

**УМУМИЙ ВА НООРГАНИК КИМЁ ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.02/05.05.2023.К/Т.35.02
РАҚАМЛИ БИР МАРТАЛИК ИЛМИЙ КЕНГАШ**

УМУМИЙ ВА НООРГАНИК КИМЁ ИНСТИТУТИ

МУХИТДИНОВ ДИЛШОД ДАВРОНОВИЧ

**КРЕМНЕЗЕМ МИҚДОРИ ЮҚОРИ ҚЎШИМЧАЛАР ВА УЛАРНИНГ
ГИБРИД ҲОСИЛАЛАРИ ҚЎШИЛГАН ПОРТЛАНДЦЕМЕНТЛАР
ОЛИШНИНГ «ЯШИЛ» ТЕХНОЛОГИЯЛАРИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ**

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

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАН ДОКТОРИ (DSc) ДИССЕРТАЦИЯСИ
АВТОРЕФЕРАТИ**

Фан доктори(DSc) диссертацияси автореферати мундарижаси

Оглавление автореферата диссертации доктора наук (DSc)

Content of the dissertation doctor of science (DSc)

Мухитдинов Дилшод Давронович

Кремнезем миқдори юқори кўшимчалар ва уларнинг гибрид ҳосилалари кўшилган портландцементлар олишнинг «яшил» технологияларини ишлаб чиқиш.....3

Мухитдинов Дилшод Давронович

Разработка «зелёных» технологий получения портландцементов с высоко кремнезёмистыми добавками и их гибридными производными.....29

Mukhitdinov Dilshod Davronovich

Development of «green» technologies for the production of Portland cements with a high content of silica and their hybrid derivatives.....55

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ

List of published works59

**УМУМИЙ ВА НООРГАНИК КИМЁ ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.02/05.05.2023.К/Т.35.02
РАҚАМЛИ БИР МАРТАЛИК ИЛМИЙ КЕНГАШ**

УМУМИЙ ВА НООРГАНИК КИМЁ ИНСТИТУТИ

МУХИТДИНОВ ДИЛШОД ДАВРОНОВИЧ

**КРЕМНЕЗЕМ МИҚДОРИ ЮҚОРИ ҚЎШИМЧАЛАР ВА УЛАРНИНГ
ГИБРИД ҲОСИЛАЛАРИ ҚЎШИЛГАН ПОРТЛАНДЦЕМЕНТЛАР
ОЛИШНИНГ «ЯШИЛ» ТЕХНОЛОГИЯЛАРИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ**

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

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАН ДОКТОРИ (DSc) ДИССЕРТАЦИЯСИ
АВТОРЕФЕРАТИ**

Тошкент - 2025

Фан доктори (DSc) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Олий таълим, фан ва инновациялар Вазирлиги ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясининг В 2024.4.DSc/T842 рақами билан рўйхатга олинган.

Диссертация иши Умумий ва ноорганик кимё институтида бажарилган.
Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифасида www.iopx.uz ва «Ziyouet» ахборот таълим порталида (www.ziyouet.uz) жойлаштирилган.

Илмий маслаҳатчилар:

Наматов Шафрат Саттарович
техника фанлари доктори, профессор, академик

Искандарова Мастура
техника фанлари доктори, профессор

Расмий оппонентлар:

Кучаров Баҳром Хайриевич
техника фанлари доктори, катта илмий ходим

Искендеров Аҳмед Максубаевич
техника фанлари доктори, доцент

Ҳасанов Баҳриддин Баратович
техника фанлари доктори, профессор

Етакчи ташкилот:

Фарғона Давлат техника университети

Диссертация химояси Умумий ва ноорганик кимё институти ҳузуридаги DSc.02 /05.05.2023.K/T.35.02 рақамли бир марталик Илмий кенгашнинг «22» май 2025 йил соат 14⁰⁰ даги мажлисида бўлиб ўтди. (Манзил: 100170, Тошкент шаҳри, Мирзо Улугбек кўчаси, 77-а. Тел.: (+99871) 262-56-60; факс: (+99871) 262-79-90, e-mail: iopx@academy.uz).

Диссертация билан Умумий ва ноорганик кимё институтининг Ахборот-ресурс марказида танишни мумкин (70 - рақами билан рўйхатга олинган) (Манзил: 100170, Тошкент шаҳри, Мирзо Улугбек кўчаси, 77-а. Тел.: (+99871) 262-56-60; факс: (+99871) 262-79-90).

