

**ИСЛОМ КАРИМОВ** номидаги **ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА  
УНИВЕРСИТЕТИ «ФАН ВА ТАРАҚҚИЁТ» ДАВЛАТ УНИТАР  
КОРХОНАСИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ  
DSc.03/30.12.2019.К/Т.03.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**ЎзР ФА УМУМИЙ ВА НООРГАНИК КИМЁ ИНСТИТУТИ**

**БОТИРОВ БУРХОН БОБИР ЎҒЛИ**

**СОПОЛ ЧИҚИНДИЛАРИ АСОСИДА ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ КЛИНКЕРИ  
ВА КОМПОЗИЦИОН БОҒЛОВЧИЛАРНИНГ САМАРАДОР  
ТАРКИБЛАРИ ВА ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ**

**02.00.07 – Композицион, лок-бўёқ ва резина материаллари  
кимёси ва технологияси**

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

**Тошкент – 2020**

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

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

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

**Ботиров Бурхон Бобир ўғли**

Сопол чиқиндилари асосида портландцемент клинкери ва композицион боғловчиларнинг самарадор таркиблари ва технологиясини ишлаб чиқиш.....3

**Ботиров Бурхон Бобир угли**

Разработка эффективных составов и технологии получения портландцементного клинкера и композиционных вяжущих на основе керамических отходов.....21

**Botirov Burxon Bobir ugli**

Development of effective compositions and technologies for the production of Portland cement clinker and composite binders based on ceramic waste.....41

**Эълон қилинган ишлар рўйхати**

**Список опубликованных работ**

**List of published works** .....45

**ИСЛОМ КАРИМОВ** номидаги **ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА  
УНИВЕРСИТЕТИ «ФАН ВА ТАРАҚҚИЁТ» ДАВЛАТ УНИТАР  
КОРХОНАСИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ**  
**DSc.03/30.12.2019.К/Т.03.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**  
**ЎЗР ФА УМУМИЙ ВА НООРГАНИК КИМЁ ИНСТИТУТИ**

---

**БОТИРОВ БУРХОН БОБИР ЎҒЛИ**

**СОПОЛ ЧИҚИНДИЛАРИ АСОСИДА ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ КЛИНКЕРИ  
ВА КОМПОЗИЦИОН БОҒЛОВЧИЛАРНИНГ САМАРАДОР  
ТАРКИБЛАРИ ВА ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ**

**02.00.07 – Композицион, лок-бўёқ ва резина материаллари  
кимёси ва технологияси**

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

**Тошкент – 2020**

**Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2020.4.PhD/Т1705 рақами билан рўйхатга олинган.**

Диссертация иши Ўзбекистон Республикаси Фанлар академияси Умумий ва ноорганик кимё институтида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме) Илмий кенгаш веб-саҳифасида ([www.gupft.uz](http://www.gupft.uz)) ва «Ziyonet» Ахборот-таълим портали ([www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz)) да жойлаштирилган.

**Илмий раҳбар:**

**Бегжанова Гулрух Бахтияровна**  
техника фанлари доктори, катта илмий ходим

**Расмий оппонентлар**

**Эминов Ашраф Мамурович**  
техника фанлари доктори, профессор

**Юнусов Миржалил Юсупович**  
техника фанлари доктори, профессор

**Етакчи ташкилот:**

**Тошкент архитектура ва қурилиш институти**

Диссертация ҳимояси Ислом Каримов номидаги Тошкент давлат техника университети «Фан ва тараққиёт» ДУК ҳузуридаги DSc.03/30.12.2019.К/Т.03.01 рақамли Илмий кенгашнинг 2020 йил «03» декабрь соат 11<sup>00</sup> даги мажлисида бўлиб ўтади (Манзил: 100174, Тошкент шаҳри, Мирзо Ғолиб кўчаси, 7а-уй. Тел.: (+99871) 246-39-28; факс: (+99871) 227-12-73, e-mail:fan va taraqqiyot@mail.ru, <http://www.gupft.uz/> «Фан ва тараққиёт» ДУК биноси, 2- қават, анжуманлар зали).

Диссертация билан «Фан ва тараққиёт» ДУКнинг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин ( -рақам билан рўйхатга олинган). Манзил: 100174, Тошкент шаҳри, Мирзо Ғолиб кўчаси, 7а-уй. Тел.: (+99871) 246-39-28; факс: (+99871) 227-12-73

Диссертация автореферати 2020 йил «19» ноябрь. куни тарқатилди.  
(2020 йил «05» ноябрь № 27 рақамли реестр баённомаси).

**С.С.Негматов**  
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш раиси, ЎзФА академиги

**М.Г. Бабаханова**  
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш илмий котиби, к.ф.н., к.и.х.

**Н.Талипов**  
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш ҳузуридаги илмий семинар раиси, т.ф.д., к.и.х.

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2020.4.PhD/T1705 рақами билан рўйхатга олинган.

Диссертация иши Ўзбекистон Республикаси Фанлар академияси Умумий ва ноорганик кимё институтида бажарилган.

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

**Илмий раҳбар:**

**Бегжанова Гулрух Бахтияровна**  
техника фанлари доктори, катта илмий ходим

**Расмий ошпоцентлар:**

**Эминов Ашраф Мамурович**  
техника фанлари доктори, профессор

**Юнусов Миржалил Юсупович**  
техника фанлари доктори, профессор

**Етакчи ташкилот:**

**Тошкент архитектура ва қурилиш институти**

Диссертация ҳимояси Ислоҳ Каримов номидаги Тошкент давлат техника университети «Фан ва тараққиёт» ДУК ҳузуридаги DSc.03/30.12.2019.К/Т.03.01 рақамли Илмий кенгашнинг 2020 йил «03» декабрь соат 11:00 даги мажлисида бўлиб ўтади (Манзил: 100174, Тошкент шаҳри, Мирзо Ғолиб кўчаси, 7а-уй. Тел.: (+99871) 246-39-28; факс: (+99871) 227-12-73, e-mail: [fan\\_va\\_taraqquyot@mail.ru](mailto:fan_va_taraqquyot@mail.ru), <http://www.gurft.uz/> «Фан ва тараққиёт» ДУК биноси, 2- қават, анжуманлар зали).

Диссертация билан «Фан ва тараққиёт» ДУКнинг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (27 -рақам билан рўйхатга олинган). Манзил: 100174, Тошкент шаҳри, Мирзо Ғолиб кўчаси, 7а-уй. Тел.: (+99871) 246-39-28; факс: (+99871) 227-12-73

Диссертация автореферати 2020 йил «19» ноябрь куни тарқатилди.  
(2020 йил «05» ноябрь №27 рақамли реестр баённомаси).



*С.С. Негматов*  
**С.С. Негматов**  
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш раиси, ЎзФА академиги

*М.Г. Бабаханова*  
**М.Г. Бабаханова**  
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш илмий котиби, к.ф.н., к.и.х.

*Н.Талипов*  
**Н.Талипов**  
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш ҳузуридаги илмий семинар раиси, т.ф.д., к.и.х.

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

**Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурияти.** Бугунги кунда глобал экологик сиёсат табиатнинг айрим элементларини муҳофаза қилишдан экологик тизимларни универсал ҳимоя қилишга ўтишни, инсон атроф-муҳитнинг мақбул параметрларини кафолатлашини ва «яшил иқтисодиёт» тамойилларига мувофиқ иқтисодиёт тармоқларини ривожлантириш механизмлари билан ўзаро муносабатларини уйғунлаштиришга қаратилган. Бу борада саноат чиқиндилари асосида самарали цемент композицияларини ишлаб чиқариш алоҳида аҳамиятга эга.

Дунё миқёсида чиқиндиларнинг атроф-муҳитга таъсирини камайтиришга қаратилган технологик жараёнлар ва атроф-муҳит фаолиятини яхшилашга қаратилган тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Шу муносабат билан ишлаб чиқариш корхоналарини модернизация қилиш ва қайта жиҳозлаш, экологик тоза ва ресурс тежамкор технологияларни жорий этиш орқали табиий ресурслардан оқилона ва комплекс фойдаланиш самарадорлигини ошириш долзарб вазифа ҳисобланади.

Республикада саноат чиқиндиларидан фойдаланган ҳолда юқори сифатли цемент ва композицион боғловчиларни ишлаб чиқиш бўйича бир қатор илмий тадқиқот ишлари олиб борилмоқди. Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида «...ишлаб чиқариш соҳаларини ривожлантириш, саноатни модернизация ва диверсификация қилиш, амалиётда кам сарфли энергиятежамкор усулларни қўллаш, цемент ишлаб чиқариш саноатини ривожлантириш, импорт ўрнини босувчи ва экспортга йўналтирилган маҳсулотларни ишлаб чиқариш...»<sup>1</sup> вазифалари белгилаб берилган. Бу борада кимёвий таркиби табиий алюмосиликат хом ашёларнинг кимёвий таркибига яқин бўлган сопол чиқиндиларидан комплекс фойдаланиш, табиий хомашёларни тўлиқ алмаштириш ва энергия ва ресурстежамкор технологиядан фойдаланган ҳолда клинкер ва композицион қўшимчали цементларни ишлаб чиқаришга имконият яратади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2018 йил 4 майдаги ПҚ-3696-сон «Ички бозорни цемент билан барқарор таъминлаш бўйича қўшимча чора-тадбирлар тўғрисида»ги, 2019 йил 23 майдаги ПҚ-4335-сон «Қурилиш саноатини жадал ривожлантириш бўйича қўшимча чора-тадбирлар тўғрисида»ги қарорлари, 2019 йил 30 октябрдаги ПФ-5368-сон «Ўзбекистон Республикасининг 2030 йилгача атроф-муҳитни муҳофаза қилиш концепцияси» ҳамда мазкур соҳа фаолиятига тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий белгиланган вазифаларни амалга оширишда ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

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

**Муаммонинг ўрганилганлик даражаси.** Клинкер ишлаб чиқаришда энергия сарфини пасайтириш ва уларни техноген ва янги турдаги табиий ва

техноген хомашёлар асосида яратиш борасида И.В. Кравченко, Т.В. Кузнецова, В.В. Тимашев, С.М. Канцельский, М.Г. Гулямов, V.S. Ramachandran, А.П. Осокин, А.А. Пашенко, Л.М. Шпынова, Л.Я. Гольдштейн, Т.А. Атакузиев, М.И. Искандарова, Б.Т. Таймазов, L.R. Castello, K.L. Scrivener, Я.Б. Якимечко, М.А. Саницкий, Х.С. Соболев, Б.И. Нудельман, М.Я. Бикбау, З.П. Пулатов, А.А. Тулаганов, Ф.Б. Атабаев, З.Р. Рахимов, Г.Б. Бегжанова, Е.Ю. Ермилова, З.А. Камалова, K.L. Scrivener, A. Nonut ва бошқалар илмий изланишлар олиб борганлар.

Мавжуд ишларнинг таҳлиliga кўра, иқтисодийнинг асосий маҳсулотларини ишлаб чиқарувчи тармоқларнинг ривожланиши билан кўп тоннажли иккиламчи хомашё ва минерал чиқиндиларни йўл-йўлакай казиб олишда ҳосил бўладиган иккиламчи хомашё материалларининг қурилиш материаллари ишлаб чиқишда фойдаланиш ва қайта ишлашда яроқлилик муаммоси ўрганилмаганлигини таъкидлаш лозим.

**Диссертация мавзусининг диссертация бажарилган илмий-тадқиқот муассасасининг ишлари билан боғлиқлиги.** Диссертация тадқиқоти ЎзР ФА Умумий ва ноорганик кимё институти ҳамда «Science investment» МЧЖ илмий-тадқиқот режаларининг инновацион лойиҳа И-2017-7-21 «Сопол буюмлар ишлаб чиқариш чиқиндиларидан комплекс хомашё сифатида фойдаланиб кенг ассортиментдаги қурилиш материалларини олиш технологиясини ўзлаштириш» (2017-2018 йй.) мавзуларидаги илмий тадқиқот лойиҳалари доирасида бажарилган.

**Тадқиқотнинг мақсади** сопол чиқиндилардан комплекс фойдаланиб портландцемент клинкери ва композицион боғловчилар олиш технологиясини ишлаб чиқишдан иборат.

**Тадқиқотнинг вазифалари:**

портландцемент клинкери олишда хомашё сифатида сопол ишлаб чиқаришдаги композицион алюмосиликат чиқиндиларидан фойдаланишнинг ҳозирги ҳолатини таҳлил қилиш;

сопол чиқиндиларининг технологик хусусиятларини ўрганиш, уларнинг клинкер ва цемент қўшимчаларини ишлаб чиқариш учун меъёрий ҳужжатларда хомашёга қўйилган талабларга мувофиқлигини аниқлаш;

клинкер олишда сопол чиқиндиларидан хомашё сифатида фойдаланиб шакллантирилган композициялар асосидаги шламларини реологик хоссаларини, хом ашё композициясини таркибини танлаш орқали, уларни қуйдириш жараёнида реакцияга киришиш қобилятини ўрганиш ва клинкер олишни ҳароратини ва кимёвий-технологик параметрларини оптималлаштириш;

қуйдириб олинган клинкерлар ва улар асосидаги цементларнинг физик-кимёвий ва физик-механик хоссаларини ўрганиш;

портландцементнинг физик-механик хоссаларига фракцияланган сопол синиқлари таъсирини ўрганиш ва композицион цементлар таркибини оптималлаштириш;

«таркиб-структура -қотиш вақти-хосса» орсидеги ўзаро боғлиқлик қонуниятларини ўрнатиш;

портландцемент клинкери ва композицион портландцемент ишлаб чиқаришда сопол чиқиндиларидан комплекс фойдаланиш технологиясини ишлаб чиқиш;

портландцемент клинкери ва композицион портландцементини ишлаб чиқариш учун илмий-техник хужжатларни ишлаб чиқиш.

**Тадқиқотнинг объекти** бўлиб, сопол ишлаб чиқариш чиқиндилари, композицион хомашё аралашмалари ва улар асосидаги портландцемент клинкерлари, сопол синиқлари ишлатилган композицион портландцементлар ҳисобланади.

**Тадқиқотнинг предмети** бўлиб, клинкерларни синтез қилиш жараёнини ўрганиш, композицион портландцемент олиш ва уларнинг қотишида композитнинг шаклланиши ҳисобланади.

**Тадқиқотнинг усуллари.** Диссертация ишида дастабки материалларнинг технологик хоссаларини ўрганишда стандарт усуллардан фойдаланилган, композиция хомашёлар кимёвий таркибни ҳисоблаш ва уларни қуйдиришдаги физик-кимёвий жараёнларни ўрганиш, цементларнинг физик-механик ва физик-кимёвий хоссаларини, ҳосилаларнинг юзага келиши, уларнинг эволюцион йўналишини ва цемент композитининг шаклланишини кимёвий, рентгенофазавий таҳлил, ДТА ва электрон микроскоп усуллари қўллаб ўрганилган.

**Тадқиқотнинг илмий янгилиги** қуйидагилардан иборат:

тупроқли компонент сифатида сопол чиқиндиларидан фойдаланган ҳолда портландцемент клинкери олиш учун хомашё композицияларининг таркиблари ишлаб чиқилган;

«Майдаланган клинкер-сопол синиғи-гипс-сув» гетероген тизимни гидратланиш жараёнида янги ҳосилалар пайдо бўлиши ва эволюция йўналишини кузатиш орқали. шаклланган цемент композициясининг «таркиб-тузилиш-хосса» си ўртасидаги ўзаро корреляцион боғлиқлик аниқланган;

табiiй соз тупроқни (лесс) сопол чиқиндиларига алмаштирилганда хомашё аралашмаларнинг реакцияга киришиш қобиляти ошиши исботланган, уларни қуйдиришда минералларнинг ҳосил бўлиш жараёнининг хусусиятлари аниқланган;

сопол чиқиндиларидан фойдаланилганда хом ашё композициясини қуйдириш жараёнида клинкер минералларини анъанавий таркибдаги хом ашё аралашмаларига нисбатан паст температурада ҳосил бўлишининг тугалланиши асосланган;

клинкернинг кимёвий-минералогик таркиби ва структура тузилиши аниқланган, улар асосида олинган портландцементнинг гидравлик фаоллиги ПЦ400–Д20 маркага мос келиши исботланган;

сопол синиқларининг цемент учун фаол минерал қўшимча сифатида яроқлилиги исботланган, уларнинг иштирокида юқори даражада тўлдирилган портландцемент композицияларининг таркиби ва олиш технологияси ишлаб чиқилган;

гидратланиш жараёнининг физик-кимёвий хусусиятлари ва цементларнинг қотишида сунъий конгломератнинг микротузилиши шаклланиши билан цемент композитининг мустаҳкамлиги ўртасидаги ўзаро боғлиқлик аниқланган.

