извести 287,14 мг СаО. Содержание СаО в жидкости, в которой хранились образцы цементов с ТАМД, составило 3,86 mmol/l, а общая щелочность раствора - 58,00 mekv/ l.

Установлено, что за счет снижения доли трудноразмалываемого клинкера на 20%, процесс помола опытных шихт значительно ускоряется: если

тонкость помола шихты для получения ПЦ-Д0, оцениваемая остатком 10% на сите № 008 (4900 отв/см<sup>2</sup>), достигнута за время помола 30 min, то при помоле шихты, включающей КД “ПЦ клинкер+Известняк+ТАМД+АБОС+гипс” за 20 min помола составила 6,0%, а с КД “клинкер+известняк+ТАМД+КПШП+гипс” – 5,8%. Сроки схватывания КЩЦ наступают значительно раньше, чем у ПЦ-Д0, а конец - как у него (через 5ч) и соответствуют требованиям ГОСТ 10178 и 31108. Показатели их прочности КЩЦ определены в соответствии с методикой ГОСТ 310.4.



**Таблица 3**  
**Влияние гибридных добавок на физико-механические свойства ПЦ**

№ состава цемента	Усл. Обознач. Цемента	Время помола, min	Тонкость помола по ост.на сите №008, %	Н.Г. %	Сроки схватывания, h - min		Предел прочности при изгибе/сжатии, МПа, через:	
					начало	конец	3d	28d
	ПЦ-Д0	30	10,0	25,7	3-20	5-00	5,6/21,4	6,2/40,2
1*	ПЩКД20	20	6,0	27,0	2-40	5-00	4,65/21,4	7,25/41,0
2*	ПЩ КД20	20	5,8	28,0	2-45	5-05	4,65/14,7	7,1/40,18
Состав 1*-75% ПЩ клинкер+12 % Известняк +3 % ТАМД +5 % АБОС+5% гипс Состав 2*-75% ПЩ клинкер+12 % Известняк+3 % ТАМД+5 % КПШП+5% гипс								

Введение до 20% новых видов КД не оказывает отрицательного влияния на механическую прочность ПЩ: ее значения при сжатии КЩЦ с КД “известняк+ТАМД+АБОС” к 3 сут. достигает показателя матрицы, а к 28 сут. – даже превышает его на 0,8 МПа (табл.3). Такой же темп набора прочности проявляет ПЩ, содержащий 20% КД «Известняк+ТАМД+КПШП+гипс»: через 3 сут. прочность цементного композита на сжатие несколько уступают прочности ПЩ-Д0. В дальнейшие сроки набор прочности ускоряется и ее

показатели к 28 сут достигают уровня ПЦ-Д0. Известняк повышает общую щелочность раствора, в котором хранились образцы цементов с его добавкой. Содержание СаО в жидкости, в котором хранились образцы цемента с КПШП составило 8,39 mmol/l, общая щелочность раствор-56,80 mekv/l. Самой низкой поглощающей способностью СаО характеризуется КПШП, так как раствор, в котором хранились цементные образцы с КПШП, имеют самую высокую щелочность (8,39 mmol/l). Количество поглощенного СаО КПШП за 30 сут. хранения в насыщенном растворе извести составило 94,2 мг, что незначительно больше его содержания, поглощенного АБОС. Как видно по расположению точек 1, 2, 3, 4 на графике, все добавки обладают способностью поглощать СаО, выделяющегося в процессе гидратации ПЦ с добавками. Наибольшую активность по поглощению извести проявляет ТАМД (рис. 1, точка 3).

По убыванию пуццолановой активности добавки можно расположить в следующий ряд: ТАМД→АБОС→КПШП→Известняк. Для усиления химической активности в процессе гидратации ПЦ, их целесообразно применять в композиции с различными модификаторами, сформировав КД, усиливающие эффект их упрочнения цементного камня.



**Рисунок 2. Блок-схема производства КЩ с новыми видами гибридных добавок**

С учетом технических требований ГОСТ 31108-2020, составлены шихты для получения КЩ с новыми видами КД, включающих:



1-состав: 75% ПЦ клинкер + 12% Известняк + 3% ТАМД + 5% АБОС + 5% гипс;

2-состав: 75% ПЦ клинкер + 12% Известняк + 3% ТАМД + 5% КПШП + 5% гипс.

Разработана блок-схема производства КПЦ с новыми видами КД учитывающая все операции технологического процесса производства КПЦ с новыми видами КД, начиная от добычи и подготовки сырьевых материалов в плоть до отправки продукции потребителям (рис. 2).

В четвертой главе «Исследование зарождения новообразований, их генетической формации и формирование композита в процессе твердения новых видов портландцементов», приведены результаты исследований по изучению кинетики гидратации и структурообразования при твердении новых видов КПЦ. Влияние КД, включающих «известняк-ТАМД-АБОС» и «известняк-ТАМД-КПШП» на скорость гидратации ПЦ-Д0, оценивали по общему количеству воды в гидратированных КПЦ.