Диссертация автореферати 2025 йил «8» май кун тархатилди.
(2025 йил «8» майдаги № 70 рақамли реестр баённомаси)




Н.Х.Усанбаев
Илмий даражадар берувчи бир марталик
илмий кенгаш раиси, т.ф.д., профессор


Ж.С.Шукуров
Илмий даражадар берувчи бир марталик
илмий кенгаш котиби, т.ф.д., профессор


В.И.Гуро
Илмий даражадар берувчи бир марталик
илмий кенгаш қошидаги илмий семинар
раиси, к.ф.д., профессор

КИРИШ (Фан доктори (DSc) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурияти. Дунёда энергия самарадорлигини ошириш ва “углерод изи”ни камайтириш орқали иқлим ўзгаришининг салбий оқибатларини юмшатишга қаратилган тенденциялар фаол ривожланмоқда. Цемент ишлаб чиқариш саноатида ҳам йиллик 2,6 млрд. тонна карбонат ангидриди (CO₂) чиқарилиши каби экологик муаммоларни бартараф этиш мақсадида клинкер микдорини қисқартириш ва паст углеродли қўшимчалар билан алмаштиришга асосланган “яшил” технологияларни қўллаш жорий этилмоқда. Бунинг учун маҳаллий техноген ва табиий чиқиндилар — металлургия, кимё, энергетика ва тоғ-кончилик саноати маҳсулотларидан унумли фойдаланиш муҳим илмий ва амалий ечим сифатида қаралмоқда. Шу боис, кремнезем микдори юқори бўлган фаол моддалар асосида кам клинкерли цемент композитлари ишлаб чиқишга йўналтирилган тадқиқотларни ривожлантириш муҳим аҳамиятга эга.

Жаҳон миқёсида қурилиш материалларини ишлаб чиқаришни ривожлантиришни янги йўналишларига, уларни таннархини арзонлаштириш, материал ва энергия ресурслари кам сарфланадиган илғор технологияларни ўзлаштириш бўйича илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Бу борада, юқори сифатли цемент ишлаб чиқаришда портландцемент клинкерини минерал қўшимчаларнинг ҳосилалари билан табиий ва техноген чиқиндилар билан модификациялаб қўшимчали цемент олишда «яшил» технологияни ишлаб чиқиш, цемент саноатида энергия ва ресурсларни тежаш бўйича иқтисодий мақсадга мувофиқ йўналишларни танлаш, гидравлик фаоллиги бўйича анъанавий аналог – қўшимчасиз цементникидан кам бўлмаган цементлар олиш, цемент таркибидаги юқори углеродли клинкерни маълум қисмини композицион қўшимчалар билан алмаштириб ишлаб чиқаришга алоҳида эътибор қаратилмоқда.

Республикамизда фаол минерал қўшимчалар билан портландцементни легирлаш усулини қўллаб камуглеродли цемент композитларини олишда юқори кремнеземли ва термик фаол алюмосиликатли табиий пуццоланлар ва иккиламчи хом ашё ресурсларини цемент қўшимчаси сифатида ўрганиш бўйича муайян илмий ва амалий натижаларга эришилмоқда. Ўзбекистон Республикаси Президенти тармоқ олдига аниқ – 2025 йилда цемент ишлаб чиқариш ҳажмини 20,260 млн. тоннага етказиш вазифасини қўйган ва уни амалга ошириш «Ўзбекистон-2030 стратегияси»нинг «...барча йўналишларда инновация фаолиятини кенг жорий қилиш, илмий тадқиқот ва инновацион ташаббусларни қўллаш...»¹ борасида муҳим вазифалар белгилаб берилган. Бу борада, камуглеродли технологияга ўтиш ва ҳар бир тармоқда маҳсулот ишлаб чиқаришда энергия самарадорлигини оширишни ва энергия сарфини камайтиришни таъминловчи инновация лойиҳаларини амалда қўллаш, цемент ишлаб чиқарувчи корхоналарга тармоқни экологик ҳавфини камайтириш, уларнинг самарали манбаларини излаш ва цементга