**Тадқиқотнинг амалий натижалари** қуйидагилардан иборат:

ноанъанавий хомашё – сопол ишлаб чиқариш композицион чиқиндиларидан хомашё сифатида фойдаланган холда, энергия тежамкор портландцемент клинкерлари олиш имконияти амалий исботланган;

зарур хом ашё материалларнинг сарфий меъёрлари ҳисоблаб чиқилган, хомашё композицияларини тайёрлаш учун таркиблар, уларнинг кимёвий ва технологик параметрлари ва портландцемент клинкери олиш учун куйдириш жараёни оптималлаштирилган;

20 %гача юқори ҳароратли клинкер таркибини ноанъанавий фаол минерал қўшимча-сопол синиғига алмаштириб ПЦ400-Д20 маркали композицион олинган;

сопол ишлаб чиқариш чиқиндиларидан комплекс фойдаланиб портландцемент клинкери ва композицион боғловчилар олиш технологияси ишлаб чиқилган.

**Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги** цемент таркибидаги фаол минерал қўшимча сифатида сопол синиқларининг фаоллигини стандарт усуллардан фойдаланиш, цементларнинг физик-механик хоссаларини ва синтез қилинган клинкернинг фаза таркиби, тузилиши ва хоссаларини физик-кимёвий ўрганишнинг замонавий усуллари, композицион боғловчини қотиш жараёнида «майдаланган клинкер-сопол синиқлари-гипс тоши-сув» тизимидаги ўрнатилган қонуниятлар илмий асосланганлиги билан изоҳланади.

**Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.** Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти, сопол чиқиндиларини тутган хомашё композицияларини куйдириб клинкер олиш жараёнининг тезлашишига ва клинкер минералларининг ҳосил бўлиши, композицион портландцементни қотишида структуранинг шаклланиш жараёнининг тезлашиши «таркиб-структура-мустаҳкамлик» корреляцион қонуниятларини ўрнатиш орқали илмий асосланган.

Тадқиқотнинг амалий аҳамияти, сопол чиқиндиларини клинкерни куйдириш учун табиий хомашё билан алмаштириш орқали соз тупрокни тежаш, айланма печларнинг маҳсулдорлигини ошириш ва куйдиришга сарфланадиган ёқилғи-энергия ҳаражатларини тежаш, композицион цемент ишлаб чиқаришда 20% юқори ҳароратда олинадиган қимматбаҳо клинкерни алмаштириш, клинкер ва цемент ишлаб чиқаришни кўпайтириш, уларнинг нархини арзонлаштириш, экологик вазиятни яхшилаш ва Ангрэн эркин иқтисодий зонаси аҳолиси ҳавфсизлигини таъминлашдан иборат.

**Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши.** Сопол чиқиндиларидан комплекс фойдаланган холда портландцемент клинкери ва композицион боғловчиларни олиш технологиясини ишлаб чиқиш бўйича олинган натижалар асосида:

«Цементлар учун қўшимчалар. Фаол маъданли қўшимчалар ва тўлдирувчи-қўшимчалар. Техникавий шартлар» Ўзстандарт агентлиги

томонидан тасдиқлаган (Oz DSt 901-98). Натижада, цемент заводларида сопол синиқларидан кўшимча сифатида фойдаланиб, цемент композицияларини ишлаб чиқиш имконини берган;

сопол синиқлари кўшилган композицион цемент ишлаб чиқариш таркиби «BAZIS»ҚК МЧЖда амалиётга жорий этилган («BAZIS»ҚК МЧЖнинг 2018 йил 27 сентябардаги 157-сон маълумотномаси). Натижада юқори ҳароратда олинадиган қимматбаҳо клинкерни тежаш ва композицион кўшимчали портландцементни саноат миқёсида ишлаб чиқариш имконини берган;

сопол синиқларини клинкер ишлаб чиқаришда тупроқли хомашё компоненти ва цементга фаол минерал кўшимча сифатида комплекс ишлатиш технологияси («Охангаронцемент» АЖда амалиётга жорий этилган. («Охангаронцемент» АЖнинг 2020 йил 7 августдаги 1-1/АГЦ-1414/20-сон маълумотномаси). Натижада саноат миқёсида клинкер ишлаб чиқаришда табиий сорзтупроқни ва композицион кўшимчали портландцемент ишлаб чиқаришда қимматбаҳо клинкерни тежаш имконини берган.

**Тадқиқот натижаларининг апробацияси.** Тадқиқот натижалари 8 та республика илмий-техник ва 3 та халқаро анжуманларда маъруза қилинган.

**Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши.** Диссертация мавзуси бўйича жами 15 та илмий иш чоп этилган. Шулардан Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг докторлик диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларда 4 та мақола, жумладан, 3 таси республика ва 1 таси хорижий журналларда нашр этилган.

**Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми.** Диссертация иши таркиби кириш, бешта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат бўлиб, 109 та бетни ташкил этган.

## ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

**Кириш** қисмида диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати асосланган, тадқиқотнинг мақсад ва вазифалари шакллантирилган, тадқиқотнинг объекти ва предмети аниқланган, тадқиқотнинг Ўзбекистон Республикаси фан ва технологияларни ривожлантиришнинг устувор йўналишларига мувофиқлиги аниқланган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилинган, уларнинг ишончлилиги асосланган, олинган натижаларнинг назарий ва амалий аҳамиятлари очиқ берилган, ишланманинг жорий қилинганлиги, тадқиқот апробацияси натижалари, чоп этилган ишлар ва диссертация тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг «**Жаҳон тажрибаси ва цемент саноатида термофаол алюмосиликат материаллардан фойдаланиш ҳолати**» деб номланган биринчи бобида диссертация мавзуси бўйича табиий ва техноген тавсифдаги алюмосиликатли хомашёдан фойдаланган ҳолда портландцемент клинкерини олиш технологияси нуктаи назаридан хорижий ва маҳаллий илмий изланишларнинг шарҳи келтирилган. Фаол минерал қўшимчаларнинг алтернатив турларини қўллаган ҳолда портландцементишлаб чиқариш ҳажмини ошириш, таннархини пасайтириш ва эксплуатация хоссаларини яхшилаш муаммолари кўриб чиқилган. Портландцемент клинкери ва қўшимчали қўшимчали цементларни олиш учун «Кулол» АЖ нинг сопол чиқиндиларидан комплекс хомашё сифатида фойдаланишнинг мақсадга мувофиқлиги назарий жиҳатдан асосланган.

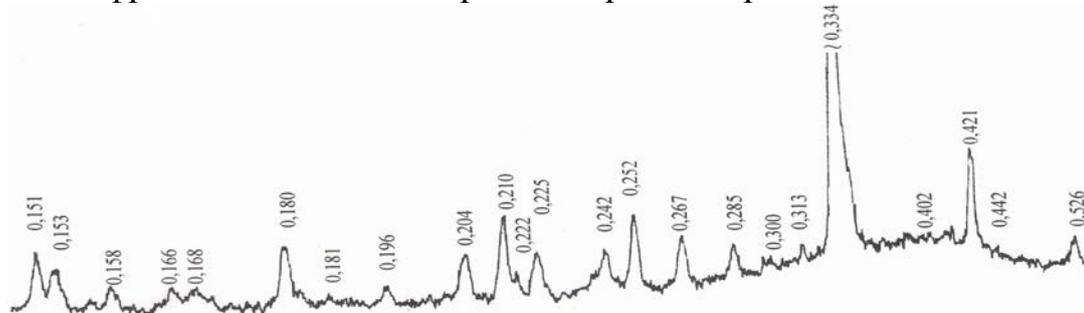
Диссертациянинг «**Дастлабки материалларнинг физик-кимёвий ва технологик хоссалари ва тадқиқот олиб бориш методикаси**» деб номланган иккинчи бобида клинкерни олиш учун хомашё композициясини шакллантиришда ва композицион портландцемент ишлаб чиқаришда фойдаланилган хом ашё материаллар - Карахтой оҳактоши, Шавазсой соз тупроқли суглинкалари, “Олмалик тоғ-металлургия комбинати” АЖ темирли куйиндиси, Карнаб гипс тоши, «Охангаронцемент» АЖнинг клинкери, «Кулол» АЖнинг сопол чиқиндиларининг кимёвий таркибларини аниқлаш натижалари келтирилган бўлиб, олинган натижалар 1-жадвалда келтирилган.

### 1-жадвал

#### Портландцемент клинкери олиш учун дастлабки материалларнинг кимёвий таркиблари

Намуналар номи	Оксидлар миқдори, масс. %								
	п.п.п	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	R <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	Σ
Карахтай оҳактоши	39,61	4,99	1,33	0,47	50,28	2,72	0,40	0,20	100
Шавазсой соз тупроғи	13,48	51,43	10,71	4,76	11,59	2,84	3,80	1,39	100
«Кулол» АЖнинг сопол чиқиндиси	0,74	64,31	24,60	2,52	1,40	1,01	4,03	1,39	100
“ОТМК” АЖ темирли куйиндиси	0,28	40,92	8,04	44,57	2,11	0,45	2,34	1,29	100
Карнаб гипс тоши	400°С 19,1	1,52	0,13	0,14	33,04	0,20	Прочие 2,41	43,46	100

1-расмда сопол ишлаб чиқаришдаги чиқиндининг дифрактограммаси келтирилган бўлиб, унга мувофиқ, сополни бирламчи куйдирилишидаги ҳосил бўлган кварцнинг  $d/n=(0,421; 0,334; 0,245; 0,223; 0,212; 0,197; 0,181; 0,166; 0,165)$  nm ва герцинит, мулит, анортит  $d/n=(0,526; 0,313; 0,300; 0,285; 0,267; 0,252; 0,225; 0,204; 0,180)$  nm кўринишли турли асосли кальций алюмосиликат ларнинг дифракцион жадалликлари тасвири келтирилган.



**1-расм. Сопол ишлаб чиқаришдаги чиқиндининг дифрактограммаси**

Ушбу бобда тажрибалар олиб бориладиган ускуналар ва усуллар тўғрисидаги маълумотлар ҳам келтирилган бўлиб, хомашё материаллар, клинкер ва композицион цементларнинг кимёвий таҳлили ГОСТ 5387-91 бўйича, уларнинг минералогик таркиблари рентгенофазавий таҳлил усулини қўллаб, сопол синиқларининг гидравлик фаоллиги Стюдент мезони ( $t$ -критерия) қиймати бўйича ГОСТ 25094 га мувофиқ, цементларнинг физик-механик хоссалари ГОСТ 310.3-76-ГОСТ 310.4-81 талаблари бўйича аниқланган, Сопол синиқарини тутган композицион ПЦни гидратлангандаги фаза таркиблари «ДРОН» русумли рентган курилмасида, уларнинг гидратланиш жараёнида пайдо янги бўдган ҳосилаларнинг эволютичи электрон микроскопда (РЭМ) аниқланган.

**«Сопол ишлаб чиқариш чиқиндиларини ишлатиб портландцемент клинкерини олиш технологиясини ишлаб чиқиш»** деб номланган учинчи бобида «Career Universal Trans» МЧЖ томонидан «Кулол» АЖнинг чиқиндихонасидан сопол чиқиндларни фракцияларга ажратиш схемаси, сопол синиқларини «Охангаронцемент» АЖ ва «BAZIS» МЧЖ ҚК га етказиб беришни ташкиллаштириш ҳақида ахборот берилган. Дастлабки материалларнинг кимёвий таркибига кўра (1-жадвал) умумкурилиш цемент клинкери учун хомашёлар аралашмалари куйидаги модул қийматларида ҳисобланди: Тўйиниш коэффиценти  $TK=0,90-0,93$ ;  $n=1,9-2,9$ ;  $p=0,9-1,9$  ва сульфатбардош цемент учун  $TK=0,88$ ;  $n=1,59-1,9$ ;  $p=0,9-1,9$ . Ҳисоблаб чиқилган янги хомашё композициясини таркибини «Охангаронцемент» АЖда ишлатилаётган хомашё аралашмасининг таркиби билан солиштирилганда, оптимал таркиб  $TK=0,90-0,93$ ;  $n=2,44-2,92$  ва  $p=1,3-1,9$  эканлиги аниқланди. 2 ва 3- жадвалларда хомашё аралашмаларининг миқдорий таркиблари ва улардан клинкернинг ҳисоблаб чиқилган минералогик таркиблари келтирилган бўлиб, уларнинг «Охангаронцемент» АЖда ишлатиладиган хомашё компонентлари (оҳактош, соз тупроқ ва темирсақловчи куюндилар) асосидаги аралашмалар

кўрсаткичларига мослиги, ва улар МХ (меъёрий хужжатлар) талабларига иувофиклиги боис, улардан сифатли ПЦ клинкерлар ишлаб чиқариш эҳтимоли юқорилиги бўйича хулоса чиқарилган. Янги таркибдаги хомашё композицияларининг деярли барчасида соз тупроқ батамомо (№6-8 таркиблар) ёки қисман композицион сопол чиқиндиларга (№1-5 таркиблар) (№ 9-11 таркиблар) алмаштирилиши мумкинлиги таъкидланди. Технологик хоссаларини аниқлаш учун 2,7,1-рақамли хом ашё композициялари асосидаги

## 2-жадвал

### Хомашё аралашмаларининг хақиқий таркиби

Модул кўрсаткичлари			Компонентлар миқдори, масс. %:			
TK	p	n	Оҳактош	Соз тупроқ	Темирли куйинди	Сопол чиқиндилари
0,92	2,53	1,3	79,87	17,40	2,73	-
0,93	2,44	1,2	80,07	16,74	3,19	-
0,93	2,52	1,3	80,09	17,19	2,72	-
0,92	2,92	1,9	79,96	19,17	0,87	-
0,90;	2,53	1,3	79,41	17,83	2,76	-
0,93	2,0	1,86	84,47	11,85	3,68	-
0,92	2,0	1,86	84,31	-	3,70	11,99
0,93	1,90	1,55	84,18	-	4,62	11,20
0,93	2,4	1,2	80,22	16,05	3,32	0,42
0,93	2,4	1,50	81,27	12,82	2,76	3,15
0,93	2,40	1,90	82,31	9,59	2,20	5,89
0,88	1,59	0,9	82,15	-	8,70	9,15
0,88	1,9	0,9	79,91	10,30	6,57	3,22
0,88	0,8	1,90	79,18	12,52	6,96	1,34

## 3-жадвал

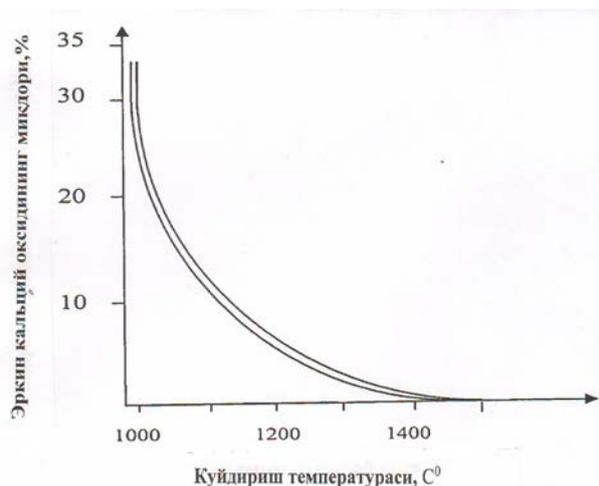
### Клинкерларнинг минералогик таркиблари

№ кл	Масса қисми, %					№ кл.	Масса қисми, %				
	C <sub>3</sub> S	C <sub>2</sub> S	C <sub>3</sub> A	C <sub>4</sub> AF	ж.ф.		C <sub>3</sub> S	C <sub>2</sub> S	C <sub>3</sub> A	C <sub>4</sub> AF	ж.ф.
1	59,51	16,15	6,40	11,14	28,18	8	58,23	13,35	9,91	12,51	33,38
2	61,30	14,18	5,82	11,95	28,60	9	61,14	14,14	5,89	12,10	28,86
3	61,54	14,23	6,36	11,08	28,05	10	60,85	14,04	7,93	10,59	29,00
4	60,42	16,39	8,51	7,76	26,05	11	60,55	13,93	9,96	9,08	29,14
5	55,37	20,06	6,47	11,27	28,45	12	47,12	22,10	4,57	20,27	37,83
6	58,56	13,41	11,31	10,69	32,50	13	48,90	23,02	3,96	17,60	33,92
7	56,61	15,22	11,41	10,73	32,67	14	49,06	23,13	2,58	18,64	33,84

шламлар танлаб олинди. Технологик кўрсаткичлари бўйича янги шламлар мос ва тенг оқувчанлиги (58-60 мм), №2 элакдан ўтказилганда кукунланиш майинлиги билан анъанавий хомашё компонентлари асосидаги шламларнинг кўрсаткичларига яқин: 1,70%, 1,85 ва 1, 90%. Шламларнинг намлиги мувофик бўлиб, 41,35-41,75% ни ташкил қилади. Бундан, портландцемент клинкери ишлаб чиқаришда табиий соз тупроқни қисман ёки батамом сопол ишлаб чиқариш чиқиндиларига алмаштириш мумкинлиги ҳақида хулоса қилинган.