Таблица 4

Скорость связывание воды при твердении портландцементов с 20% КД

№ п/п	Усл. обозначение цементов	Содержание химически связанной воды, через (сут.):				
		2	3	7	28	90
1	ПЦ-Д0	7,77	11,89	13,24	21,04	21,04
2	ПЦ-Д20 АБОС	9,22	11,46	11,20	13,25	22,09
3	ПЦ-Д20 КПШП	9,55	11,44	14,12	14,20	22,71

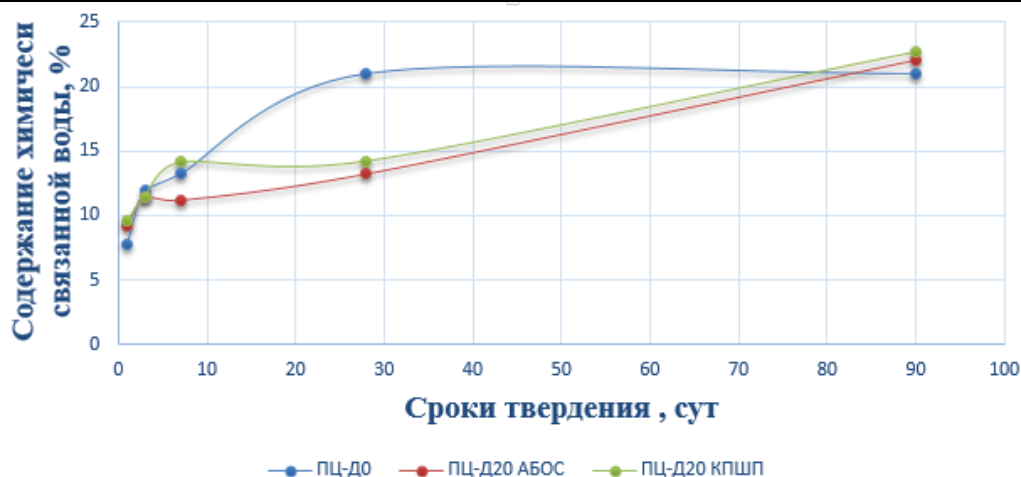


Рисунок 3. Изменение скорости гидратации ПЦ в зависимости от вида КД и времени твердения

В соответствии с данными табл. 4 и рис.3, количество воды, связанной в гидратные образования в начальные сроки твердения ПЦ как с добавкой «известняк-ТАМД-АБОС», так и «известняк-ТАМД-КПШП», больше, чем в образцах из чисто клинкерного цемента, что является наличием глинистых составляющих в КД, вводимых с ТАМД. К 3-сут. количеству связанной воды в образцах из КПЦ несколько, меньше, чем у матрицы, причем, разница между ними незначительная. Через 7 сут. твердения ПЦ с КД «известняк-ТАМД-АБОС» по количеству связанной воды уступает матрице, а с

«известняк-ТАМД-КПШП» - превосходит на 1,08%. К 28 сут. образцы из ПЦ-Д0 с обоими видами КПД связывают значительно меньше воды, чем образцы из ПЦ (рис.3). С возрастом процесс гидратации КПЦ с обоими видами КД ускоряется и количество связанной воды, даже несколько превышает показателя ПЦ-Д0.

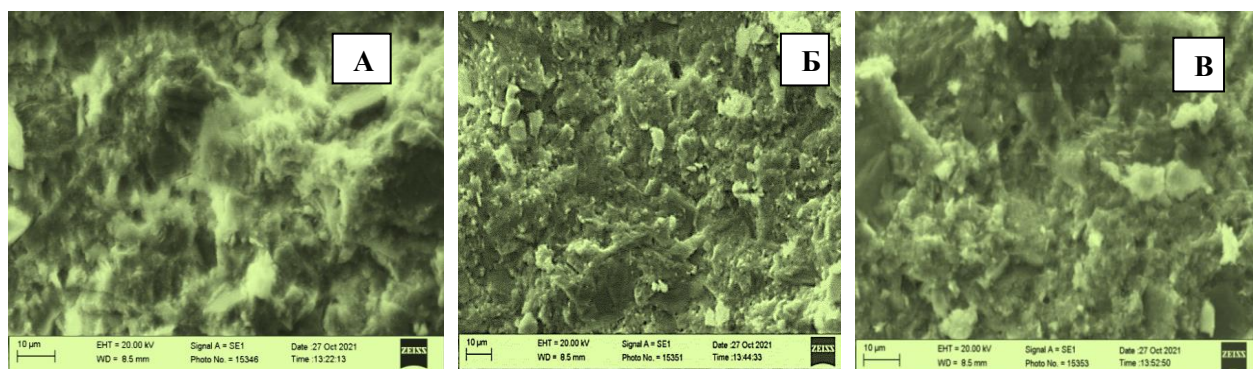
Дифрактограмма КПЦ с КД «известняк-ТАМД-АБОС», через 2 сут. твердения, кроме отражений исходных клинкерных минералов, обнаруживает линия  $\text{CaCO}_3$ , которая накладывается на линии  $\text{C}_3\text{S}$  при  $d/n=0,303$  nm, усиливая ее интенсивность. Другие линии  $\text{CaCO}_3$  обнаружены при  $d/n=(0,248; 0,228; 0,208; 0,190; 0,153)$  nm. Характерные линии  $\text{SiO}_2$  выявлены при  $d/n=(0,424; 0,333; 0,244; 0,228; 0,192; 0,168; 0,153; 0,148)$  nm. Одним из первичных продуктов гидратации КПЦ является  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , достаточно четкие линии которого обнаружены при  $d/n=(0,489; 0,262; 0,192; 0,176; 0,16; 0,148)$  nm. Отмечены слабые линии тоберморита  $5\text{CaO} \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  с  $d/n = (0,559; 0,352; 0,306; 0,296; 0,270; 0,248; 0,228...)$  nm.