¹ Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2023 йил 11-сентябрдаги ПФ № -158 сон “Ўзбекистон -2030 стратегияси” тўғрисидаги Фармони

кўшимча сифатида қўллашга яроқлилигини аниқлаш бўйича илмий изланишлар олиб бориш муҳим аҳамият касб этади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ 4947-сон «Ўзбекистон Республикасининг бешта устувор йўналиш бўйича ривожланиш Стратегияси», 2019 йил 30 октябрдаги ПФ 5368-сон «Ўзбекистон Республикасининг 2030 йилгача атроф-муҳит муҳофазаси ҳақидаги Концепцияси», 2022 йил 28 январдаги ПФ 60-сон «Янги Ўзбекистоннинг 2022-2026 йиллардаги ривожланиш Стратегияси» тўғрисидаги Фармонлари ҳамда 2018 йил 4 майдаги ПҚ-3696-сонли «Ички бозорни цемент билан барқарор таъминлашга доир қўшимча чора-тадбирлар», 2018 йил 7 майдаги ПҚ 3698-сон «Иқтисодиёт тармоқлари ва соҳаларида инновацияларни жорий этиш механизмини такомиллаштириш бўйича қўшимча чора-тадбирлар» ва 2019-йил 23-майдаги ПҚ 4335-сонли «Қурилиш материаллари саноатини жадал ривожлантиришга доир қўшимча чора-тадбирлар» тўғрисидаги Қарорлари шунингдек, мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация иши муайян даражада хизмат қилади.

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

Диссертация мавзуси бўйича хорижий илмий тадқиқотлар шарҳи². Кремнезем миқдори юқори бўлган модификаторларни қўллаб цемент композитларини олиш ва уларни технологиясини жорий қилиш бўйича дунёдаги кўплаб илмий-тадқиқот институтлари ва олий ўқув юртларида, жумладан: Д.И.Менделеев номидаги РКТУ (Россия), Жанубий-Урал давлат университети (Россия), М.О. Ауэзов номидаги ЖКДУ (Қазақстан), National Institute of Standards and Technology (АҚШ), Verein Deutscher Zementwerke e.V. (Германия), BWM Tec Gmb H&Co. KG (Германия), Heidelberg Cement Group (Германия), Gambarotta Gschwendt (Италия) Whitehopleman (Великобритания), Bigrimm Technology Group (Хитой), Cement Manufacturers Association of India, Ultra Tech Ltd, Dalma Bharat Ltd ва Sanghi Industries Ltd (Ҳиндистон), CEMBUREAU–The European Cement Association (Белгия), CNBM Engineering Co Ltd (КДР), Aslan Çimento AŞ (Туркия) ҳамда Умумий ва ноорганик кимё институтида (Ўзбекистон) олиб борилмоқда.

Жаҳонда нанодисперс кремнезем ва унинг турли хил модификацияли аналоглари ҳамда таркибида аморф кремнезем тутган табиий ва техноген қўшимчалар билан модификациялаш йўли билан оддий портландцемент асосида композитлар олиш бўйича илмий тадқиқотлар олиб борилиб,

² Диссертация мавзуси бўйича хорижий илмий-тадқиқотлар шарҳи: <http://www.nist.gov>, www.ukgu.kz/ru, <http://www.cmaindia.org/>, www.heidelbergcement.com/en, <https://cembureau.eu>, <https://www.muctr.ru>, www.ultratech.com/, <https://www.susu.ru/ru>, <https://www.vdzone.de/>, www.whitehopleman.com/, <https://www.dalmiabharat.com/>, www.cnbmengineering.cm/, www.gambarotta.it/, www.bwfgroup.de/, www.sanghicement.com/, www.aslancimento.com.tr/ ва бошқа манбалар асосида тайёрланган.

қуйидаги илмий натижалар, жумладан: цементнинг совуққа чидамлилигини 30% гача оширадиган кремний қўшимчалари билан портландцемент ишлаб чиқариш технологиясини ишлаб чиқилган (Jiangnan University in Kunmen Province, Хитой); кремний диоксиди қўшилган ҳолда CO_2 эмиссиясини 15% га камайтирадиган портландцемент олиш усули ишлаб чиқилган (Massachusetts Institute of Technology, АҚШ); цементнинг иссиқликка чидамлилигини 35% га оширадиган кремний қўшилган портландцемент олиш технологияси ишлаб чиқилган (Indian Institute of Technology, Ҳиндистон); таркибида кремний диоксиди юқори бўлган экологик тоза цемент ишлаб чиқаришнинг янги усуллари ва таркиблари ишлаб чиқилган (University of Copenhagen, Дания); чиқинди ва иккиламчи материаллардан фойдаланган ҳолда юқори кремнийли портландцемент олиш технологияси ишлаб чиқилган (Delft University of Technology, Нидерландия).