Қурилган 2,7,11-сонли шламларнинг реакцияга киришиш қобиляти 1000, 1100, 1200, 1300, 1400, 1450<sup>0</sup>С ҳароратда 30 минут давомида куйдириб ўрганилди. Сўнгра куйган намуналар таркибидаги эркин кальций оксидининг

миқдори аниқланди. 11,99% сопол чиқиндили шлам ўзининг юқори реакцияга киришиш қобилияти билан ажралиб турди, уни куйдиришда эркин кальций оксиди тез ўзлаштирилди ва клинкер таркибидаги унинг қолдиқ миқдори 1400-1420<sup>0</sup>Сда (0,05-0,10) % ни ташкил этди (2-расм). Бу, куйдириш жараёнида янги хомашё композицияси таркибидага СаОни композицион сопол чиқиндилари таркибидаги реакцияга фаол гил тупроқ (глинозем) ва кумтупроқнинг (кремнезем) жадал кимёвий реакцияга киришиши қобилияти юқори юқорилиги билан изоҳланди.



**2-расм. Гил тупроқ ва сопол чиқинди асосидаги анъанавий хомашё аралашмасини куйдириш жараёнидаги эркин СаО ни ўзлаштириш кинетикаси**

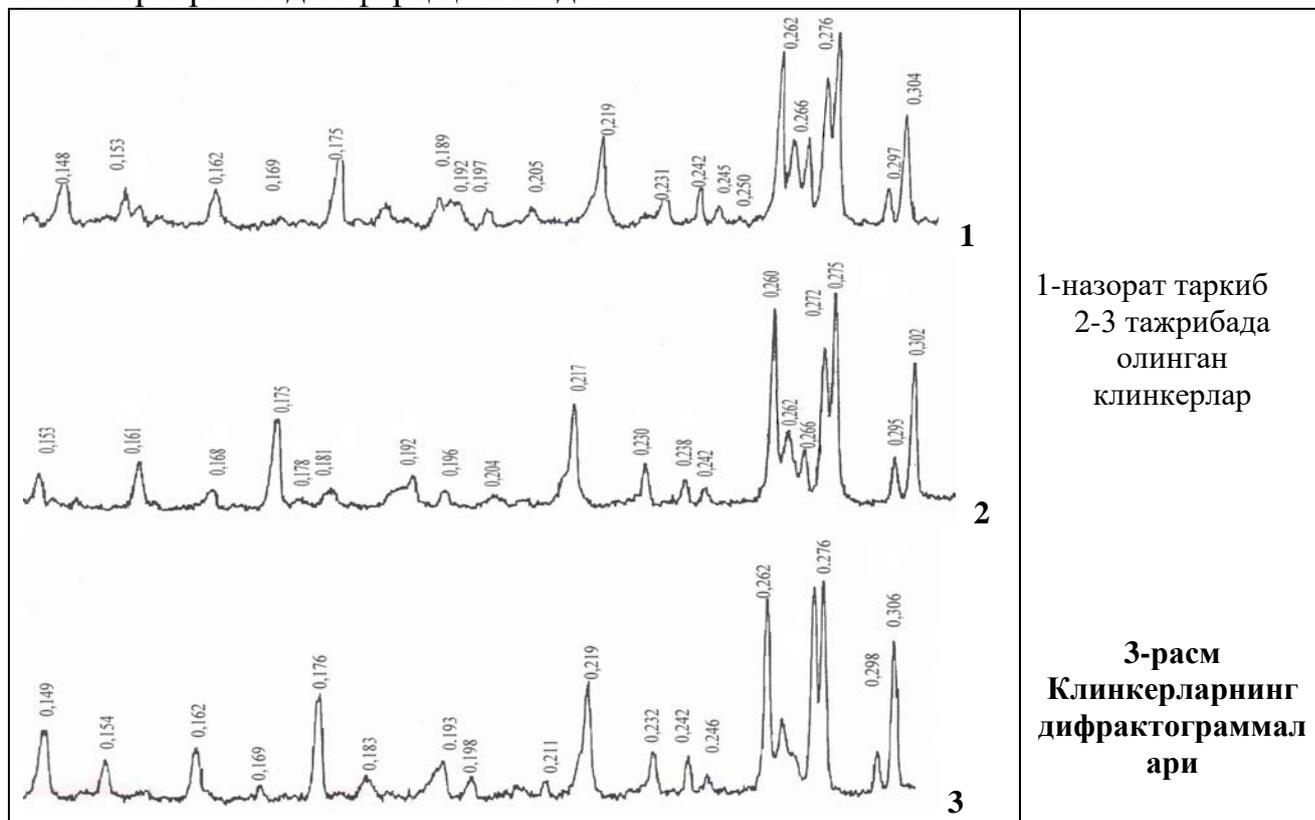
Анъанавий таркибли соз тупроқданн олинган намуналарни куйдириш учун тупроқ таркибидаги табиий минералларнинг сувсизланиши учун кўшимча иссиқлик харажатлари талаб қилинади. Реакцияга киришиш нуқтаи назардан, 11-сонли хом ашё композицияси оралиқ босқични эгаллайди, чунки унинг таркибида бир вақтнинг ўзида сопол чиқиндилари ва табиий соз тупроқ мавжуд. Синалаётган клинкерларининг ҳақиқий кимёвий таркиби ва ҳисобланган минералогик таркиби қийматлари бир-бирига яқин бўлиб, умумий қурилиш цементлари учун клинкерлари учун O'z DSt 2801:2013 талабларига жавоб беради (4-жадвал).

**4-жадвал**

**Тажриба клинкерларининг кимёвий ва минералогик таркиби**

Клинкер №	Оксидлар миқдори, масс. %							
	П.п.п.	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>	R <sub>2</sub> O
№ 2	0,10	21,10	4,60	3,95	64,00	4,10	0,95	1,20
№ 7	0,15	20,10	6,50	3,62	64,44	3,50	0,70	0,99
№ 11	0,15	20,65	5,50	2,80	64,20	4,25	1,00	1,45
Клинкерларнинг ҳисобланган минералогик таркиблари, масс. %								
№ 2	C <sub>3</sub> S = 63,34; C <sub>2</sub> S = 12,70; C <sub>3</sub> A = 5,49; C <sub>4</sub> AF = 12,00.							
№ 7	C <sub>3</sub> S = 60,34; C <sub>2</sub> S = 12,10; C <sub>3</sub> A=11,09; C <sub>4</sub> AF = 11,00.							
№ 11	C <sub>3</sub> S = 61,99; C <sub>2</sub> S = 12,43; C <sub>3</sub> A = 9,83; C <sub>4</sub> AF = 8,51.							

4-расмда куйдириб олинган клинкерларнинг дифрактограммасида куйидаги асосий клинкер фазалар акс этирилган:  $d/n=(0,298; 0,295; 0,278; 0,272; 0,260; 0,255; 0,241; 0,228; 0,218; 0,195; 0,191; 0,188; 0,181; 0,175; 0,161; 0,156; 0,147)$   $C_3S$  nm;  $C_2S$  ( $d/n=(0,288; 0,278; 0,272; 0,260; 0,228; 0,218)$  nm;  $d/n=(0,272$  да  $C_3A$   $0,191; 0,156)$  nm;  $d/n=(0,278; 0,263; 0,911)$   $C_4AF$  nm.  $d/n=(0,240$  ва  $0,169)$  nm бўлиб, улар анъанавий хом ашёлардан олинадиган клинкерларникидан фарқ қилмайди.



1-назорат таркиб  
2-3 тажрибада  
олинган  
клинкерлар

**3-расм**  
**Клинкерларнинг**  
**дифрактограммал**  
**ари**

Тажрибадаги клинкерлардан олинган цементларнинг тишлашиш вақти куйидагича бўлди: №6 ва №7-клинкерлардан олинган цементлар учун - бошланиши 2d 15 min ва 2d 25 min, тугаши - 3d 30 min ва 4d 35min. Уларнинг 28 суткалик қотишдан кейинги гидравлик фаоллиги 41,8-41,4 МПа ни ташкил этди, бу эса ГОСТ 10178-85 ва ГОСТ 30505-97 ларнинг ПЦ400-Д20 маркали портландцементга қўйган талабларига мос келади.

Цемент заводларига етказиш бериш учун сопол чиқиндиларини фракцияларга ажратиш технологик схемаси, табиий соз тупроқни тўлиқ ёки қисман сопол чиқиндиларига алмаштириб учун клинкер олиш учун технологик схема ишлаб чиқилди, 1 тонна клинкер учун сарфланадиган хомашё компонентларинг меъерий миқдорлари ҳисоблаб чиқилди ва «Охангароцемент» АЖда қўллаб, клинкер ишлаб чиқаришни ўзлаштириш учун тавсия берилди.

Диссертациянинг «Сопол чиқиндиларни ишлатиб боғловчи композиция олишнинг энерго- ва ресурстежамкор технологиясини ишлаб чиқиш» деб номланган тўртинчи боби фракцияга ажратилган сопол синиқларини портландцементнинг физик-механик хоссаларига таъсирини ўрганишга бағишланган. Сопол синиқларининг Стюдент критериясининг тажрибалар орқали аниқланган қиймати  $t= 21,21$  ни ташкил этганлиги, уни  $O'z$

DSt 901-98, 4.2 бандига мувофиқ меъёрланган 2,07 қийматдан юқорилигини кўрсатди. Бундан сопол синиқларини цемент олишда фаол минерал қўшимча сифатида ишлатиш мумкин деган хулосага чиқарилди. Сопол синиқлари билан қўшимчали цементлар олишни ўрганиш учун таркибида 75-85 % портландцемент клинкери, 10-20% сопол кошинлар синиғи ва 5% гипс тоши бўлган хомашё композициялари шакллантирилди. Солиштириш ишлари таркибида қўшимчалар бўлмаган ПЦ400-Д0 цементга нисбатан олиб борилди. Тайёрланган композицияларини зўлдирли тегирмонида лаборатория 50 минут давомида майдалаб тайёрланганда, 5 ва 10 % сопол синиқларини кўшиш олинаётган цементнинг майинлигига таъсир кўрсатмаслиги аниқланди. Уларнинг майинлиги № 008 рақамли элакдаги қолдиқ билан аниқланганда, сопол синиқли ва қўшимчасиз цементларники бир хил (10%) бўлиши кузатилди. Қўшимча миқдорини 20 % гача оширилганда боғловчи композицияларнинг №008 рақамли элакдан ўтказилгандаги майинлик даражаси 92% ни (қолдиқ 8%) ташкил этди. Таркибида 5-20% сопол синиқлари бўлган цементнинг сувга бўлган эҳтиёжи солиштирилаётган ПЦ-Д0га нисбатан 5-9%га юқорили бўлди ва тишлашиш муддатини бошланиши узайди (5-жадвал).

#### 5-жадвал

#### Сопол синиқларининг портландцементнинг физик-механик хассаларига таъсири

Цементларнинг белгиланиши	Цемент хамирининг нормал куюқлиги, %	Қотиш муддати, h - min		Букилишдаги ва сиқилишдаги мустаҳкамлик, МПа			
		Бошланиши	Тамом бўлиши	7 сут		28 сут	
				Эгилиш.	Сиқил.	Эгилиш	Сиқил.
ПЦ-Д0	25,70	3-20	5-00	5,6	21,4	6,2	40,2
ПЦ-Д5	27,00	5-45	6-30	5,9	22,7	6,5	41,9
ПЦ-Д10	27,00	5-35	6-10	6,0	24,0	6,7	42,8
ПЦ-Д20	28,00	5-25	6-10	5,3	23,0	6,7	41,5

Сопол синиқларини қўшимча сифатида қўлланиши ПЦнинг қотиш жараёнини, айниқса бошланиш вақтида, тезлаштиради. 7 суткадан сўнг уларнинг сиқилишдаги мустаҳкамлиги солиштирилаётган ПЦ-Д20га нисбатан 6-12% юқори бўлди. Худди шундай қонуният қўшимчали цементларнинг 28 суткада қотишида ҳам кузатилди. Сопол синиқлари миқдорига қараб, уларнинг сиқилишидаги гидравлик фаоллигига 41,9-42,8 МПа ни ташкил этди, бу эса ПЦ-Д0 нинг мустаҳкамлигидан юқори бўлиб, ГОСТ 10178 талабларига кўра 400 маркали цементга мос келади.

Қотаётган «клинкер-гипс-сув» тизимига турли хилдаги қўшимчаларнинг киритилиши портландцемент қотаётганда унинг гидратланиш тезлиги ва структура шаклланиш кинетикасини ўзгартиради. Сопол синиқларини цементга қўшганда алюмосиликат сақловчиларнинг ҳажми ортади, бу эса унинг гидратланиш тезлигида акс этади ва бирламчи ҳосилалар пайдо бўлишидан тортиб сунъий конгломератнинг шаклланишигача бўлган эволюция

жараённини ҳам ўзгартиради. Шу нуқтаи назардан, таркибида 20% сопол синиқлари бўлган цементнинг гидратланиш ва қотиш жараёнида ҳосилаларнинг эволюцион йўналишнинг ўзгариши кимёвий, рентгенфазавий таҳлил, ДТА ва электрон-микроскоп ёрдамида ўрганилди.

Сопол синиқларини қўшиш боғловчи композициянинг минерал қисмини сув билан таъсирлашиш жарёнини қотишнинг дастлабки муддатларида (3 суткагача) секинлаштиради. Бу, эҳтимол, сопол синиқларининг ўта майда зарралари клинкер дончаларини юзасини қоплаб олиб, уларни сув билан тез тўқнашувига халал бериши билан боғлиқдир. 7-суткга келиб ва ундан кейинги муддатларда (90 суткагача) сув боғланиши тезлашиб, натижада унинг намуналардаги миқдори кўшимчасиз портландцемент намуналариникидан юқори бўлди. Бу эса сопол синиқлари қўшилган боғловчи композицияда янги ҳосилаларнинг ҳам миқдори кўпайишига олиб келиб, цемент тошини зичлашувини ва мутаҳкамланишини таъминлайди (18-жадвал).

### 18-жадвал

#### Сопол синиқларининг композицион портландцемент қотаётганда сувни кимёвий боғлаш тезлигига таъсири

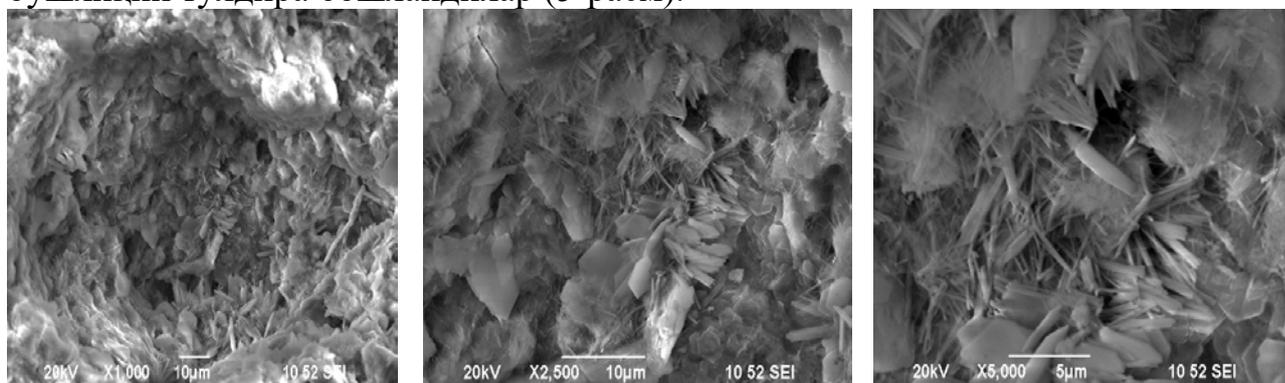
№	Композицион боғловчини белгиланиши	Гидратланиш муддатлари, сут				
		1	3	7	28	90
1	ПЦ400-Д0	13,29	13,43	12,41	12,87	14,27
2	ПЦ400- Д20КБ	10,31	12,31	13,38	14,14	15,55

Рентгенфазавий таҳлил натижаларига кўра, композицион портландцемент қотиш жаарёни цемент пастасида  $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 3\text{CaSO}_4\cdot 31\text{-}32\text{H}_2\text{O}$  - эттрингитнинг жадал ҳосил бўлиши билан кечади: 1 суткадан кейинок дифрактограммада унинг  $d/n=(0,955; 0,730; 0,538, 0,424)$  nm чизиқлари пайдо бўлиб, уларнинг ўлчами 21 суткагача катталашади ва кейин барқарорлашашди (9-расм). Бу эса кальций сульфатни гидролизланиши натижасида суюқ фазага ўтган  $\text{SO}^{2-}$  ионларини гидросульфоалюминатларга тўла боғланганлигидан далолат беради. Шу билан бирга композицион портландцементдаги клинкерни силикат минералларини гидролизланиш ва гидратланиш жараёни параллел равишда кечади ва буни вақт ўтиши билан  $\text{C}_3\text{S}$  и  $\text{C}_2\text{S}$  ( $d/n=0,302; 0,277; 0,262\text{.....}0,192$  nm) чизиқларини жадаллигини кескин камайиши кўрсатиб турибди. Бу эса, суюқ фазадаги  $\text{Al}^{3+}$  ва  $\text{SO}^{2-}$  ионлари боғланиб бўлгандан кейин силикат минералларини гидролизланиши ва  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  ажралиб чиқиши жадаллашиб,  $\text{Ca}^{2+}$  ионларини гидросиликатлар ивиқлари ҳосил бўлишига сарфланиши ва улардаги гидросиликатлар кристалланиши, натижада шаклланаётган цемент композитини аста-секин зичлашиши ва композицион боғловчи таркибидаги клинкер қисмининг 20%гача камайишига қарамай, унинг асосидаги композитнинг ПЦ400-Д0 портландцементникидан юқори мустаҳкамликка эга бўлишига олиб келди.