К 3-м и 7-и сут. интенсивность линий алита и белита сильно уменьшилась, а линий  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  увеличилась, что свидетельствует об ускорении процесса гидролиза силикатных минералов. Появление небольшой интенсивности линии при  $d/n=(0,756; 0,296; 0,168)$  nm и свидетельствует о том, что при гидратации цемента в начальные сроки образуется  $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaCO}_3 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ -четырехкальцевый гидромонакарбоалюминат. К 7-и сут. происходит перекристаллизация гидратов силикатов кальция, так как на дифрактограмме линия при  $d/n=0,559$  nm исчезла и появилась линия при  $d/n=0,698$  nm, характерная для  $6\text{CaO} \cdot 3\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ -деллаита. К 28 сут. дифрактограмма цементного композита носит более упорядоченный характер, интенсивности линий как исходных силикатных минералов и  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , так  $\text{SiO}_2$  значительно уменьшаются, что говорит об их взаимодействии и перехода высокоосновных гидросиликатов кальция в их низкоосновные тоберморитовой формы, что повышает степень уплотнения цементного композита и его гидравлическую активность на уровне матрицы. Сказанное подтверждается также данными ИК-спектроскопии, так как в более поздние сроки гидратации на ИК-спектрах композита наблюдается изменение глубины поглощения спектров, характерных для гидросиликатных, гидросульфоалюминатных и гидрокарбоалюминатных структур, что говорит об увеличении их количества в твердеющей системе «молотый клинкер-гипсовый камень-известняк-ТАМД-АБОС-вода» за счет ускорения гидролиза алита, отвода из жидкой фазы ионов  $\text{Ca}^{2+}$  и химического взаимодействия с ними минералов добавки. Это особенно ярко выражено на ИК-спектрах цементного композита, твердевшего 28 и 90 сут., на которых, кроме глубины, изменились также значения отражений спектров за счет более четкой кристаллизации гидрокарбоалюминатов кальция при волновых числах 1478,41 и 1478,45  $\text{cm}^{-1}$ .

По данным электронной микроскопии, после затворения КПЦ водой, на активных участках поверхности происходит гидролитическая диссоциация с

выходом  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{OH}^-$  в жидкую фазу. В результате на частицах клинкерных минералов образуется поверхностный слой из суб микро кристаллов - группировок силикатных ионов, тонкой пленкой покрывающий поверхность зерен ПЦ.

Этtringит к этому сроку кристаллизуется в виде иголочек и тонких призм, а гидроалюминаты, гидроферриты и  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  находятся в форме гексагональных пластинок. Однако, преобладающее количество геля и кристаллов гидросиликатов кальция, которые имеют пониженную основность (тоберморитоподобный гель), покрывают малое количество гидросульфоалюминатов и гидрокарбоалюминатов, поэтому они четко не идентифицируются в начальные сроки твердения.



**Рисунок 4. Электронные микрофотографии поверхности скола ПЦ с КД «известняк+ТАМД+АБОС» через 2 (А), 7 (Б), 28 (В) твердения (x1000)**

К 7-сут процесс гидратации углубляется и взаимодействие силикатных минералов с водой ускоряется и в системе «КПЦ-вода» преобладает количество тоберморита. К 28 сут., когда гидравлическая активность КПЦ определяет его марку, поверхности скола композита представлена низкопористой структурой из плотно упакованных блоков кристаллических агрегатов, ориентированных в различных направлениях, что и обеспечивает высокую марку КПЦ. Кристаллоагрегаты различной конфигурации и блоки, накладываясь друг на друга и срастаясь, образуют уплотненную мелкопористую структуру (рис.4).