Дунёда таркибида фақат аморф кремнеземли иккиламчи минерал хом ашёларни қўллаб турли хил кам клинкерли «яшил» цемент композитларини олиш технологияларини ишлаб чиқиш бўйича қуйидаги устувор йўналишларда бир қатор тадқиқотлар олиб борилмоқда, жумладан: цементни гидратланиш жараёни кечишини зарур йўналишда бошқариш йўли билан цемент тоши ва бетонни эксплуатацион хоссаларини яхшилаш; эксплуатацион хоссалари юқори бўлган кам клинкерли умумқурилиш, пуццолан, сульфатбардош, композицион портландцементларнинг таркиблари ва энергия-ресурстежамкор технологияларини ишлаб чиқиш; цемент заводларида таннархи арзон бўлган цементларни ишлаб чиқариш.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Таркибида аморф кремнеземли қўшимчаларни қўллаб цемент композитларини олиш технологияларини ишлаб чиқиш бўйича илмий тадқиқотлар илмий-техник адабиётларда таниқли олимлар, жумладан Ю.М.Бутт, В.В.Тимашев, О.Н.Крашенинников, В.С.Горшков, Классен, А.М.Дмитриев, Д.Г.Судакас, С.И.Иващенко, Е.Ю.Ермилова, З.Б.Энтин, Р.З.Рахимов, Дж.Вейл, Х.Дж.Фойерборн, И.Я.Харченко, М.Неикал, А.А.Кирсанов, Л.Я.Крамар, В.К.Козлова, А.М.Маноха, М.Я.Бикбау, Ihsan Erçin, H.El-Didamony, H.M.Darweesh, R.A.Mahmoud, Yilmaz Bulent, Ediz Nezahat, Degirmenci Nurhayat, Yilmaz Arin, А.А.Лихошерстов, Е.В.Мануйлов, Е.Ю.Малова, К.А.Капустин, И.С.Семерикова, Selichi Hoshino, Kasuo Yamada, Hiroshi Hirao, Ли Чой, В.Е.Сон, Л.Н.Найдек, О.В.Хохрякова, В.Г.Хозин, В.А.Шевченко, Э.Р.Бариев ва бошқа етакчи олимлар томонидан кенг ёритилган.

Республикамизда кам клинкерли цементлар олиш ва қўшимчалар билан модификацияланган цементларни саноат миқёсида ишлаб чиқариш бўйича олиб борилган илмий-тадқиқот ишлари билан етакчи олимлар, жумладан С.С.Канцепольский, М.Г.Гулямов, Т.А.Отақузиёв, М.И.Искандарова, З.П.Пулатов, Х.Л.Усманов, Н.Х.Талипов, Ф.Б.Атабаев, Г.Б.Бегжанова, З.А.Мухамедбаева ва бошқалар шуғулланишган. Бажарилган илмий-тадқиқот ишлари натижасида табиий минерал хомашё ресурслари ва

техноген чиқиндилар асосида кам клинкерли ва қўшимчалар билан модификацияланган композицион портландцементлар олиш технологиялари бўйича мақбул ечимлар ишлаб чиқилган.

Шу билан бир қаторда, тармоқда қимматбаҳо клинкерни кўп миқдорда алмаштира оладиган, суюқ фазага ювилиб чиқадиган $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ни кўп миқдорда ютиб уни камайтириш қобилятига эга фаол минерал қўшимчалар, цемент тоши сувда эримайдиган гидратли бирикмаларни ҳосил қилувчи, цемент ишлаб чиқариш ҳажми ошишига ёрдам берадиган, таннархини арзонлаштиришни ва ҳавога CO_2 гази чиқишини камайтиришни таъминлайдиган кремнезем таркибли, табиий ва техноген арзон хом ашё ресурслари тўғрисида илмий асосланган маълумотлар мавжуд эмас. Ваҳоланки, тадқиқот иши микрокремнезем (МК) ва таркибида аморф кремнезем юқори бўлган маҳаллий жинсларни технологик хоссаларини комплекс тадқиқ этишга ва уни фаол минерал қўшимчалар ва тўлдирувчи-қўшимчаларга қўйган талабларига мувофиқлигини аниқлашга, ҳамда кам клинкерли цемент композитларини энергия- ва ресурстежамкор технологияларини ишлаб чиқишга қаратилган.