ДТА маълумотларига кўра, 1 сутка давомида қотгандан сўнг кўшимчали цементнинг 100-600<sup>0</sup> С оралиғидаги термик эгри чизиқларининг (122, 152, 180, 212, 288, 340, 360, 426, 458, 505<sup>0</sup>С) 9 та эндотермик максимумларида тўхташ

жараёнлари кўринди, бу эса гидратланиш тизимининг кўпфазали хусусиятидан далолат беради ва алюминат сақловчи гидрат боғловчиларнинг турли шаклларида молекуляр ва кристалланган сувни чиқариб ташлаш билан боғлиқдир. 600-800°C ораллиғидаги термик эгри чизиғида ҳосил бўлган кичкина эгрилик кальций гидросиликатининг мавжудлигидан далолат беради. 21 сутка қотган цемент намуналарининг эгри чизиғида сезиларли ўзгаришлар қайд этилмади, бу эса гидратланиш жараёнида янги ҳосилалар миқдори деярли ўзгармаганлигини билдиради. 28 суткали ва 3 ойлик қотган намуналарнинг термик эгри чизиқлари бир хил ва улар 1-21 сутка давомида қотган намуналарнинг ДТА сидан катта фарқ қилади, чунки термик эгри чизиқлар 14, 157 ва 503°Cда эркин ва кристалланган сувларни чиқишини тавсифловчи эндоэффектни кўрсатади ва бу уларнинг дисперс системадаги миқдорлари деярли ўзгармаганлигидан далолат беради. Шу ерда намуналарнинг термик эгри чизиғида 750 ва 880°C да кальций гидросиликатларнинг сувсизланиши ва структураси бузилиши бошланишидан далолат берувчи унча чуқур бўлмаган 2 та эндоэффектнинг ҳосил бўлиши кузатилди.

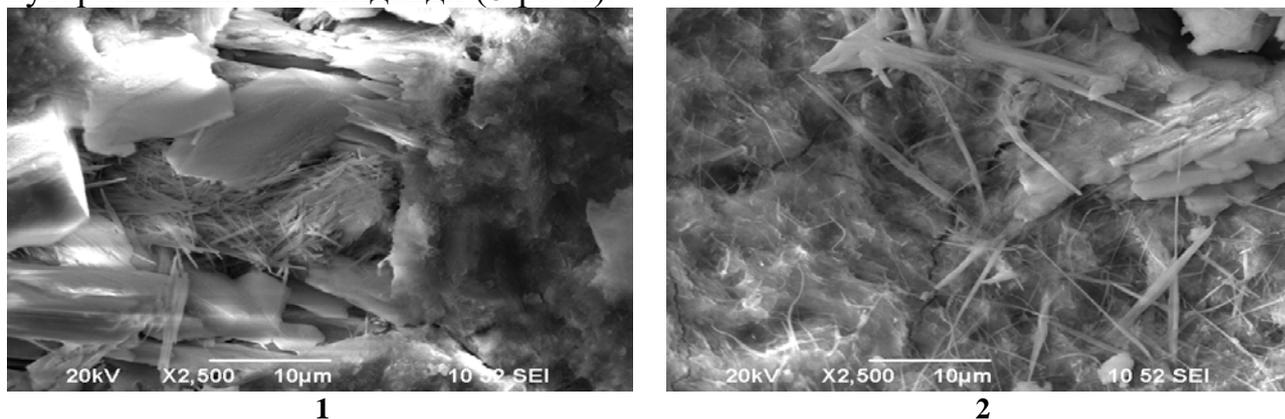
Композицион қўшимчали цементнинг гидратланишида ҳосилаларнинг пайдо бўлиши ва уларнинг эволюция йўналишни кузатилганда шу нарса аён бўлдики, сув билан аралаштирилгандан сўнг, тизимдаги таркибий қисмларининг кимёвий ўзаро таъсири кучаяди, натижада 1 сутка давомида клинкер зарралари юзасида эттрингитнинг сезиларли миқдордаги игнасимон кристаллари ҳосил бўлиб, улар турли йўналишларда ўсишни бошлайдилар ва қотгаётган цемент пастасининг ҳаво ғовақларини ва зарралари орасидаги бўшлиқни тўлдирди бошлайдилар (5-расм).



**5-расм. 1 суткадан кейинги қотган цемент композити синиқ юзасининг рельефи**

28-суткага келиб, цемент тошларининг синдириб олинган юзасида толасимон кристалл агрегатлар ва алоҳида блоклар ҳосил қилувчи  $5\text{CaO}\cdot 6\text{SiO}_2\cdot 5\text{H}_2\text{O}$  тоберморит туридаги кальций гидросиликатлари CSH (B) ва призма шаклидаги кристалларининг зич тахланганлиги, жипслашиб ва қатланиб пластинка ҳосил бўлиши кузатилди. Ушбу кристалл блоклари орасида толасимон (ипсимон) кристаллар ҳам жойлашган бўлиб, улар юзада ёпишиб, майда доналар улушини камайтиради, яъни клинкер минераллари заррачаларини бир-бири билан «тикиб» чиқади. Гидросиликат кристаллари ва уларнинг цементнинг ички ғовақларида жадаллик билан ўсиши ёриқларнинг пайдо бўлишига олиб келади, бу эса цемент композитининг деформацияланишига олиб келиши мумкин.

Лекин, гидросиликатларнинг қайта кристалланиш жараёни билан параллел равишда, давом этаётган гидратланиш ва суюқ фазанинг  $\text{Ca}^{+2}$  ионлари билан тўйиниши сабабли, кальций гидросиликатларнинг ҳосил бўлиши давом этади ва уларнинг полимерланиши кучайиши цемент композити структурасидаги гидросиликатларнинг жипслашишига ёрдам беради ҳамда ҳосил бўлган ёриқларни «ўз-ўзини даволаш» жараёни содир бўлади. Бу омил эса сопол синиқларининг қўшилиши, клинкер улушининг камайишига қарамай, цемент композитининг мустаҳкамлиги қўшимчасиз портландцементники даражасига кўтарилишини таъминдади (8-расм).



8-расм. Цемент композити синиқ юзасининг 28 кун (1) ва 3 ой муддатдан (2) кейинги рельефи

Шундай қилиб, «майдаланган клинкер-сопол синиғи-гипс тоши-сув» тизимидаги янги ҳосил бўлаётган ҳосилаларнинг эволюция йўналиши ўрганилиб, ПЦни майдалаш пайтида ушбу қўшимчанинг (5-20%) миқдорда киритилиши, цементнинг қотиш жараёнига ижобий таъсир кўрсатиши аниқланди. Янги ҳосилаларнинг ўзига хос ривожланиши туфайли цемент тошининг дастлабки склети ва кейинги структура шакллаиш жараёнининг жадал ўтиши туфайли, цемент композитининг зичлашув даражаси юқори бўлади ва натижада 28-кунга келиб унинг гидравлик фаоллиги (41,5-42,8) МПа ни ташкил этади, бу эса ГОСТ 10178-85 бўйича цементнинг ПЦ 400-Д20 маркасини таъминлайди.

Тадқиқот натижалари асосида портландцемент клинкери ва қўшимча цементларни ишлаб чиқаришда сопол чиқиндиларидан комплекс фойдаланиш бўйича технологик схема ва амалий тавсиялар ишлаб чиқилди.

**«Сопол чиқиндиларини цемент ишлаб чиқаришда комплекс ишлатиш технологиясининг самарадорлиги»** деб номланган бешинчи бобида «Охангаронцемент» АЖ дасопол чиқиндиларидан комплекс фойдаланиб портландцемент клинкери ва композицион қўшимчали портландцемент ишлаб чиқариш технологиясини амалга ошириш тўғрисидаги маълумотлар келтирилган. Сопол синиқларини етказиб берувчи меъёрий ҳужжатлар (МХ) тўплами ишлаб чиқилди ва улар сопол чиқиндилари тўпланган жойдан фойдаланиш бўйича барча ҳуқуқларга эга бўлган «CAREER UNIVERSAL TRANS» МЧЖга тақдим этилди. Хом ашё аралашмаси таркибидаги соз тупрокни қисман сопол чиқиндиларига алмаштириш орқали «Охангаронцемент» АЖда О'з DSt 2801:2013 «Портландцемент клинкери.

Техник шартлар» сифат талабларига жавоб берадиган портландцемент клинкерини серияли ишлаб чиқариш йўлга қўйилди. Тажириба клинкерлар барча технологик ва физик-механик кўрсаткичлари бўйича корхонанинг технологик регламенти талабларига жавоб беради.

Вақтинчалик технологик йўриқномага киритилган ўзгартириш ва қўшимчаларни ҳисобга олган ҳолда, 1 тонна композицион қўшимчали цемент ишлаб чиқариш учун материалларининг ҳисобланган сарфий меъёрига мувофиқ, ушбу корхонада 18% фракцияланган сопол синиқлари қўшиб олинган ва физик-механик хоссалари бўйича ГОСТ 101178 талабларига жавоб берадиган ПЦ400-Д20га маркали цемент ишлаб чиқариш технологияси жорий этилди.

## ХУЛОСАЛАР

1. Илмий-техник адабиётлар ва патентлар манбааларининг ахборот маълумотларини таҳлил қилиш асосида, портландцемент клинкери ва қўшимчали ва композицион қўшимчали цементлар ишлаб чиқаришда сопол ишлаб чиқариш чиқиндиларини хом ашё композицияси компоненти ва фаол минерал қўшимча сифатида комплекс равишда ишлатиш самарадорлиги назарий ва амалий асослаб берилди.

2. Сопол ишлаб чиқаришдаги куйдирилган чиқиндиларнинг кимёвий-минералогик таркиблари ва Стьюдент мезони қийматига асосланиб, гидравлик фаоллиги аниқланган ва ундан цементга фаол минерал қўшимча сифатида фойдаланиш бўйича тавсиялар ишлаб чиқилди.

3. Хомашё композицияларининг таркибида табиий соз тупроқни қисман ва тўлиқ сопол чиқиндиларига алмаштириб портландцемент клинкери куйдириб олишнинг технологик параметрлари оптималлаштирилди, клинкер ҳосил бўлиш жараёнининг ўзига хос хусусиятлари, клинкерларнинг фаза таркиби ва улар асосидаги цементларнинг хоссалари ўрганилди.

4. Сопол чиқиндилар иштирок этган хом ашё композицияларини куйдиришда, уларнинг таркибидаги фаол  $\text{SiO}_2$  ва  $\text{Al}_2\text{O}_3$  нинг  $\text{CaO}$  билан жадал реакцияга киришиши ҳисобига, клинкер минералларининг ҳосил бўлиш жараёнини нисбатан паст (1400-1420°C) ҳароратда олиб бориш тавсия этилди.

5. Янги турдаги композицион портландцементнинг 28-кунда эришилган натижаларни ҳисобга олган ҳолда, унинг гидравлик фаоллиги юқори бўлиши (40,1-41,8 МПа) ва маркаси қўшимчасиз цементникидан (М400) паст бўлмаслиги учун, 20% гача клинкерни сопол синиқларига алмаштириш тавсия этилди.

6. Портландцемент клинкери ва композицион қўшимча портланд цементларни ишлаб чиқаришда сопол ишлаб чиқариш чиқиндиларидан комплекс фойдаланиш бўйича ишлаб чиқилган технологик схемалар ва вақтинчалик технологик йўриқномалар амалиётда қўлланиш учун тавсия этилди.

7. Клинкер олиш учун хом ашё композицияси алюмосиликат компоненти ва қўшимчали портландцемент таркибида фаол минерал қўшимча сифатида сопол чиқиндиларидан комплекс фойдаланиш технологиясини цемент ишлаб чиқаришда саноат миқёсида қўллашга тавсия этилди.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.03/30.12.2019.К/Т.03.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ  
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИТАРНОГО  
ПРЕДПРИЯТИЯ «ФАН ВА ТАРАККИЁТ» ПРИ ТАШКЕНТСКОМ  
ГОСУДАРСТВЕННОМ ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ  
имени ИСЛАМА КАРИМОВА**

---

**ИНСТИТУТ ОБЩЕЙ И НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ АНРУЗ**

**БОТИРОВ БУРХОН БОБИРОВИЧ**

**РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНЫХ СОСТАВОВ И ТЕХНОЛОГИИ  
ПОЛУЧЕНИЯ ПОРТЛАНЦЕМЕНТНОГО КЛИНКЕРА И  
КОМПОЗИЦИОННЫХ ВЯЖУЩИХ НА ОСНОВЕ КЕРАМИЧЕСКИХ  
ОТХОДОВ**

02.00.07 – Химия и технология композиционных, лакокрасочных и резиновых  
материалов (технические науки)

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

**Ташкент – 2020**

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована под номером В2020.4.PhD/T1705 в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан.

Диссертация выполнена в институте общей и неорганической химии АНРУз.

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

**Научный руководитель:**

**Бегжанова Гулрух Бахтияровна**  
доктор технических наук, с.н.с.

**Официальные оппоненты:**

**Эминов Ашраф Мамурович**  
доктор технических наук, профессор

**Юнусов Миржалил Юсупович**  
доктор технических наук, профессор

**Ведущая организация:**

**Ташкентский архитектурно-строительный институт**

Защита диссертации состоится **«03» декабря 2020 года в 11<sup>00</sup> часов** на заседании научного совета DSc.03/30.12.2019.K/T.03.01 при ГУП «Фан ва тараккиёт» Ташкентского государственного технического университета имени Ислама Каримова (Адрес: 100174, г. Ташкент, ул. Мирзо Голиба 7а. тел.: (99871) 246-39-28; факс: (99871) 227-12-73; e-mail: fan va taraqqiyot@mail.ru, в здании ГУП «Фан ва тараккиёт», 2 этаж, зал конференций).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре ГУП «Фан ва тараккиёт» (Зарегистрированный номером № 27). (Адрес: 100174, г. Ташкент, ул. Мирзо Голиба, 7а. Тел. (99871) 246-39-28, факс: (+99871) 227-12-73).

Автореферат диссертации разослан «19» ноября 2020 года (протокол реестра №27 от 05 ноября 2020 г.).

**С.С. Негматов**

Председатель научного совета по  
присуждению учёных степеней, академик  
АНРУз, д.т.н., проф.

**М.Г. Бабаханова**

Ученый секретарь научного совета по присуждению  
учёных степеней, к.х.н., с.н.с.

**Н.Талипов**

Председатель научного семинара при научном  
совете по присуждению ученых степеней, д.т.н., с.н.с.

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована под номером В2020.4.PhD/T1705 в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан.

Диссертация выполнена в институте общей и неорганической химии АНРУз.