При продолжительном твердении КПЦ в порах цементного композита наблюдаются вновь вырастающие мельчайшие кристаллы, что указывает на непрерывное протекание процесса химического взаимодействия составляющих в системе «молотый клинкер – гипс – АБОС - вода», что способствует дальнейшему уплотнению гидратной структуры и упрочнению цементного композита.

Дифрактограмма ПЦ с КД «известняк-ТАМД-КПШП», твердевшего в течение суток, кроме линии основных минералов матричного клинкера и ингредиентов КД обнаруживает линии слабой интенсивности при  $d/n = (0,385; 0,278; 0,217; 0,212; 0,209; 0,187; 0,176)$  nm, характерные для геленита  $2\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$  и при  $d/n=0,727$  nm  $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaCO}_3 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$  - четырех кальциевого гидрокарбоалюмината кальция. Присутствие дифракционных

отражений с  $d/n = (0,490; 0,310; 0,269; 0,192; 0,179; 0,169; 0,148)$  nm указывает на то, что к суточному возрасту ПЦ с новым видом КД в достаточной степени подвергается гидратации с выделением  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , интенсивность основных линий которого к 3-м суткам заметно снижается. Линия при  $d/n=0,727$  nm исчезает и появляется слабой интенсивности линия при  $d/n=0,504$  nm, указывающая на образование этtringита –  $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 32\text{H}_2\text{O}$ . К 7-сут. интенсивности линий как исходных клинкерных минералов и КД, так и линий  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  заметно снижаются. В поликомпонентной системе сосуществуют  $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaCO}_3 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$  и  $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 32\text{H}_2\text{O}$ .

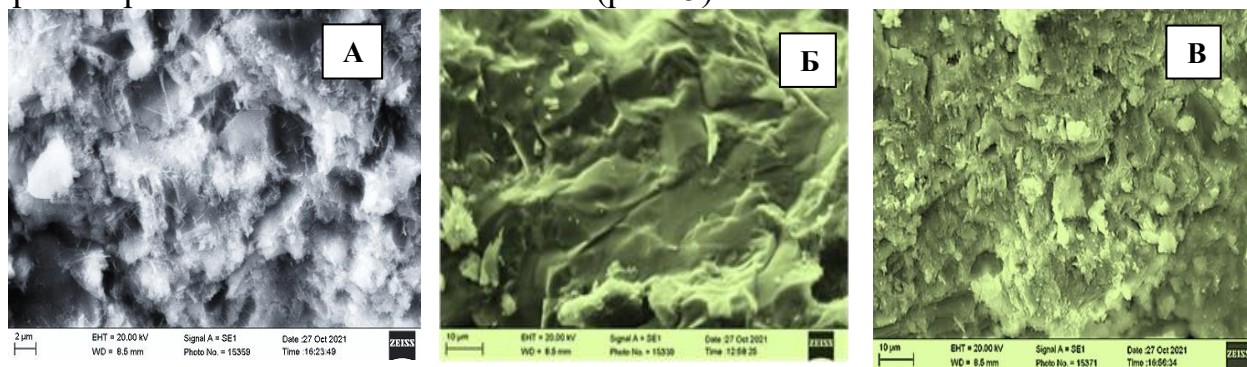
Дифрактограмма цементного композита к 28 суточному возрасту приобретает более упорядоченный характер: преобладающими гидратными продуктами являются  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , этtringит ( $d/n=0,555; 0,385; 0,227$ ) nm, шестикальциевый карбогидроалюминат  $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaCO}_3 \cdot 32\text{H}_2\text{O}$  с  $d/n=(0,383; 0,258)$  nm. Линии тоберморита  $5\text{CaO} \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  при  $d/n=(0,307; 0,298; 0,280; 0,228; 0,208)$  nm накладывается на линии  $\text{SiO}_2$  и несколько усиливает их интенсивность и изменяет значения их дифракционных отражений.

ИК-спектры ПЦ с КД «известняк-ТАМД-КПШП», через 2 сут., обнаруживают поглощения в диапазоне волновых чисел  $3000\text{--}3800\text{см}^{-1}$  с максимумом при  $3428,56$  и  $3671,71\text{ см}^{-1}$ , характерных для гидросиликатов тоберморитового состава, а широкий диапазон поглощений ИК-спектров свидетельствует об значительном их количестве. Увеличение размера полос поглощений и изменение их значений к 3-м суткам, указывает на интенсификацию процесса гидратации КПЦ и увеличении количества субмикрористаллов тоберморита. Поглощения при волновых числах с максимумами при  $872,80; 1000,10; 1080,11\text{ см}^{-1}$  вызваны деформационными колебаниями карбонатных и сульфатных групп, входящих в состав гидрокарбоалюмината и этtringита. ИК-спектры поглощения цементного композита к 7-и сут. незначительно изменяются, а к 28-и и 90 сут.- кроме глубины их поглощений, изменились также значения отражения спектров, характеризующих наличие кристаллических гидрокарбоалюминатов кальция при волновых числах  $1481,34\text{ см}^{-1}$  и  $1490,38\text{ см}^{-1}$ .