Диссертация мавзусининг диссертация бажарилаётган илмий тадқиқот муассасанинг илмий-тадқиқот ишлари билан боғлиқлиги. Диссертация иши Умумий ва ноорганик кимё институтининг илмий тадқиқот ишлари режасига мувофиқ ПЗ-20170914202 «Микрокремнезем ва маҳаллий кремнезем миқдори юқори портландцементларнинг янги турларини олиш технологиясини ишлаб чиқиш (2018-2020 йй.) ва Ўзбекистон-Хитой қўшма лойиҳаси А-ФА-2021-31 «Энергетика култошқол аралашмаси ва металлургия тошқолларидан фойдаланиб ҳамкорликда «яшил» цемент композитларини ишлаб чиқиш» (2019-2021 йй.) мавзуларидаги амалий лойиҳалар доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади: кремнезем миқдори юқори қўшимчалар ва уларнинг гибрид ҳосилалари қўшилган портландцементлар олишнинг «яшил» технологияларини ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

кремний қотишмалари ишлаб чиқариш чиқиндиси микрокремнеземни (МК) кимёвий ва физик-кимёвий хоссаларини, Стюдент мезони (t-мезони) бўйича гидравлик фаоллигини ва пуццоланлик қобилятини (оҳакни ютиши орқали) комплекс тадқиқ қилиш;

МКни цемент учун гидравлик ва пуццолан қўшимча сифатида қўллаш имкониятини илмий асослаш;

пуццолан цементлар ишлаб чиқариши учун МКнинг муқобил манбалари сифатида таркиби аморф кремнеземли маҳаллий табиий хом ашёлар (опока ва трепел)ларни комплекс тадқиқ этиш;

МК, опока ва трепелни композицион портландцемент (КПЦ) олиш учун моно-қўшимчалар ва гибрид қўшимчанинг (Гқ) ингредиентлари сифатида қўллаш имкониятини аниқлаш учун ПЦнинг физик-кимёвий хоссаларига таъсирини комплекс тадқиқ этиш;

МК, опока ва трепелни оддий портландцементни (ПЦ) физик-механик хоссаларига таъсирини ўрганиш ва қўшимчали ПЦларни таркибини оптималлаштириш;

МК билан модификацияланган ПЦни қотиши жараёнида пайдо бўлган янги гидратли ҳосилаларни физик-кимёвий таҳлил этиш ва «яшил» композитни струкураси шаклланиши генезисини тадқиқ этиш;

МКни КПЦ ишлаб чиқариш жараёнига етказиб бериш бўғинини блок-схемасини ишлаб чиқиш ва «яшил» ПЦларни тажриба - синовларини ўтказиш;

«МК + фаол кул тошқол аралашмаси (ФКТА)»дан иборат фаол «яшил» гибрид қўшимчаларни (Гқ) ПЦнинг физик-механик хоссаларига таъсирини тадқиқ этиш ва янги турдаги КПЦларни таркибини оптималлаштириш;

«яшил» КПЦнинг гидратланиш ва қотиш тезлигини, гидратли маҳсулотлар ҳосил бўлиш кинетикасини таҳлил этиш;

«яшил» КПЦ асосидаги цемент композитини микротузилмаси ҳосил бўлиш генезисини тадқиқ этиш «туйилган клинкер - гибрид қўшимча - гипс – сув» боғловчи тизимни гидратланиш пайтидаги «таркиб-структура-хосса» ўзаро боғлиқлиги қонуниятларини ўрнатиш;

янги турдаги «яшил» композитларни олишнинг технологик схемасини ишлаб чиқиш, уларни йириклаштирилган тўпини цемент корхоналарида синовдан ўтказиш;

аморф кремнеземли моно- ва гибрид қўшимчалар билан модификацияланган ПЦлар асосидаги бетонларнинг хоссаларини аниқлаш;

«яшил» гибрид қўшимчаларни қўллаб янги турдаги КПЦларни ишлаб чиқаришни технологик, иқтисодий ва экологик самарадорлигини асослаш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида аморф кремнеземли маҳаллий табиий ва техноген пуццоланлар: опокасимон жинслар (ОЖ), трепел (Тр), микрокремнезем (МК), ва ИЭС фаол култошқол аралашмаси (ФКТА) билан МКдан иборат гибрид қўшимчали кам клинкерли цемент композит намуналари олинган.