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

**Научный руководитель:**

**Бегжанова Гулрух Бахтияровна**  
доктор технических наук, с.н.с.

**Официальные оппоненты:**

**Эминов Ашраф Мамурович**  
доктор технических наук, профессор

**Юнусов Миржалил Юсуфович**  
доктор технических наук, профессор

**Ведущая организация:**

**Ташкентский архитектурный институт**

Защита диссертации состоится «03» декабря 2020 года в 11:00 часов на заседании научного совета DSc.03/30.12.2019.К/Т.03.01 при ГУП «Фан ва тараккиёт» Ташкентского государственного технического университета имени Ислама Каримова (Адрес: 100174, г. Ташкент, ул. Мирзо Голиба 7а. тел.: (99871) 246-39-28; факс: (99871) 227-12-73; e-mail: fan va taraqqiyot@mail.ru, в здании ГУП «Фан ва тараккиёт», 2 этаж, зал конференций).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре ГУП «Фан ва тараккиёт» (Зарегистрированный номером №27). (Адрес: 100174, г. Ташкент, ул. Мирзо Голиба, 7а. Тел. (99871) 246-39-28, факс: (+99871) 227-12-73).

Автореферат диссертации разослан «19» ноября 2020 года  
(протокол реестра №27 от 05 ноября 2020 г.).



**С.С. Негматов**  
Председатель научного совета по  
присуждению учёных степеней, академик  
АНРУз, д.т.н., проф.

**М.Г. Бабаханова**  
Ученый секретарь научного совета по присуждению  
учёных степеней, к.х.н., с.н.с.

**Н.Талицов**  
Председатель научного семинара при научном  
совете по присуждению ученых степеней, д.т.н., с.н.с.

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

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** На сегодняшний день мировая экологическая политика направлена на осуществление перехода от охраны отдельных элементов природы к всеобщей охране экологических систем, гарантированию оптимальных параметров среды обитания человека и гармонизации взаимосвязи с механизмами развития отраслей экономики по принципам «зелёной экономики». В этом аспекте особое значение имеет производство эффективных цементов на основе техногенных отходов.

В мире проводятся научно-исследовательские работы, направленные на совершенствование технологических процессов и природоохранной деятельности, которые являются уменьшение воздействия отходов на окружающую среду. В связи с этим повышение эффективности рационального и комплексного использования природных ресурсов путем модернизации и реконструкции производственных предприятий, внедрения экологически чистых и ресурсосберегающих технологий являются актуальной проблемой.

В республике проводятся ряд исследований по разработке высококачественных цементов и композиционных вяжущих с использованием техногенных отходов. В Стратегии действий развития экономики страны определены задачи «...развитие отраслей производства, модернизация и диверсификация промышленности, на практике применять способов малорасходных энергосберегающих технологий, развитие цементной промышленности, изготовление импортозамещающей и экспортоориентированной продукции»<sup>1</sup>. В этом аспекте комплексное использование отходов керамического производства, химический состав которых близок к химическому составу природных компонентов, создает возможность полноценной замены природных сырьевых материалов и выпуск клинкера и композиционных портландцементов по энерго- и ресурсосберегающей технологии.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в постановлениях и указах Президента Республики Узбекистана ПП № 3696 от 4 мая 2018 года «О дополнительных мерах по стабильному обеспечению внутреннего рынка цементом», ПП № 4335 «О дополнительных мерах по ускоренному развитию промышленности строительных материалов» от 23 мая 2019 года, № УП – 5368 от 30 октября 2019 года «Концепция охраны окружающей среды Республики Узбекистан до 2030 года», а также в других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

**Соответствия исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий в республике.** Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетными направлениями развития науки и технологий VII «Химические технологии и нанотехнологии».

---

<sup>1</sup>Указ Президента Республики Узбекистан № УП-4947 от 97.02.2017 г “Стратегия действий по пяти приоритетным направлениям развития Республики Узбекистан в 2017-2021 годах”.

**Степень изученности проблемы.** Научными исследованиями в области снижения энергоемкости производства клинкера и композиционных вяжущих на их основе с комплексным использованием новых видов природного и техногенного сырья занимались И.В. Кравченко, Т.В. Кузнецова, В.В. Тимашев, С.М. Канцпольский, М.Г. Гулямов, V.S. Ramachandran, А.П. Осокин, А.А. Пашенко, Л.М. Шпынова, Л.Я. Гольдштейн, Т.А. Атакузиев, М.И. Искандарова, Б.Т. Таймазов, L.R. Castello, K.L. Scrivener, Я.Б. Якимечко, М.А. Саницкий, Х.С. Соболев, Б.И. Нудельман, М.Я. Бикбау, З.П. Пулатов, А.А. Тулаганов, Ф.Б. Атабаев, З.Р. Рахимов, Г.Б. Бегжанова, Е.Ю. Ермилова, З.А. Камалова, K.L. Scrivener, A. Nonut и др.

Исходя из анализа существующих работ, необходимо отметить, что с развитием отраслей экономики, производящих основную продукцию, в качестве попутно добываемого сырья и минеральных отходов образуются многотоннажные вторичные сырьевые материалы, пригодность которых к применению и переработке в промышленности строительных материалов не изучены. В связи с этим разработка технологии получения портландцементного клинкера и композиционных вяжущих с использованием техногенных отходов ещё далеки от своего завершения. Решению этих проблем и посвящена настоящая диссертационная работа.

**Связь темы диссертации с научно-исследовательскими работами, где выполнена работа.** Диссертационное исследование выполнено в соответствии с планом научно-исследовательских работ Института общей и неорганической химии АН РУз, а также ООО «Science investment» в рамках инновационного проекта И-2017-7-21 «Освоение технологии получения широкого ассортимента строительных материалов с комплексным использованием отходов керамического производства» (2017-2018 гг.).

**Целью исследования** является разработка технологии получения портландцементного клинкера и композиционных вяжущих с комплексным использованием керамических отходов.

**Задачи исследования:**

анализ современного состояния использования алюмосиликатных композиционных отходов керамического производства в качестве сырья портландцементного клинкера;

изучение технологических свойств отходов керамического производства с определением их соответствия требованиям, предъявляемым нормативных документов на сырье для производства клинкера и добавки в цемент;

оптимизация температуры обжига и химико-технологических параметров получения клинкеров путем исследования реологических свойств шламов на основе сырьевых композиций, содержащих керамические отходы, выбора их состава и исследование реакционной способности при обжиге;

изучение физико-химических и физико-механических свойств синтезированных клинкеров и цементов на их основе;

исследование влияния фракционированного керамического боя на физико-механические свойства портландцемента и оптимизация состава композиционных портландцементов;

установление закономерностей корреляционной зависимости «состав-структура-время твердения-свойство»;

разработка технологии комплексного использования отходов керамического производства при производстве портландцементного клинкера и добавочных цементов;

разработка научно-технических документов для производства портландцементного клинкера и композиционных портландцементов.

**Объектом исследования** являются композиционные отходы керамического производства, сырьевые композиции и портландцементные клинкеры на их основе, композиционные портландцементы с использованием керамического боя.

**Предметом исследования** являются исследование процессов синтеза клинкеров, получение композиционных портландцементов и формирование цементного композита при их твердении.

**Методы исследования.** В диссертационной работе использованы стандартные методы изучения технологических свойств исходных материалов, расчета состава и физико-химического исследования процессов обжига сырьевых композиций, физико-механических свойств цементов, маршрута эволюции и формирования цементного композита с применением химического, рентгенофазового анализов, ДТА и электронной микроскопии.

**Научная новизна исследования** заключается в следующем:

разработаны составы сырьевых смесей для получения портландцементного клинкера с использованием в качестве глинистого компонента отходов керамического производства;

путем наблюдения за эволюционным маршрутом возникновения модифицированной структуры при гидратации гетерогенной системы «молотый клинкер-керамический бой-гипс-вода», определено корреляционной зависимость «состав-структура-свойство» формирующегося цементного композита;

доказана высокая реакционная способность сырьевых композиций при замене природного лесса на отходы керамического производства, выявлены особенности минералообразовательных процессов при их обжиге;

определен фактор снижения температуры обжига клинкера во взаимосвязи с химико-минералогическим составом отходов керамического производства и завершения минералообразования при относительно низких температурах, чем в шихтах традиционного состава;

определены химико-минералогические составы и структурное строение клинкеров, доказано соответствие гидравлической активности цементов на их основе марке портландцемента ПЦ400–Д20;

доказана пригодность керамического боя в качестве активной минеральной добавки для цемента, разработаны высоконаполненные составы и технология получения портландцементных композиций с его использованием;

выявлены физико-химические особенности процессов гидратации и научно обоснована взаимосвязь между формированием микроструктуры искусственного конгломерата и прочности цементного композита.

**Практические результаты исследования** заключаются в следующем:

доказана практическая возможность получения портландцементного клинкера с использованием нетрадиционного сырья - композиционных отходов керамического производства;

рассчитаны нормы расхода использованных сырьевых материалов, разработаны составы для приготовления сырьевых композиций, оптимизированы химико-технологические параметры и процесса обжига клинкера на их основе;

получено композиционное вяжущее марки ПЦ400-Д20 путем до 20 % замены высокотемпературного клинкера на нетрадиционное сырье – керамический бой;

разработана технология получения портландцементного клинкера и композиционных вяжущих путем комплексного использования отходов керамического производства.

**Достоверность результатов исследования** обоснована применением стандартных методов определения активности керамического боя в качестве активной минеральной добавки в цемент, физико-механических показателей цементов и современных методов физико-химического исследования фазового состава, структуры и свойств синтезированных клинкеров, формирования структуры твердеющей системы «молотый клинкер - отход керамического производства - гипсовый камень - вода».

**Научная и практическая значимость результатов исследования.**

**Научная значимость** исследований заключается в физико-химическом обосновании влияния керамических отходов на интенсификацию процесса обжига и образования клинкерных минералов при обжиге сырьевых смесей, в научном обосновании ускорении процесса формирования структуры и набора прочности при твердении модифицированных керамическим боем портландцементов путем установлении закономерностей корреляционной зависимости «состав-структура-прочность».

**Практическая значимость** исследований заключается в экономии природного лесса при обжиге клинкера за счет его замены керамическими отходами, повышении производительности вращающихся печей и экономии затрат топливно-энергетических затрат на обжиг клинкера, в замене до 20% дорогостоящей клинкерной составляющей при выпуске композиционных портландцементов, увеличении объема выпуска клинкера и цемента, снижении их себестоимости, улучшении экологической обстановки и обеспечении безопасной жизнедеятельности населения Ангренской свободной экономической зоны.

**Внедрение результатов исследования.** На основе полученных результатов по разработке технологии получения портландцементного клинкера и композиционных вяжущих с комплексным использованием керамических отходов:

определено соответствие технологических показателей керамических отходов требованиям (Oz DSt 901-98) «Добавки для цементов. Активные минеральные добавки и добавки-наполнители. Технические условия». В результате появилась возможность комплексного использования керамических отходов на цементных заводах республики;

внедрен на СП ООО «BAZIS» состав композиционного цемента с использованием керамического боя (справка СП ООО «BAZIS» 157 от 27 сентября 2018 года). В результате появилась возможность экономии природного лесса при производстве портландцементного клинкера и высокотемпературного дорогостоящего клинкера при выпуске композиционных портландцементов.

внедрена в практику на АО «Ахангаранцемент» технология комплексного использования керамических отходов в качестве глинистого компонента сырьевых композиций и активной минеральной добавки в цемент (справки АО «Ахангаранцемент» 1-1/АГЦ-1414/20 от 7 августа 2020 года). В результате появилась возможность экономии природного лесса при производстве портландцементного клинкера и высокотемпературного дорогостоящего клинкера – при получении композиционных портландцементов в промышленном масштабе;

**Апробация результатов исследования.** Результаты исследования доложены на 8 республиканских научно-технических и 3 международных конференциях.

**Опубликованность результатов исследования.** По теме диссертации опубликовано всего 15 научных работ. Из них 4 научные статьи, в том числе 3 статьи в республиканских и 1 в зарубежных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов докторских диссертаций.

**Структура и объем диссертации.** Диссертационная работа изложена на 109 страницах и состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованной литературы и приложений.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

**Введении** обоснована актуальность и востребованность темы диссертации, сформулированы цель и задачи, выявлены объект и предмет исследования, определено соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан, изложены научная новизна и практические результаты исследования, обоснована их достоверность, раскрыты теоретические и практические значимости полученных результатов, приведены результаты внедрений разработок, результаты апробации работы, сведения по опубликованным работам и структуре диссертации.

В первой главе диссертации **«Мировой опыт и состояние применения термоактивированных алюмосиликатных материалов в цементной промышленности»** приводится обзор зарубежных и отечественных научных исследований по теме диссертации в плане технологии получения портландцементного клинкера с использованием алюмосиликатных сырьевых ресурсов природного и техногенного происхождения, рассмотрены проблемы увеличения объема, снижения себестоимости и улучшения эксплуатационных свойств портландцемента за счет применения альтернативных видов активных минеральных добавок. Теоретически обоснована целесообразность использования отходов керамического производства АО «Кулол» в качестве комплексного сырья при получении портландцементного клинкера и добавочных цементов.

Анализ научно-технической и патентной информации показал, что из отходов керамического производства наибольшей популярностью обладают отходы производства керамического кирпича, из которых делают заполнители для бетонов и наполнители для цемента и цементных растворов. В научно-технической литературе отсутствует информация об использовании керамического боя в виде отходов керамических плит и других изделий в цементной промышленности. Вместе с тем, химический состав боя керамического производства близок к химическому составу природных компонентов (лессовидного суглинка, супесей, глин, каолинов, сланцев и т.п.), что создает возможность полноценной их замены при выпуске портландцементного клинкера. Химико-минералогический состав боя керамического производства выгодно отличается от такового природных глинистых компонентов, поскольку в нем присутствуют активные алюмосиликаты кальция и другие минералы. В минералогическом составе природных глинистых компонентов преобладают водные алюмосиликаты, сульфаты и карбонаты кальция, при термообработке которых необходимы существенные тепловые затраты на процессы удаления гидратной влаги, дегидратации и декарбонизации, поэтому использование керамических отходов наиболее выгодно в такой энергозатратной отрасли, как производство портландцементного клинкера. При этом, эффективность их использования определяется тем, что кремнезем и глинозем, находящиеся в их составе в высокореакционном состоянии, в процессе обжига сырьевой смеси интенсивно вступают в химическое взаимодействие с свободным оксидом кальция, что

способствует ускорению образования клинкерных минералов при меньших затратах тепла. Такое же поведение керамические отходы проявляют при добавке в портландцемент, интенсивно поглощая известь, выделяющуюся при гидролизе  $C_3S$ , связывая ее в водонерастворимые гидратные соединения, обеспечивают высокие физико-механические и эксплуатационные свойства цементного камня при пониженном расходе клинкерной составляющей.

Во второй диссертации главе «**Физико-химические и технологические свойства исходных материалов и методика проведения исследований**» приведены результаты определения химико-минералогического состава сырьевых материалов, использованных при формировании сырьевых композиций для обжига клинкера и получения добавочных цементов: известняка Карахтайского, глинистых суглинков Шавазсайского, гипсового камня Карнабского месторождений, клинкера АО «Ахангаранцемент», огарков АО «АГМК» и керамических отходов с отвала АО «Кулол», химические составы которых приведены в таблице 1.