Поверхность зерен клинкера в КПЦ через 2 сут твердения покрывается мельчайшими игольчатыми кристаллами этtringита и нитевидными кристаллами гидросиликатов, вырастающих из набухшей массы гидросиликатного геля. То же самое происходит и внутри воздушных пор, где игольчатые и нитевидные кристаллы, ориентируясь в разных направлениях, создают сетчатый каркас в твердеющей массе и заполняя поры, уменьшают их размеры (рис. 5).

К 7-и сут. рельеф скола представляет шероховатую поверхность, в межзерновых пространствах и внутри воздушных пор отмечен хаотичный рост новообразований, имеющих различные формы (кубические, призматические, гексагональные, пластинчатые, без определенных форм), которые срастаясь,

растворяясь друг в друге, и плотно укладываясь, образуют параллельно ориентированные монолитные блоки (рис. 5).



**Рисунок 5. Электронные микрофотографии поверхности скола ПЦ с КД «известняк-ТАМД-КПШП», твердевшего 2(А), 7(Б), 28(В) сутки в нормальных условиях (x1000).**

На поверхности скола отмечается наличие волокнистых кристаллов, которые находятся на стадии «растворения» в общей массе гидратирующейся системы «композиционный цемент-вода». К 28-и и 90-суткам цементный композит характеризуется блочно-ритмичной структурой, состоящей из плотно упакованных сросшихся блоков. Продолжающийся процесс гидратации в некоторых местах вызывает внутренние напряжения, в результате появляются «борозды-скольжения», в которые постепенно поступает вода и из негидратированных клинкерных зерен в жидкую фазу продолжают поступать ионы  $\text{Ca}^{2+}$  и вновь образуется гель гидросиликатов. Она «склеивает» не гидратированные зерен клинкера, добавок, блоки из кристаллогидратов и обеспечивая «самозалечивание» пор и трещин, уменьшая макропоры и увеличивая количество микропор, уплотняет и упрочняет цементный композит, что наглядно иллюстрируется.

Таким образом, установлено положительное влияние гидратационного легирования ПЦ с гибридными добавками «известняк+ТАМД+АБОС» и «известняк+ТАМД+КПШП» на процессы гидратации, фазообразования, формирование микроструктуры и на повышение прочности цементных композитов до уровня ПЦ400-Д0, несмотря на уменьшение в их составе до 20% высокоактивного ПЦ клинкера.

В пятой главе работы «Внедрение технологий производства новых видов композиционных портландцементов и их экономическая эффективность» приведены результаты апробации составов и технологий получения новых видов ПЦ400-КД20 на АО «Qizilqumsement» путем испытания опытных партий ПЦ, содержащих добавки «известняк+ТАМД+АБОС» и «известняк+ТАМД+КПШП». Установлено, что, по физико-механическим показателям новые виды КПЦ соответствуют требованиям O'zDSt 2830:2014 на цемент марки ПЦ400-КД20 и по ГОСТ 31108–2020- к цементам класса ЦЕМ II 32,5Н. Основываясь на положительных результатах испытаний технологии получения КПЦ с новыми видами



гибридных добавок рекомендованных составы к внедрению на АО «Qizilqumsement».

По расчетным данным, за счет экономии до 20% ПЦ клинкера, снижается себестоимость ПЦ с КД «известняк+ТАМД+АБОС» и «известняк+ТАМД+КПШП» соответственно на 43 775,31 сум/т. И 44 209,36 сум/т. При выпуске 2-х видов КПЦ в объеме по 2 млн.т./год, суммарный экономический эффект составит порядка 78 млрд. сум/год.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Теоретически обоснована эффективность применения различных сырьевых материалов природного и техногенного происхождения в качестве активных минеральных добавок и ингредиентов для формирования композиционных добавок к цементу.

2. Установлено, что гидравлическая активность ТАМД, АБОС и КПШП по значению критерия Стьюдента (t-Стьюдента) не соответствует требованиям НД на активные минеральные добавки, однако, они обладают пуццолановой способностью и по показателям ее убывания располагаются в следующий ряд: ТАМД→АБОС→КПШП→Известняк.

3. Для усиления химической активности исследованных добавок рекомендовано сформировать композиционные добавки, усиливающие их гидратационную активность и упрочняющий эффект при введении в ПЦ.

4. Разработаны новые составы и технология получения ПЦ с КД, включающими ингредиенты «ТАМД–известняк–АБОС» и «ТАМД– известняк - КПШП».

5. Доказана возможность замены до 20% высокотемпературного клинкера новыми видами КД с получением ПЦ, характеризующихся активностью на уровне ПЦ400-Д0, обеспечивающей их марку ПЦ400-КД20.