Тадқиқотнинг предмети табиий пуццоланлар, МК ва «яшил» гибрид қўшимчалардан иборат янги турдаги кам клинкерли композитларни олиш ва уларни ишлаб чиқариш технологиясини яратиш, ҳамда янги турдаги «яшил» цемент композитларини гидратланиши, қотиши, янги ҳосилаларнинг юзага келиб генетик ривожланиши ва микротузилмаси шаклланишини аниқлашдан иборат.

Тадқиқотнинг усуллари. Диссертация ишида замонавий таҳлилнинг физик-кимёвий усуллари (рентгенфазовий, ДТА, ИК-спектроскопия, оптик бинокуляр микроскоп, электрон микроскопик) ва портландцемент олиш технологиясининг анъанавий тадқиқот усулларида фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

илк бор цемент қўшимчаси сифатида аморф кремнеземдан иборат микрокремнезем (МК)ни, таркиби аморф кремнеземли маҳаллий пуццоланлар опока ва трепелни кимёвий-минералогик таркиблари, физик-кимёвий хоссалари, гидравлик ва пуццолан фаоллиги аниқланган;

таркибида аморф кремнеземли пуццоланлар ва гибрид қўшимчаларни қўллаб кам клинкерли паст углеродли «яшил» цемент композитлари олишни энергия,- ресурстежамкор технологиясининг физик-кимёвий асослари ишлаб чиқилган;

илк бор аморф кремнеземли маҳаллий пуццоланлар, МК ва уни ФКТА билан гибрид ҳосилаларини қўллаб умумқурилиш (ПЦ) ва композицион портландцементлар (КПЦ) олиш илмий асосланган;

илк бор аморф кремнеземли маҳаллий пуццоланлар ва «МК+ФКТА»дан иборат гибрид қўшимчаларнинг оддий ПЦни хоссаларига ижобий таъсири аниқланган ва кам клинкерли умумқурилиш ва композицион цементларнинг самарадор таркиблари ишлаб чиқилган;

«туйилган клинкер - пуццолан қўшимча – гипс - сув» ва «туйилган клинкер – гибрид қўшимча – гипс – сув» боғловчи тизимларнинг гидратланиш даражаси аниқланган;

опокали ва (Гк)ли цементлар гидратланганда янги бирикмаларнинг пайдо бўлиши, ривожланиши ва микротузилмаси шаклланиши билан «яшил» композитларни мустаҳкамлиги орасидаги ўзаро боғлиқлик аниқланган;

цемент композитининг мустаҳкамлиги матрица даражасига етиши учун оддий ПЦ таркибидаги клинкерни аморф кремнеземли пуццоланлар ва МК билан 15% гача, гибрид қўшимчалар билан 35% гача алмаштириш мумкинлиги илмий исботланган;

МКни ФКТА билан модификациялаб олинган гидравлик фаоллиги юқори «яшил» гибрид қўшимчалар, оддий ПЦни қотишини тезлаштириши ҳисобига, кам клинкерли цемент композитларини мустаҳкамлиги юқори бўлиши илмий асосланган;

моно- ва гибрид қўшимчаларни қўллаб паст углеродли кам клинкерли «яшил» цемент композитлари олишнинг энергия ва ресурстежамкор технологиялари ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

ПЦдаги клинкер улушини 15% гача МК ва аморф кремнеземли табиий пуццоланлар билан алмаштириб, гидравлик фаоллиги «400» маркани таъминлайдиган ЦЕМ II 32,5 синфдаги цемент композитлари олишнинг энергия- ва ресурстежамкор таркиблари ва технологиялари ишлаб чиқилган;