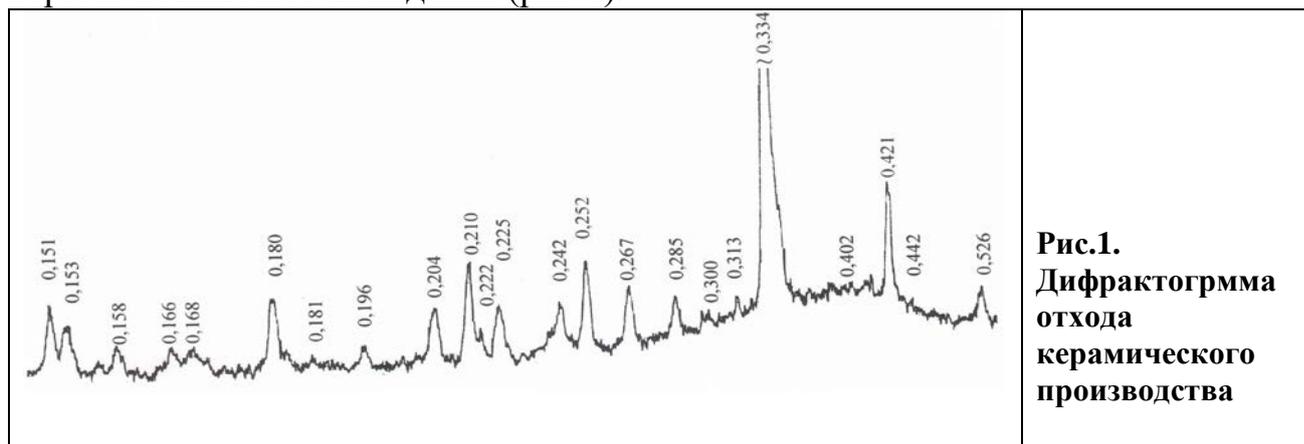
**Таблица 1**

**Химический состав исходных материалов для синтеза  
портландцементного клинкера**

Наименование проб	Содержание оксидов, масс. %								
	п.п.п	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	R <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	Σ
Известняк Карахтайского месторождения	39,61	4,99	1,33	0,47	50,28	2,72	0,40	0,20	100
Лессовидные суглинки Шавазсайского месторождения	13,48	51,43	10,71	4,76	11,59	2,84	3,80	1,39	100
Керамические отходы АО «Кулол»	0,74	64,31	24,60	2,52	1,40	1,01	4,03	1,39	100
Железосодержащие огарки АГМК	0,28	40,92	8,04	44,57	2,11	0,45	2,34	1,29	100
Гипсовый камень Карнабского месторождения	19,1 при 400°С	1,52	0,13	0,14	33,04	0,20	Прочие 2,41	43,46	100

Дифрактограмма отхода керамического производства обнаруживает интенсивные отражения кварца  $d/n=(0,424; 0,334; 0,245; 0,223; 0,212; 0,197; 0,181; 0,166; 0,165)$  nm и разноосновных алюмосиликатов кальция типа герцинита, муллита, анортита с  $d/n=(0,526; 0,313; 0,300; 0,285; 0,267; 0,252;$

0,225; 0,204; 0,180) nm, образовавшихся в процессе первичного обжига керамических масс на изделия (рис.1).



**Рис.1.**  
Дифрактограмма  
отхода  
керамического  
производства

В этой главе приведена также информация об оборудовании и методах исследований, использованных при проведении экспериментов. Химические составы исходных материалов, клинкеров и цементов с керамическим боем определены по ГОСТ 5382-91, их минералогические составы – методом рентгенофазового анализа, гидравлическая активность керамического боя по критерию Стьюдента (t-критерия) определялась по ГОСТ 25094, физико-механические свойства бездобавочных цементов и цементов с добавкой керамического боя изучали по методикам ГОСТ 310.3-76 и ГОСТ 310.4-81, оценка их качественных показателей – в соответствии требованиями ГОСТ 10178. Фазовые составы ПЦ с керамическим боем определены на рентгеновской установке «ДРОН-2». Маршрут эволюции новообразований исследован на электронном микроскопе (РЭМ).

В третьей главе, озаглавленной «**Разработка технологии получения портландцементного клинкера с использованием отходов керамического производства**» представлена информация о разработанной схеме разделения керамических отходов на фракции, которую ООО «Career Universal Trans» организовало прямо на отвале АО «Кулол», которое в последствии поставку керамического боя осуществило на АО «Ахангаранцемент» и ИП ООО «BAZIS». Исходя из химического состава исходных материалов (см.табл.1), рассчитаны составы сырьевых смесей для клинкеров на общестроительный цемент при следующих заданных значениях модульных характеристик:  $KH=0,90-0,93$ ;  $n= 1,9-2,9$ ;  $p=0,9-1,9$  и для сульфатостойкого цемента при  $KH=0,88$ ;  $n=1,59-1,9$ ;  $p=0,9-1,9$ . Для сопоставления расчетных данных и результатов испытаний рассчитаны составы сырьевых смесей и клинкеров на основе сырьевых компонентов, используемых на АО «Ахангаранцемент» при  $KH=0,90-0,93$ ;  $n= 2,44-2,92$  и  $p=1,3-1,9$ . Вещественные составы сырьевых смесей и расчетные минералогические составы клинкеров из них приведены в таблицах 2 и 3.

Таблица 2

## Вещественный состав сырьевых смесей

Значения параметров			Соотношение компонентов, масс. %:			
<i>КН</i>	<i>p</i>	<i>n</i>	известняк	лесс	огарки	керамические отходы
0,92	2,53	1,3	79,87	17,40	2,73	-
0,93	2,44	1,2	80,07	16,74	3,19	-
0,93	2,52	1,3	80,09	17,19	2,72	-
0,92	2,92	1,9	79,96	19,17	0,87	-
0,90;	2,53	1,3	79,41	17,83	2,76	-
0,93	2,0	1,86	84,47	11,85	3,68	-
0,92	2,0	1,86	84,31	-	3,70	11,99
0,93	1,90	1,55	84,18	-	4,62	11,20
0,93	2,4	1,2	80,22	16,05	3,32	0,42
0,93	2,4	1,50	81,27	12,82	2,76	3,15
0,93	2,40	1,90	82,31	9,59	2,20	5,89
0,88	1,59	0,9	82,15	-	8,70	9,15
0,88	1,9	0,9	79,91	10,30	6,57	3,22
0,88	0,8	1,90	79,18	12,52	6,96	1,34

В соответствии с данными табл. 2, на основе композиционных отходов керамического производства и сырьевых компонентов, используемых на АО «Ахангаранцемент» (известняка, лесса и железосодержащих огарков), возможно производство ПЦ клинкеров, полностью соответствующих требованиям НД. Кондиционные сырьевые смеси могут быть получены как при полной (составы № 6-8), так и частичной замене глинистого компонента (составы № 9-11) на керамический бой (составы № 1-5). Для определения технологических свойств отобраны шламы № 2; 7; 11. Установлено, что по технологическим параметрам испытываемые шламы идентичны и при равной растекаемости (58-60 mm) тонкости измельчения по остатку на сите № 02 шлама из традиционных сырьевых компонентов и шламов с керамическим боем имеют близкие значения: 1,70%; 1,85 и 1,90% соответственно. Фактическая влажность шламов также идентична и составляет (41,35-41,75)%. Исходя из этого сделано заключение о возможности частичной или полной замены природного глинистого сырья (лесса) на отходы керамического производства при производстве портландцементных шламов без ухудшения размоляемости шламов при близкой их водопотребности.

## Минералогический состав клинкеров

Массовое содержание, %					№ кл.	Массовое содержание, %				
C <sub>3</sub> S	C <sub>2</sub> S	C <sub>3</sub> A	C <sub>4</sub> AF	ж.ф.		C <sub>3</sub> S	C <sub>2</sub> S	C <sub>3</sub> A	C <sub>4</sub> AF	ж.ф.
59,51	16,15	6,40	11,14	28,18	8	58,23	13,35	9,91	12,51	33,38
61,30	14,18	5,82	11,95	28,60	9	61,14	14,14	5,89	12,10	28,86
61,54	14,23	6,36	11,08	28,05	10	60,85	14,04	7,93	10,59	29,00
60,42	16,39	8,51	7,76	26,05	11	60,55	13,93	9,96	9,08	29,14
55,37	20,06	6,47	11,27	28,45	12	47,12	22,10	4,57	20,27	37,83
58,56	13,41	11,31	10,69	32,50	13	48,90	23,02	3,96	17,60	33,92
56,61	15,22	11,41	10,73	32,67	14	49,06	23,13	2,58	18,64	33,84

Реакционную способность образцов из высушенных шламов № 2; 7; 11 изучали путем их обжига при температуре 1000; 1100; 1200; 1300; 1400; 1450<sup>0</sup>С с экспозицией в течение 30 мин с последующим отбором продуктов обжига и определением в них содержания свободного оксида кальция (рис.3).

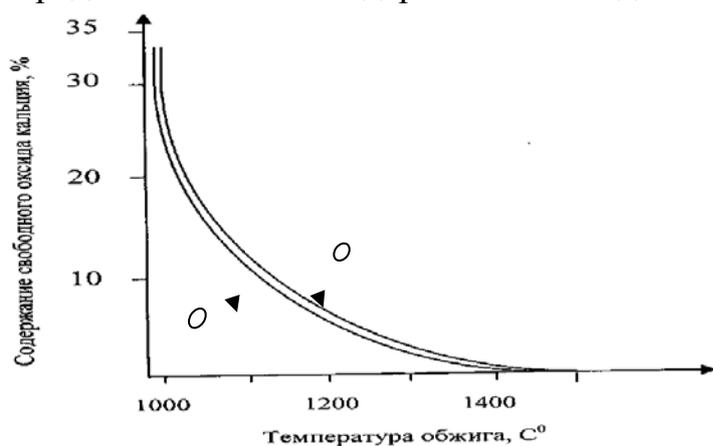


Рис. 3. Кинетика усвоения CaO<sub>св</sub> в процессе обжига традиционной сырьевой смеси на основе лесса (1) и керамического отхода (2)

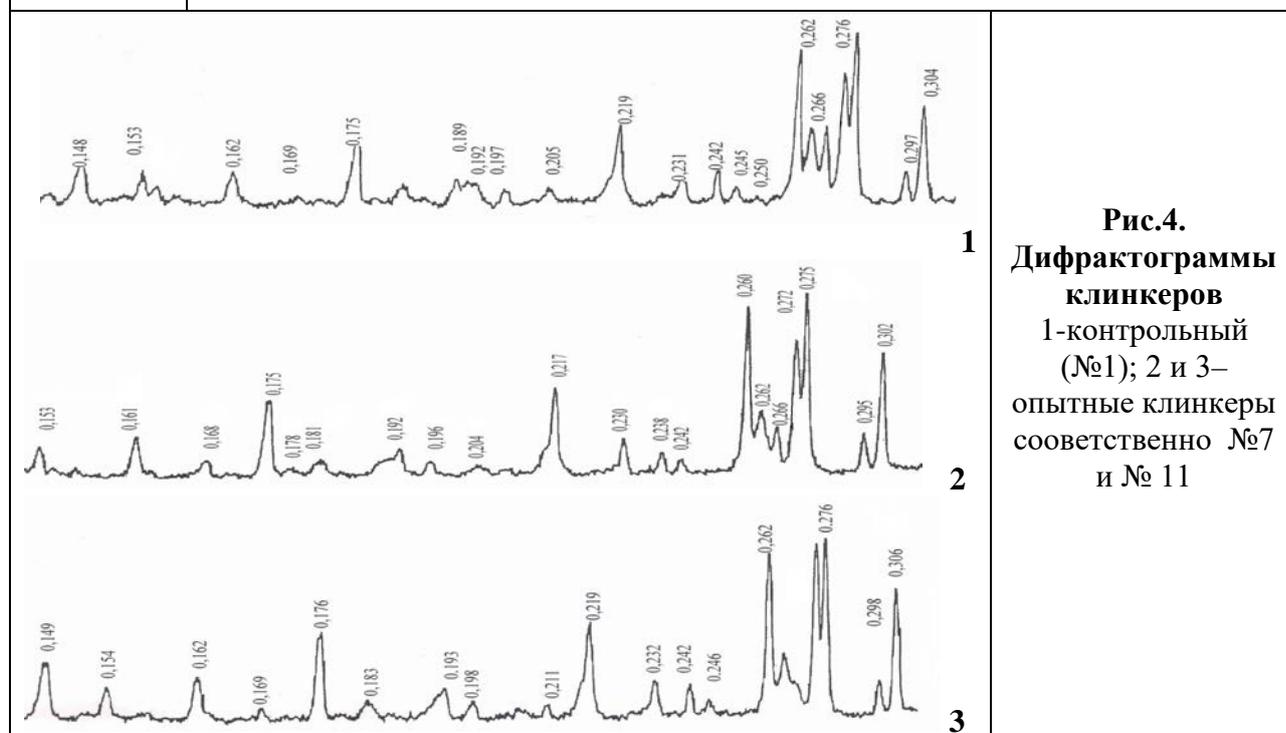
Образцы из шлама, с содержащего 11,99% керамического отхода, отличается более высокой реакционной способностью, усвоение свободного оксида кальция при их обжиге с остаточным его содержанием в клинкере (0,05-0,10) % заканчивается при температуре 1400-1420<sup>0</sup>С. Это объясняется присутствием в керамических отходах алюмосиликатных соединений (глинозема и кремнезема) с высокой реакционной способностью, способных в процессе обжига новых сырьевых композиций интенсивно вступать в химическое взаимодействие с CaO. Для обжига же образцов из шлама традиционного состава требуется дополнительные первоначальные значительные тепловые затраты на процессы дегидратации природных минералов, присутствующих в лессе. По реакционной способности шлам № 11 занимает промежуточное положение, так как в его вещественном составе одновременно присутствуют керамические отходы и природный глинистый компонент - лесс. Фактический химический состав и расчетный

минералогический составы опытных клинкеров близки к расчетным значениям и соответствуют требованиям, предъявляемым O'z DSt 2801:2013 к клинкерам для общестроительных цементов (табл.4).

**Таблица 4**

**Химический и минералогический состав опытных клинкеров**

№ клинкера	Содержание оксидов, масс. %							
	П.п.п.	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>	R <sub>2</sub> O
№ 2	0,10	21,10	4,60	3,95	64,00	4,10	0,95	1,20
№ 7	0,15	20,10	6,50	3,62	64,44	3,50	0,70	0,99
№ 11	0,15	20,65	5,50	2,80	64,20	4,25	1,00	1,45
Расчетный минералогический состав клинкеров, масс. %								
№ 2	C <sub>3</sub> S = 63,34; C <sub>2</sub> S = 12,70; C <sub>3</sub> A = 5,49; C <sub>4</sub> AF = 12,00.							
№ 7	C <sub>3</sub> S = 60,34; C <sub>2</sub> S = 12,10; C <sub>3</sub> A=11,09; C <sub>4</sub> AF = 11,00.							
№ 11	C <sub>3</sub> S = 61,99; C <sub>2</sub> S = 12,43; C <sub>3</sub> A = 9,83; C <sub>4</sub> AF = 8,51.							



**Рис.4.**  
Дифрактограммы клинкеров  
1-контрольный (№1); 2 и 3—опытные клинкеры соответственно №7 и № 11

В соответствии с данными рис. 4, на дифрактограммах синтезированных клинкеров отмечены отражения основных клинкерных фаз: C<sub>3</sub>S с d/n=(0,298; 0,295; 0,278; 0,272; 0,260; 0,255; 0,241; 0,228; 0,218; 0,195; 0,191; 0,188; 0,181; 0,175; 0,161; 0,156; 0,147) nm; C<sub>2</sub>S (d/n=(0,288; 0,278; 0,272; 0,260; 0,228; 0,218) nm; C<sub>3</sub>A при d/n=(0,272; 0,191; 0,156) nm; C<sub>4</sub>AF с d/n=(0,278; 0,263; 0,191) nm. Выявленные слабой интенсивности линии при d/n=(0,240 и 0,169) nm свидетельствуют о наличии небольшого количества CaO<sub>св.</sub>.

Цементы, полученные из опытных клинкеров, характеризуются сроками схватывания: начало 2d 15 min и 2d 25 min, конец 3d 30 min и 4d 35min соответственно для цементов из клинкеров № 6 и № 11. Их гидравлическая активность через 28 сут нормального твердения составила 41,8 - 41,4 МПа, что

соответствует требованиям, предъявляемым ГОСТ 10178-85 и ГОСТ 30505-97 на портландцементы марки ПЦ400-Д20.

Разработаны технологическая схема разделения керамических отходов на фракции для их поставки цементным заводам, технологическая схема получения клинкера при полной или частичной замене природного глинистого сырья на керамические отходы. Рассчитан расход сырьевых компонентов на 1 тонну клинкера и выданы практические рекомендации по освоению технологии производства клинкера с их использованием на АО «Ахангаранцемент».

Четвертая глава «**Разработка энерго- и ресурсосберегающей технологии получения вяжущих композиций с использованием керамических отходов**» посвящена изучению влияния фракционированного керамического боя на физико-механические свойства портландцемента. Экспериментально установлено значение t-критерия Стьюдента керамического боя, которое было равным 21,21, что больше его нормативного значения 2,07 по O'z DSt 901-98, п. 4.2. На основе этого сделано заключение о возможности применения керамического боя как активной минеральной добавки в цемент.