6. Научно обоснован фактор достижения высокой прочности КПЦ с новыми видами КД созданием благоприятных условий для плавного протекания гидратации, образования гидратных продуктов, зарождение и развитие новообразований, генезиса формирования микроструктуры цементного композита.

7. Разработана и рекомендована к практическому применению блок-схема технологии получения новых видов КПЦ марок ПЦ400-КД20 с новыми видами КД, соответствующих требованиям, предъявляемым ГОСТ 31108-2020 к портландцементам класса ЦЕМ II 32,5 Н и по O'zDSt 2830:2014 - марке ПЦ400-КД20, технология производства которых внедрена на АО «Qizilqumsement».

8. Обоснована технологическая и экономическая эффективность использования новых видов КД, при применении которых достигнута экономия до 20% дорогостоящего ПЦ клинкера и, в зависимости от их состава –снижение себестоимости КПЦ от 43 775,31 сум/т. до 44 209,36 сум/т.

**ON-TIME SCIENTIFIC COUNCIL ON AWARDING OF SCIENTIFIC  
DEGREES DSc.02.30.12.2019.K/T.35.01AT INSTITUTE OF GENERAL  
AND INORGANIC CHEMISTRY**

---

**INSTITUTE OF GENERAL AND INORGANIC CHEMISTRY**

**TURSUNOVA GULSANAM RUZIMURODOVNA**

**TECHNOLOGY OF PRODUCTION OF PORTLAND CEMENT WITH  
NEW TYPES OF COMPOSITE ADDITIVES**

**02.00.13 – Technology of inorganic substances and materials on their basis**

**02.00.15 – Technology of silicate and refractory non-metallic materials**

**DISSERTATION ABSTRACT FOR THE DOCTOR OF PHILOSOPHY (PHD)  
TECHNICAL SCIENCES**

**Tashkent – 2023**

**Doctoral thesis theme has been registered under number B2022.4.PhD/T3241 at the Higher Attestation Commission under the Ministry of Higher Education, Science and Innovation**

The doctoral dissertation was carried out at the Institute of General and Inorganic Chemistry of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan.

The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (summary)) on the web page of the Scientific Council at [www.ionx.uz](http://www.ionx.uz) and the Information and Educational Portal "Ziynet" at [www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz).

**Scientific:**

**Atabaev Farrux Baxtiyarovich**

doctor of technical sciences

**Official opponents:**

**Kucharov Baxrom Xayrievich**

doctor of technical science

**Yunusova Farida Raxmonberdiyevna**

candidate of technical sciences, assistant professor


**Leading organization:**

**Navoi state mining and technological university**

The defense will take place «14» march 2023 at 10<sup>00</sup> o'clock at the meeting of on-time scientific Council No.DSc.02/30.12.2019.K/T.35.01 at General and Inorganic Chemistry Institute (Address: 100170, Tashkent city, Mirzo Ulug'bek district, Mirzo Ulug'bek street, 77-a. Tel.: (+99 871) 262-56-60, fax: (+99 871) 262-79-90, e-mail: [ionxanruz@mail.ru](mailto:ionxanruz@mail.ru)).

The dissertation can be reviewed at the Information Resource Centre of the General and Inorganic Chemistry, (is registered under № 33). Address: 100170, Tashkent city, Mirzo Ulug'bek street, 77-a. Tel./fax: (+99871) 262-56-60, (+99871) 262-79-90).

Abstract of dissertation sent out on «01» march 2023 y.  
(mailing report № 33 from «01» march 2023 y.).

  
**B.S. Zakirov**  
Chairman of scientific Council of one-time  
advice for the Award scientific degrees,  
doctor of chemical sciences, professor  
**D.S. Salikhanova**  
Scientific secretary of scientific Council of one-time  
advice for the award scientific degrees,  
doctor of technical sciences, professor  
**Sh.S. Namazov**  
Chairman of the one-time advice scientific  
Council on award of scientific degrees,  
doctor of technical sciences, professor, academician



## INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

**The aim of the research work** is the development of compositions of new types of composite additives and Portland cements with their use.

**The object of the research work** TAMD-thermoactivated pelitic tuffites (TAMD), limestone, quartz-feldspar sand (KFSP), apobasalt orthoschist (ABOS), hybrid additives based on them and composite Portland cements (CPC) with their application.

**The scientific novelty of the dissertation research** consists is as follows:

scientifically substantiated and practically proven the choice of new types of inorganic raw materials (TAMD, limestone, ABOS, SFRP) for suitability as an additive in cement through a comprehensive study of the chemical and mineralogical composition, hydraulic (according to Student's t-criterion) and pozzolanic activity;

scientifically substantiated changes in physical and mechanical properties during hardening of new types of PC, depending on the type of introduced CD, including “limestone-TAMD-ABOS” and “limestone-TAMD-KPSHP”;

scientifically substantiated the fact of slowing down the process of hardening PC with new types of CD in the initial period and intensification at a later hardening with the disclosure of the features of hydration and phase formation, ensuring their hydraulic activity at the level of the matrix without additives PC400-D0;

The features of the processes of nucleation and development of hydrated products during hardening of PC with new types of CD, the genesis of the formation of the optimal microstructure of cement composites with hydraulic activity, which ensures their grade PC400-KD20, are established.