Для исследования получения добавочных цементов с керамическим боем формировали сырьевые композиции, включающие 75-85% портландцементного клинкера, 10-20% боя керамических плиток и 5% гипсового камня. В качестве контрольного использовали цемент, не содержащий добавку. Подготовленные сырьевые композиции подвергали помолу в лабораторной шаровой мельнице в течение 50 min. Введение 5 и 10 % добавки керамического боя не влияет на дисперсность получаемого цемента. Тонкость помола, определяемая по остатку на сите № 008, у цементов с керамическим боем и без добавки одинаковая (10%). С увеличением содержания добавки до 20 %, тонкость помола вяжущей композиции повышается до на 92% прохода через сито № 008 (остаток- 8 %). Цементы с (5-20)% керамическим боем характеризуются более высокой водопотребностью, которая на (5-9)% выше, чем у контрольного ПЦ, а начало их схватывания удлиняется (табл.5). Добавка керамического боя ускоряет процесс твердения ПЦ, особенно в начальные сроки. Через 7 сут предел их прочности на сжатие на (6-12) % выше прочности контрольного цемента ПЦ-Д0. Такая же закономерность набора прочности добавочных цементов отмечены к 28 сут. твердения. В зависимости от дозы керамического боя их гидравлическая активность при сжатии составила (41,9-42,8) МПа, что выше прочности ПЦ-Д0 и, согласно требованиям ГОСТ 10178, соответствует марки цемента 400.

**Таблица 5**

**Влияние добавки керамического боя на физико-механические свойства портландцемента**

Обозначение цементов	Нормальная плотность цементного теста, %	Сроки схватывания, h - min		Предел прочности при изгибе и сжатии, МПа через			
		начало	конец	7 сут		28 сут	
				Изг.	Сж.	Изг.	Сж.
ПЦ-Д0	25,70	3-20	5-00	5,6	21,4	6,2	40,2

ПЦ-Д5	27,00	5-45	6-30	5,9	22,7	6,5	41,9
ПЦ-Д10	27,00	5-35	6-10	6,0	24,0	6,7	42,8
ПЦ-Д20	28,00	5-25	6-10	5,3	23,0	6,7	41,5

Введение в состав твердеющей системы «клинкер-гипс-вода» любого вида добавки изменяет скорость гидратации и кинетику структурообразования при твердении портландцемента. При добавке в цемент керамического боя содержание алюминатной составляющей повышается, что отражается в скорости его гидратации и изменяет процесса эволюции, начиная с зародышеобразования до формирования искусственного конгломерата. В связи с этим исследовалось изменение маршрута эволюции при гидратации и твердения цемента, содержащего 15% керамического боя методами химического, рентгенофазового анализа, ДТА и электронной микроскопии.

Введение керамического боя в начальные сроки (до 3-сут) замедляет влияние процесс связывания воды минеральными составляющими вяжущей композиции, что видимо, связано с тем, что мельчайшие частицы керамического боя обволакивают поверхность клинкерных зерен и препятствуют интенсивному их контакту с водой. К 7-суткам и в дальнейшие сроки, вплоть до 90 сут. связывание воды ускоряется и ее количество несколько превышает такового в матричном бездобавочном портландцементе. Это говорит о том, что в формирующемся цементном композите на основе вяжущего с керамическим боем количество новообразований также увеличивается, что обеспечивает его плотность и высокую прочность (табл. 18).

**Таблица 18**

**Влияние добавки керамического боя на скорость связывания композиционного портландцемента**

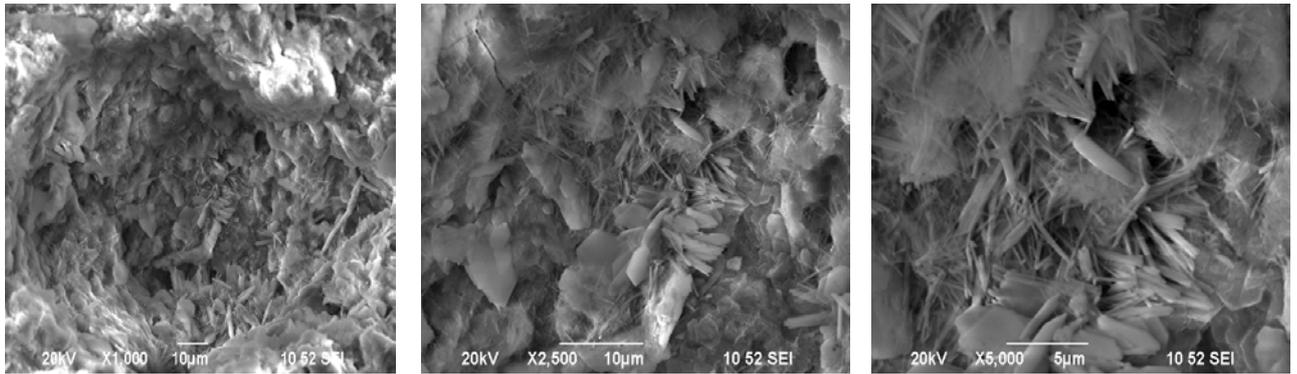
№	Обозначение композиционного цемента	Сроки гидратации, сут				
		1	3	7	28	90
1	ПЦ400-Д0	13,29	13,43	12,41	12,87	14,27
2	ПЦ400- Д20КБ	10,31	12,31	13,38	14,14	15,55

По данным рентгенофазового анализа, процесс твердения композиционного портландцемента с керамическим боем сопровождается интенсивным образованием этtringита в цементной пасте: уже через 1 сут. дифрактограмма обнаруживает его линии при  $d/n=(0,955; 0,730; 0,538, 0,424)$  nm, интенсивность которых постепенно увеличивается до 21 сут, а затем стабилизируется (рис. 9). Это говорит о том, что резерв ионов  $SO^{2-}$ , переходящие в жидкую фазу за счет гидролиза сульфата кальция, полностью связан в гидросульфалюминаты. Параллельно протекает гидролиз и гидратация силикатных минералов клинкера композиционного портландцемента, на что указывает постепенное уменьшение интенсивности линий  $C_3S$  и  $C_2S$  ( $d/n=0,302; 0,277; 0,262; 0,192$  nm) с возрастом

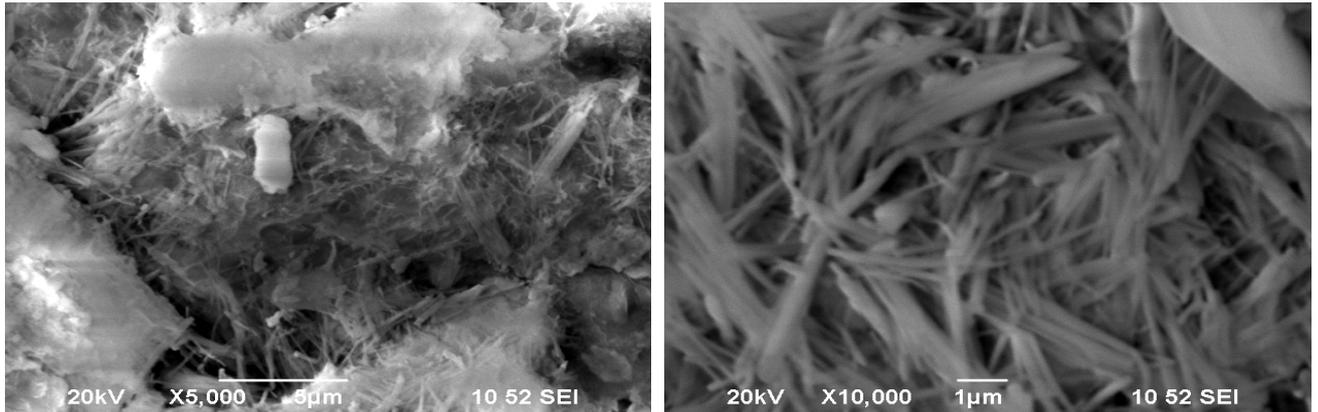
твердения. Это говорит о том, что после отвода ионов  $Al^{3+}$  и  $SO_4^{2-}$  из жидкой фазы, ускоряется гидролиз силикатных минералов с выделением  $Ca(OH)_2$  и в дальнейшем ионы  $Ca^{2+}$  расходуется на образование гидросиликатного геля и кристаллизация гидросилакатов кальция, в результате чего формирующийся цементный композит постепенно уплотняется и, несмотря на уменьшение доли клинкерной части в композиционном вяжущем до 20%, приобретает прочность, превышающей прочности матричного бездобавочного портландцемента ПЦ400-Д0.

По данным ДТА, через 1 сут твердения, термические кривые добавочного цемента в диапазоне 100-600°C обнаруживают 9 эндотермических остановок с максимумами при 122, 152, 180, 212, 288, 340, 360, 426, 458, 505°C, возникновение которых указывает на многофазность гидратирующейся системы и связано с удалением молекулярной и кристаллизационной воды из различных форм алюминатсодержащих гидратных соединений. Небольшие изгибы на термической кривой в интервале от 600-до 800°C свидетельствуют о незначительном количестве гидросиликатов кальция. До 21 сут. твердения на кривой нагревания образцов цемента существенных изменений не отмечено, что говорит о том, что в процесс гидратации состав новообразований также не претерпевает существенных изменений. Кривые нагревания образцов 28-суточного и 3-х месячного твердения идентичны и они сильно отличаются от ДТА образцов, твердевших в течение 1-21 сут тем, что на термических кривых эндоэффекты, характеризующие удаление свободной и кристаллизационной воды при 14, 157 и 503°C выражены очень слабо, что свидетельствует об их незначительных количествах в дисперсионной системе. На термических кривых образцов этого возраста обнаружены 2 эндоэффекта небольшой глубины при 750 и 880°C, характеризующие начало дегидратации гидросиликатов кальция.

Наблюдение за маршрутом эволюции при гидратации добавочного цемента показало, что сразу же после затворения водой бурно протекает химическое взаимодействие составляющих его компонентов, в результате чего уже в течение 1 сут. на поверхности клинкерных частиц образуется значительное количество игольчатых кристаллов этtringита, которые начинают расти в различных направлениях и заполняют воздушные поры и межзерновое пространство затвердевающей цементной пасты (рис.5). К 3-сут количество кристаллов игольчатых, волокнистых и призматических форм становится больше, уровень заполнения пор достаточно высокий (рис.6). Волокнистые кристаллы гидросиликатов кальция срастаются, как паутина опутывают гидратирующиеся зерна цемента и образуя кристаллический каркас, суживают поровое пространство формирующегося искусственного конгломерата и уменьшают количество макропор.

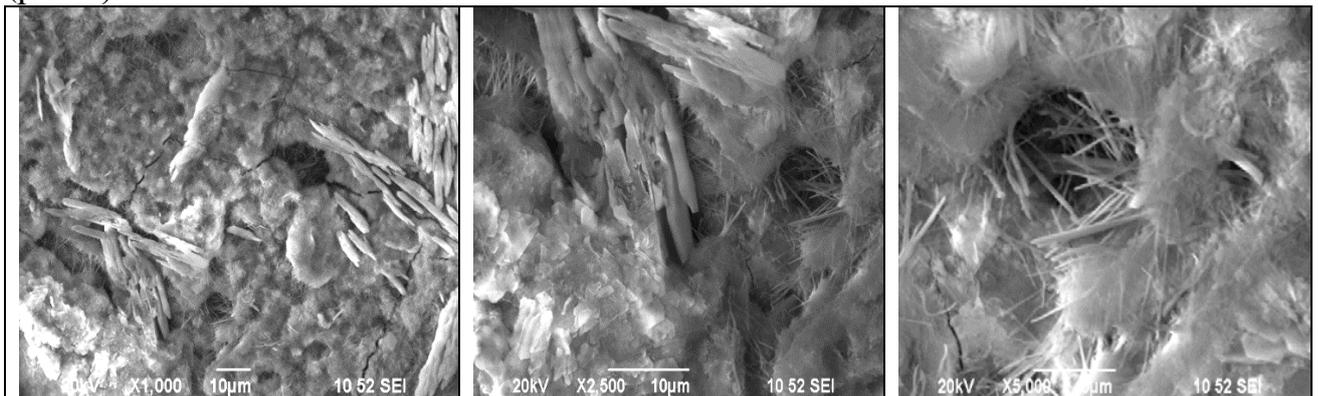


**Рис.5. Рельеф поверхности скола цемента через 1 сут твердения**



**Рис.6. Заполнение межзернового пространства и срастание кристаллических продуктов к 3 сут гидратации композиционного ПЦ**

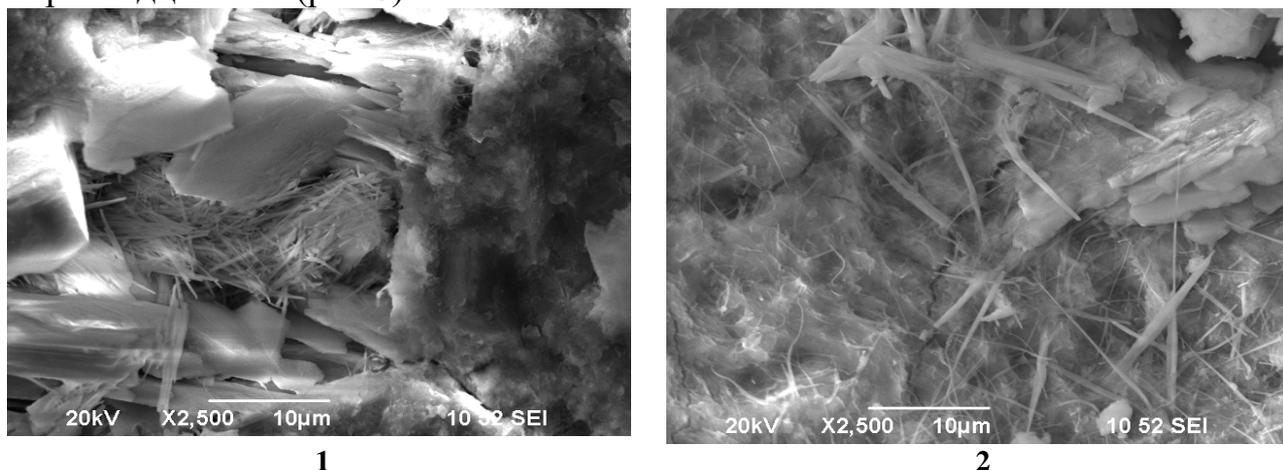
В поверхностных слоях и в порах интенсивно возникают также кристаллы гидросиликатов кальция в виде коротких и толстых призм и их сростков в виде друз и пластинок. К 7-сут. призматические кристаллы гидросиликатов начинают плотно упаковываться и срастаться с образованием блочной структуры (рис.7).



**Рис.7. Заращение пор к 7 сут твердения и образование блочной структуры цементного композита**

К 28-суткам рельеф поверхности скола цементного камня характеризуется более плотной упаковкой призматических кристаллов гидросиликатов кальция CSH (В) и пластинчатых кристаллов тоберморита  $5CaO \cdot 6SiO_2 \cdot 5H_2O$ , которые образует волокнистые агрегаты и отдельные блоки. Между блоками из этих кристаллов расположены волокнистые (нитевидные) кристаллы, которые растворяясь на их поверхности, пронизывают

мелкозернистую массу и как бы зерна клинкерных минералов «сшивают» друг с другом. интенсивный рост кристаллов гидросиликатов и их агрегирование внутри пор цементного камня приводит к возникновению трещин и его деформации. Однако, наряду с процессом перекристаллизации гидросиликатов, за счет продолжающейся гидратации и пересыщении жидкой фазы ионами  $Ca^{2+}$ , параллельно протекает процесс «самозалечивания» образующихся трещин за счет образования дополнительных порций гидросиликатов кальция и интенсификации полимеризационных процессов, способствующих омоноличиванию гидратной структуры цементного композита и уменьшению его суммарной пористости, что и является основным фактором сохранения прочности цемента с добавкой керамической боя на уровне бездобавочного портландцемента (рис.8).



**Рис. 8. Рельеф поверхности скола цементного композита через 28 сут (1) и 3 мес. твердения в нормальных условиях**

Таким образом, путем исследования маршрута эволюции новообразований в системе «молотый клинкер - керамический бой - гипсовый камень - вода» установлено, что введение 5-20 % этой добавки при помоле ПЦ клинкера оказывает ускоряющее влияние на процесс твердения цементов в начальные сроки твердения. Благодаря интенсивному протеканию процесса эволюции новообразований и формирования скелетной структуры цементного камня, набор прочности ускоряется, в результате к 28 сут его гидравлическая активность составляет 41,5-42,8 МПа, что обеспечивает марку цемента ПЦ 400-Д20 по ГОСТ 10178-85.

Исходя из результатов исследований, разработаны технологическая схема и практические рекомендации по комплексному применению керамических отходов при производстве портландцементного клинкера и добавочных цементов.

В пятой главе **«Эффективность технологии комплексного использования керамических отходов в цементном производстве»** приведены данные о внедрении технологии комплексного использования керамических отходов при производстве портландцементного клинкера и добавочных цементов на АО «Ахангаранцемент». Поставщиком керамических отходов выступил ООО «CAREER UNIVERSAL TRANS», который владеет

пакетом НДС и всеми правами на использование отвала керамических отходов. С их использованием путем частичной замены лессовидных суглинков на керамические отходы в составе сырьевой смеси, на предприятии налажен серийный выпуск портландцементного клинкера, по качественным показателям соответствующего требованиям О'z DSt 2801:2013 «Клинкер портландцементный. Технические условия». Физико-механические показатели опытных клинкеров соответствует требованиям технологического регламента завода.