**Implementation of the research results.** Based on the scientific results obtained in the development of technologies for obtaining OPC modified with two new types of CD:

the hydraulic and pozzolanic activity of limestone, ABOS and SFRP were determined and practical recommendations were issued for their use as ingredients of composite additives for PC. As a result, it became possible to form compositions of design documentation based on local raw materials for organizing the production of PCC.

A technology has been developed for the production of PCC using CD, including “limestone-TAMD-KPSHP sand”, “limestone-TAMD-ABOS”.

Pilot production tests were carried out for PCC with new types of design documentation, including “limestone-TAMD-KPSHP sand”, “limestone-TAMD-ABOS” (Act of Qizilqumsement JSC dated 28/10/2022 and letter No. 02-36/1571). As a result, a technology for the production of new types of PCC was introduced, the production of which ensures a reduction in cost and an increase in the production volume of PC400-KD20.

**The structure and volume of the dissertation.** The structure of the thesis consists of an introduction, five chapters, a conclusion, a bibliography and an appendix. The volume of the thesis is 111 pages.



**ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ**  
**СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ**  
**LIST OF PUBLISHED WORKS**

**I бўлим (I часть I part)**

1. Ф.Б. Атабаев, Л.М. Какурина, Г.Р. Турсунова, З.Р. Турсунов. Исследование гидравлической активности добавок для цемента природного и техногенного происхождения // Научный журнал Издается ежемесячно с ноября 2013 года Является печатной версией сетевого журнала Universum: химия и биология Выпуск: 12(78), Москва 2020. -С. 85-88. (02.00.00 №1)

2. F.B. Atabaev, G.R.Tursunova, A.Sh., Khadjiev, M. Yu. Gulyamov Definition Of Puzzolanic Properties Active Mineral Additives In Portlandcement // THE AMERICAN JOURNAL OF APPLIED SCINCES. - (TAJAS) SJIF-5.634. - Volume 3 Issue 03, 2021. – P. 7-12; (SJIF (23), IF-5,63)

3. F.B. Atabaev, M. Y. Gulyamov, G.R. Tursunova, Z. Tursunov. Composite Cement With the Use of Industrial Waste of Different Productions // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. ISSN: 2350-0328 Impact Factor- 6.646- Vol. 8, Issue 4 , doi: www.ijarset.com 2021. – pp. 17269-17270. (05.00.00; №8)

4. Ф.Б. Атабаев, Г.Р. Турсунова, А.Ш.Хаджиев, Н.Р.Рузиев.Химико-технологические основы получения пуццолановых цементов на основе местных минеральных добавок // Universum: технические науки. - Выпуск: 10(91), Октябрь 2021. Часть 3. Москва-2021.- С. 43-46. (02.00.00 №1)

5. Т.А.Атакузиев, Г.Р. Турсунова. Влияние твердых отходов (тосп) на строительное – технические свойства цементов. //Композитсион материаллар. Илмий-техникaviy va amaliy jurnali. Июнь. № 2(75) Ташкент, 2019. –С 112-115. (05.00.00; №14)

6. М.И. Искандарова, Ф.Б. Атабаев, Г.Р. Турсунова, А.Ш.Хаджиев, М.М. Адилматова. Керамзит на основе лессовидного суглинка// Научно-практический журнал «Архитектура. строительство. дизайн». – Ташкент. №2. 2021. УДК: 625.85 -С. 148-152. (05.00.00 №4)

7. Ф.Б.Атабаев, Ф.Н.Фузайлова, Г.Р.Турсунова, Д.У.Ахмедова. Эффективные шлакокарбонатные портландцементе.// Journal of new century in novations Volume – 14 | issue - 4 October – 2022. –С. 82-86. <http://www.newjournal.org/> (GOOGLE scholar) ISSN (p) 2181-3671

**II бўлим (II часть II part)**

8. Т.А.Атакузиев, Г.Р. Турсунова. Твердые отходы содового производств (ТОСП) как интенсификаторы обжига Портландцементного клинкера. Фундаментальные и прикладные научные исследования: Актуальные

вопросы, достижения и инновации сборник статей XXV Международной научно-практической конференции, Состоявшейся 30 июля 2019 г. в г. Пенза Часть 1 –С.84-88.

9. M.I.Iskandarova, F.B. Atabaev, G. R.Tursunova, B. B.Botirov., Z.R. Tursunov. Regulation Of The Hardening Process And Structure Formation Of Portlandcement By Addition Of Modified Activated Ash Mixture Tpp // Turkish Online Journal of Qualitative Inquiry (TOJQI Scopus) Volume 12, Issue 9 August, 2021: - pp. 6849 – 6855.