С учетом внесенных уточнений и дополнений во временную технологическую инструкцию, в соответствии с рассчитанной нормой сырьевых компонентов на производство 1 тонны добавочного цемента, на данном предприятии внедрена также технология производства цемента с добавкой 18% фракционированного и дробленного керамического боя, который по физико - механическим свойствам удовлетворяет требований ГОСТ 10178 на портландцемент марки ПЦ400-Д20.

ООО «CAREER UNIVERSAL TRANS» доставлены 48600 тонн керамического боя в виде щебня на ИП ООО «BAZIS», где путем совместного помола композиции из клинкера керамического боя (15-17%) и гипсового камня выпущено 303500 тонн добавочного портландцемента. При этом, отклонение от технологического режима, предусмотренного Технологической инструкцией ИП ООО «BAZIS», не отмечено, полученные цементы по физико-механическим свойствам соответствовали требованиям ГОСТ 10178 марке ПЦ400-Д20 и рекламаций на них от потребителей не поступало, что служило основанием для регулярного их выпуска и в настоящее время.

Экономическая эффективность технологии использования керамических отходов в составе сырьевой смеси для обжига клинкера рассчитана только по статье «Сырье и материалы». Для расчета эффективности использования керамического боя в качестве активной минеральной добавки приняты стоимостные данные, представленные ИП ООО «BAZIS» и АО «Ахангаранцемент».

Суммарный годовой экономический эффект от выпуска 1 млн. тонн клинкера на АО «Ахангаранцемент» и 1 млн. тонн добавочного цемента в год на СП ООО «BAZIS» с использованием керамического боя составит 36 млрд. 466 млн. 640 тыс. сум.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. На основе анализа информации научно-технической литературы и патентных источников, теоретически и экспериментально обоснована эффективность комплексного применения отходов керамического производства в качестве компонента скрѐвкх композиций при производстве портландцементного клинкера и активной минеральной добавки – для получения добавочнкх и композиционнкх портландцементов.

2. На основе результатов определения химико-минералогического состава и гидравлической активности по значению критерия Стьюдента обожженных отходов керамического производства, разработаны рекомендации по их использованию в качестве активной минеральной добавки в цемент.

3. Оптимизированы составы сырьевых композиций и химико-технологические параметры обжига портландцементного клинкера при частичной и полной замене природного лесса на отходы керамического производства, изучены особенности процесса клинкерообразования, фазовый состав клинкеров и свойства цементов на их основе.

3. 4. С учетом высокой реакционной способности алюмосиликатных соединений в керамических отходах, включающих  $\text{SiO}_2$  и  $\text{Al}_2\text{O}_3$  в безводном состоянии и за счет ускорение связывания  $\text{CaO}$  в клинкерные минералы, рекомендовано вести процесс обжига при температуре 1400-1420°C.

5. С учетом достижения высокой гидравлической активности к 28 сут. твердения новых видов композиционных портландцементов (40,1-41,8 МПа), обеспечивающей их марку 400, для того, чтобы их марка была не ниже (М400), чем у бездобавочного портландцемента, рекомендовано замена до 20% портландцементного клинкера керамическим боем.

6. Рекомендованы к практическому применению разработанные технологические схемы и временные технологические инструкции по комплексному применению отходов керамического производства при производства портландцементного клинкера и портландцемента с композиционными добавками.

7. Рекомендованы к промышленному применению технологии комплексного использования керамических отходов в качестве алюмосиликатного компонента сырьевых композиций для обжига клинкера и активной минеральной добавки в цемент.

**TASHKENT STATE TECHNICAL UNIVERSITY  
NAMED AFTER ISLAM KARIMOV  
SINGLE SCIENTIFIC COUNCIL AWARDED SCIENTIFIC DEGREES  
DSc.03/30.12.2019.K/T.03.01 AT STATE UNITARY ENTERPRISE  
«FAN VA TARAKKIYOT»**

---

**INSTITUTE OF GENERAL AND INORGANIC CHEMISTRY**

**BOTIROV BURKHON BOBIROVICH**

**DEVELOPMENT OF EFFECTIVE COMPOSITIONS AND  
TECHNOLOGIES FOR THE PRODUCTION OF PORTLAND CEMENT  
CLINKER AND COMPOSITE BINDERS BASED ON CERAMIC WASTE**

**02.00.07- Chemistry and technology of composite, varnish paint and rubber materials**

**DISSERTATION OF ABSTRACT OF THE DOCTOR OF PHILOSOPHY (PhD)  
TECHNICAL SCIENCES**

**Tashkent – 2020**

**The theme of dissertation doctor of science (DSc) was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the republic of Uzbekistan number B2020.4.PhD/T1705**

The dissertation has been prepared at the institute of general and inorganic chemistry.

The abstract of the dissertation was posted in three languages (uzbek, russian, english (resume)) on the Scientific Council website and on the website of «Ziyonet» Information and Educational portal [www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz).

**Research supervisor:**

**Begjanova Gulrukh Bakhtiyarovna**  
doctor of technical sciences, s.r.a.

**Official opponents:**

**Eminov Ashraf Mamurovich**  
doctor of technical sciences, professor

**Yunusov Mirjalil Yusupovich**  
doctor of technical sciences, professor

**Leading organization:**

**Tashkent institute of architecture and civil engineering**

The defense will take place «03» **December 2020 at 11<sup>00</sup>** at the meeting of Single Scientific council No.DSc.03/30.12.2019.K/T.03.01 at Tashkent State technical university named after Islam Karimov at State unitary enterprise «Fan va tarakkiyot», (Address: 100174, Tashkent city, Almazar district, Mirzo Golib street, 7a. Tel./fax: (+99871) 246-39-28/(+99871) 227-12-73, e-mail: fan va taraqqiyot@mail.ru.

The dissertation can be reviewed at the Information Resource Centre of the State unitary enterprise «Fan va tarakkiyot» (is registered under No 27). Address: 100174, Tashkent city, Almazar district, Mirzo Golib street, 7a. Tel./fax: (+99871) 246-39-28 (+99871) 227-12-73).

Abstract of dissertation sent out on «19» november 2020 y.

(mailing report No. 27 on «05» november 2020 y.).

**S.S.Negmatov**

Chairman of the scientific council awarding scientific degrees, doctor of technical sciences, professor  
academician of ANRUz

**M.G. Babaxanova**

Scientific secretary of the scientific council awarding scientific degrees, candidate of chemical sciences, s.r.a.

**N. Talipov**

Chairman of the academic seminar under the scientific council awarding scientific degrees, candidate of technical sciences, s.r.a.

The theme of dissertation doctor of science (DSc) was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the republic of Uzbekistan number B2020.4.PhD/T1705

The dissertation has been prepared at the Institute of general and inorganic chemistry.

The abstract of the dissertation was posted in three languages (uzbek, russian, english (resume)) on the Scientific Council website on the website of «Ziyonet» Information and Educational portal [www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz).

**Research supervisor:**

**Begjanova Gulrukh Bakhtiyarovna**  
doctor of technical sciences, s.r.a.

**Official opponents:**

**Eminov Ashraf Mamurovich**  
doctor of technical sciences, professor

**Yunusov Mirjalil Yusupovich**  
doctor of technical sciences, professor

**Leading organization:**

**Tashkent institute of architecture and civil engineering**

The defense will take place «03» 12. 2020 at 11:00 at the meeting of Single Scientific council No.DSc.03/30.12.2019.K/T.03.01 at Tashkent State technical university named after Islam Karimov at State unitary enterprise «Fan va tarakkiyot», (Address: 100174, Tashkent city, Almazar district, Mirzo Golib street, 7a. Tel./fax: (+99871) 246-39-28/(+99871) 227-12-73, e-mail: [fan\\_vataraqiyot@mail.ru](mailto:fan_vataraqiyot@mail.ru)).

The dissertation can be reviewed at the Information Resource Centre of the State unitary enterprise «Fan va tarakkiyot» (is registered under No.27). Address: 100174, Tashkent city, Almazar district, Mirzo Golib street, 7a. Tel./fax: (+99871) 246-39-28 (+99871) 227-12-73).

Abstract of dissertation sent out on «19» 12.2020 y.

(mailing report No. 27 on «05» 11. 2020 y.).



  
**S.S. Negmatov**  
Chairman of the scientific council  
awarding scientific degrees, doctor of  
technical sciences, professor  
academician of ANRUz

  
**M.G. Babaxanova**  
Scientific secretary of the scientific  
council awarding scientific degrees,  
candidate of chemical sciences, s.r.a.

  
**N. Talipov**  
Chairman of the academic seminar  
under the scientific council awarding  
scientific degrees, candidate of  
technical sciences, s.r.a.

## INTRODUCTION (abstract of (PhD thesis))

**The aim of the research work** is to study is to develop a technology for producing portland cement clinker and composite binders with the integrated use of ceramic waste.

**The objects of the research work:** are fired waste of ceramic production, composite raw mixtures and portland cement clinkers based on them, additional portland cements using ceramic scrap.

**Scientific novelty of the research work** consists in the following:

the compositions of raw mixtures for the production of portland cement clinker with the use of ceramic waste as a clay component have been developed;

by observing the evolutionary route of the appearance of the modified structure during the hydration of the heterogeneous system «ground clinker-ceramic battle-gypsum-water», the correlation dependence «composition-structure-property» of the forming cement composite was determined;

the high reactivity of raw mixtures was proved when replacing natural loess with ceramic waste, the features of mineral formation processes during their firing were revealed;

the factor of decreasing the clinker firing temperature in relation to the chemical and mineralogical composition of the ceramic broken and the completion of mineral formation at relatively low temperatures than in the mixtures of traditional composition has been scientifically substantiated;

determined the chemical and mineralogical composition and structural structure of clinkers, providing high hydraulic activity of cements based on them, corresponding to the brand of portland cement PC400 - D20;

proved the suitability of ceramic battlements as an active mineral additive to cement, developed highly filled compositions and technology for producing portland cements using it;

the physicochemical features of hydration processes and the regularities of the formation of the microstructure of an artificial conglomerate during hardening of cements of a new composition are revealed.

**Implementation of the research results.** Based on the results obtained on the development of technology for the production of portland cement clinker and composite binders with the integrated use of ceramic waste:

a conclusion was developed and issued on the compliance of the technological parameters of ceramic scrap with the requirements of ÖZ DSt 901-98«Additives for cements. Active mineral and filler additives. Technical conditions ». As a result, it became possible to comprehensively use ceramic battlements at the cement plants of the republic;

a recipe for producing cement with the addition of ceramic battlements has been introduced into practice at JV «BAZIS LLC (references from JV «BAZIS» LLC 2018 year 27-september №-157). As a result, it became possible to save high-temperature expensive clinker and produce additional portland cement on an industrial scale;

the technology of integrated use of ceramic battlements as a clay component of the raw mixture and an active mineral additive in cement was introduced at

«Akhangarancement JSC (certificates of «Akhangarancement» JSC 2020 year 7 august 1-1/АГЦ-1414/№20). As a result, it became possible to save natural clay raw materials and expensive clinker in the production of portland cement clinker and additional portland cement on an industrial scale.

**The structure and volume of the thesis.** The structure of the dissertation consists of an introduction, five chapters, conclusion, the list of references, applications. The volume of the dissertation is 109 pages.

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

**I бўлим (I часть; part I)**

1. Ботиров Б.Б., Искандарова М., Бегжанова Г.Б. К вопросу использования керамического боя в качестве алюмосиликатной добавки для цемента UNIVERSUM: Технические науки. – Москва, 2018. – № 7(52). – с.4. (02.00.00,№1)

2. Ботиров Б.Б., Искандарова М., Бегжанова Г.Б., МIRONЮК Н.А. Исследование влияния отхода керамического производства на реакционную способность сырьевых смесей для обжига портландцементного клинкера. Композиционные материалы. - № 4. – Ташкент, 2018. – С. 93-97. (02.00.00,№4).

3. Ботиров Б.Б., Искандарова М., Бегжанова Г.Б. Исследование влияния отхода керамического производства на реакционную способность сырьевых смесей для обжига портландцементного клинкера. Узбекский химический журнал. - № 4. – Ташкент, 2019. – С. 28-35. (05.00.00,№6).

4. Ботиров Б.Б., Искандарова М., Бегжанова Г.Б., МIRONЮК Н.А. Влияние добавки керамических отходов на реологические свойства шламов и минералогию клинкеров. Композиционные материалы. - № 2. – Ташкент, 2019. – С. 8-11. (02.00.00,№4).

**II бўлим (II часть; part II)**

5. Ботиров Б.Б., Искандарова М., Бегжанова Г.Б., МIRONЮК Н.А. Рациональная технология использования керамических отходов для производства клинкера Международная научно-техническая конференция молодых ученых “Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности «Белорусско-Российский университет». - Могилев, 25-26 октября 2018 г. – С. 60.

6. Ботиров Б.Б., Искандарова М., Бегжанова Г.Б., Махсудова Н.Д. Керамический бой-эффективная добавка в цемент. Международная научно-техническая конференция молодых ученых “Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности «Белорусско-Российский университет». - Могилев, 25-26 октября 2018 г. – С. 129.

7. Ботиров Б.Б., Искандарова М., Бегжанова Г.Б. Использование керамического боя при производстве портландцементного клинкера – реальный путь к энергосбережению International Symposium on Innovative Scientific Conference «Integration and Integration of Science and Education». – Tashkent, 2018 г. – С. 205-207.

8. Ботиров Б.Б., Искандарова М., Бегжанова Г.Б. Эффективное использование керамических отходов в производстве портландцементного клинкера. ЎзР ФА Ёш олимлар кенгашининг «XXI АСР – Интеллектуал ёшлар асри» Анжумани. – Ташкент, 29 март 2019 г. – С. 87-89.

9. Ботиров Б.Б., Искандарова М., Бегжанова Г.Б., Якубжанова З.Б. Керамические отходы как алюмосиликатное сырье для производства портландцементного клинкера Ресурсо– и энергосберегающие, экологические безвредные композиционные и нанокоспозиционные материалы. - Ташкент, 25-26 апрель 2019 г. – С. 205-207.

10. Ботиров Б.Б., Искандарова М., Бегжанова Г.Б., Какурина Л.М. Освоение технологии производства добавочных цементов с использованием отходов керамического производства Ресурсо– и энергосберегающие, экологические безвредные композиционные и нанокоспозиционные материалы. - Ташкент, 25-26 апрель 2019 г. – С. 120-122.

11. Ботиров Б.Б., Искандарова М., Бегжанова Г.Б. Отходы керамического производства – альтернативный источник активной минеральной добавки в цемент III Международная конференция-симпозиум «Внедрение достижений науки в практику и устранение в ней коррупции». – Ташкент, 30 ноября 2019 г. – С. 149-152.

12. Ботиров Б.Б., Бегжанова Г.Б. Якубжанова З.Б. Эффективное решение вопроса утилизации отходов керамического производства в цементной промышленности Сборник научных статей Международного научного форума «НАУКА И ИННОВАЦИИ- СОВРЕМЕННЫЕ КОНЦЕПЦИИ». – Москва, 12 марта 2020 г. том 1. – С. 95-102.

13. Ботиров Б.Б., Физико-химические основы комплексного использования керамических отходов в цементной промышленности Илм фан ва инновацион ютукларни ривожлантиришининг долзарб муаммолари мавзусидаги I республика масофий кўп тармокли илмий амалий конференция. Самарқанд 17 август 2020 й. -С.61-64.

14. Ботиров Б.Б., Бегжанова Г.Б., Махсудова Н.Д. Утилизация отходов керамического производства при производстве портландцементного клинкера Инновацион техника ва технологияларнинг атроф мухит муҳофазаси соҳасидаги муаммо ва истикболлари. Халқаро илмий-техник on-line анжуман илмий ишлар тўплами, (2-тўплам).-Тошкент, ТошДТУ, 17-19 сентябрь 2020 й. – С.317-318.

15. Ботиров Б.Б., Искандарова М., Бегжанова Г.Б., Какурина Л.М. Внедрение технологии производства портландцемента с добавкой керамического боя Инновацион техника ва технологияларнинг атроф мухит муҳофазаси соҳасидаги муаммо ва истикболлари. Халқаро илмий-техник on-line анжуман илмий ишлар тўплами,(2-тўплам).-Тошкент, ТошДТУ, 17-19 сентябрь 2020 й. – С.198-200