10. М.И. Искандарова, Г.Р. Турсунова, З.Р. Турсунов. Перспективное направление максимальной утилизации золошлаковых смесей ТЭС в цементной промышленности.// “International scientific-online conference models and methods for increasing the efficiency of innovative research” - Germaniya (Berlin), 2021.-pp.188-196.

11. F.B. Atabaev, G. R.Tursunova, Z.R. Tursunov. Ускоренный метод оценки качества активных добавок.// “International scientific-online conference formation of psychology and pedagogy as interdisciplinary science” -Italiya (Rim), 2021.-pp. 311-315.

12. F.B. Atabaev, G. R.Tursunova, N.A. Isroilova. Производство гидравлических цементов на основе обожженных при температуре 600 °С туфитов, бекабадского металлургического шлака и золошлаковых смесей.//International Conference on Developments in Education, Sciences and HumanitiesHosted from Livorno, Italy May 2nd -3rd 2022 <http://econferencezone.org/index.php/ecz/article/view/309> -С. 14-18.

13. Т.А.Атакузиев, Г.Р. Турсунова. Композиционные цементы с использование промышленных отходов различных производств.// Республиканской научно-технической конференции “Ресурсо- и энергосберегающие, экологически безвредные композиционные и нанокompозиционные материалы” 25-26 апреля 2019г.-С 439-440.

14. З.Р. Якубжанова, М.И. Искандарова, М.М.Мамажанов, Г.Р. Турсунова. Портландцементы с новыми видами композиционных добавок.// Внедрение достижений науки в практику и устранение в ней деятельность коррупции. 30 ноябр 2019 года. –С159-162.

15. Д.Д.Мухиддинов, М.М.Гулямов, З.Б Якубжанова, Г.Р. Турсунова. Пуццолановые цементы с опоковидными породами узбекистана// Кимёнинг долзарб муаммолариреспублика илмий-амалий анжумани2021 йил 4-5 февраль. –С 182-184.

16. Ф.Б. Атабаев, А.Ш. Хаджиев, Г.Р. Турсунова. Определения пуццолановой активности минеральных добавок на основе местных сырьевых ресурсов.// «Маҳаллий хомашёлар ва иккиламчи ресурслар асосидаги инновацион технологиялар» 2021 йил 19-20апрель. –С 120-121.

17. Ф.Б. Атабаев, М.М. Адилматова, Г.Р. Турсунова. Энерго- и ресурсосберегающие технологии стеновых материалов из местного сырья.// «Маҳаллий хомашёлар ва иккиламчи ресурслар асосидаги инновацион технологиялар» 2021 йил 19-20апрель. –С 124-125.

18. Ф.Б.Атабаев, М.Ю.Гулямов, М.М.Адилматова, Г.Р. Турсунова. Исследование влияния активных минеральных добавок на кинетику твердения портландцемента. // Сборник материалов международной научно-практической конференции 5-6 мая Тошкент-2021. –С 437-443.

19. Ф.Б.Атабаев, М.Ю.Гулямов, М.М.Адилматова, Г.Р. Турсунова. Перспективное направление максимальной утилизации золошлаковых смесей тэс в цементной промышленности. // Сборник материалов международной научно-практической конференции 5-6 мая Тошкент-2021. –С 499-505.

20. Ф.Б. Атабаев, А.Ш. Хаджиев, Г.Р. Турсунова. Тандем науки и производство – основа для развития промышленности строительных материалов Узбекистана. // Республиканская научно-техническая конференция «Новые композиционные материалы: получение и применение в различных отраслях промышленности» 15-16 сентября Ташкент – 2022 года. – С. 210-211.

21. Д.Д. Мухиддинов, Г.П. Чернышева, Д.У. Ахмедова, Г.Р. Турсунова. Определение активности сырьевых материалов как компонентов гибридных добавок. // Республиканская научно-техническая конференция «Новые композиционные материалы: получение и применение в различных отраслях промышленности» 15-16 сентября Ташкент – 2022 года. – С. 216-217.

Avtoreferat «O'zbekiston kimyo jurnali» tahririyatida tahrirdan o'tkazilib, o'zbek, rus va ingliz tillaridagi matnlar o'zaro muvofiqlashtirildi.

**Bosmaxona litsenziyasi:**



**9338**

Bichimi: 84x60 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. «Times New Roman» garniturası.

Raqamli bosma usulda bosildi.

Shartli bosma tabog'i: 3,5. Adadi 100 dona. Buyurtma № 1/23.

Guvohnoma № 851684.

«Tipograff» MCHJ bosmaxonasida chop etilgan.

Bosmaxona manzili: 100011, Toshkent sh., Beruniy ko'chasi, 83-uy.