400 - 500 маркали цемент композитлари олишни таъминлайдиган ва юқори углеродли клинкерни 15-35 % гача тежайдиган аморф кремнеземли моно- ва гибрид қўшимчаларнинг миқдорлари оптималлаштирилган;

цемент композитлари олишда клинкерни сарфини камайтириб, аморф кремнеземли пуццоланларни ва майдаланиш қобиляти юқори техноген чиқиндилардан ташкил топган Гкларни қўллаш ҳисобига, цемент тегирмонларининг унумдорлиги 10-25 % га ошиши, туйишга энергия ресурслари сарфи камайиши, маҳсулот ишлаб чиқариш ҳажми ошиши ва таннархи арзонлашиши имконияти исботланган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги замонавий физик-кимёвий таҳлил ва физик-механик хоссаларини синаш усулларидан фойдаланиб, янги турдаги кўшимчалар ва улар асосида олинган «яшил» цемент композитларни амалдаги Миллий ва Давлатлараро тегишли стандартлар талабларига мувофиқ синов натижалари билан тасдиқланган.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.

Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти кўп компонентли боғловчи тизимларнинг қотиш жараёнида кимёвий ўзгаришлар ва микро тузилмалар шаклланиш генезиси ҳақидаги кўникмаларни илк бор олинган янги илмий ва амалий маълумотлар билан бойитиб, паст углеродли ва кам клинкерли «яшил» композитларнинг янги авлодларини яратиш йўналишидаги фан ва технологиялар ривожига салмоқли хисса қўшиш билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти цемент таркибидаги юқори углеродли хом ашёлардан олинадиган қимматбаҳо клинкерни аморф кремнеземли моно- ва гибрид кўшимчалар билан алмаштириш, ишлаб чиқаришда энергия ва ресурсларни тежашни таъминлаш, таннархни арзонлаштириш ва ишлаб чиқариш ҳажмини ошириш янги турдаги кам клинкерли цемент композитлари ишлаб чиқаришга хизмат қилади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Кремнезем миқдори юқори кўшимчалар ва уларнинг гибрид ҳосилалари қўшилган портландцементлар олишнинг «яшил» технологияларини ишлаб чиқиш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

клинкер улушини 15% микрокремнезем билан алмаштириб портландцемент композити энергиятежамкор таркиби «Бекободцемент» АЖда амалиётга жорий этилган («Ўзсаноатқурилишматериаллари» уюшмасининг 2024 йил 24 октябрдаги 04/15-3147-сонли маълумотномаси). Натижада, ЦЕМ II/A-МК 32,5 Н синфдаги минерал кўшимчали портландцемент олиш имконини берган;

клинкер улуши 25% гача «фаол кул тошқол аралашмаси ва микрокремнезем» таркибли гибрид кўшимчалар билан алмаштирилган «яшил» цемент композити «Бекободцемент» АЖ ва «Оҳангаронцемент» АЖда амалиётга жорий этилган. («Ўзсаноатқурилишматериаллари» уюшмасининг 2024 йил 24 октябрдаги 04/15-3147-сонли маълумотномаси). Натижада, мустаҳкамлик кўрсаткичи бўйича 42,5 синфга мансуб ЦЕМ II/B-K(M-II) кам клинкерли КПЦни ишлаб чиқариш имконини берган;

35-45% «фаол кул тошқол аралашмаси ва микрокремнезем» таркибли гибрид кўшимчали «яшил» цемент композити «Бекободцемент» АЖ ва «Оҳангаронцемент» АЖда амалиётга жорий қилинган. («Ўзсаноатқурилишматериаллари» уюшмасининг 2024 йил 24 октябрдаги 04/15-3147-сонли маълумотномаси). Натижада, мустаҳкамлик кўрсаткичи бўйича ЦЕМ IV/B (M-II) 32,5 синфдаги камклинкерли КПЦни ишлаб чиқариш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Тадқиқот натижалари 4 халқаро ва 16 та республика илмий-амалий анжуманларда муҳокамадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши. Диссертация мавзуси бўйича жами 33 та илмий ишлар чоп этилган. Жумладан, 13 та илмий мақола, шулардан Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссияси томонидан чоп этиш тавсия этилган 7 та, хорижий журналларда 6 та, улардан Scopus маълумотлар базасига кирувчи 1 та илмий мақола нашр этилган. Ўзбекистон Республикаси Интеллектуал мулк агентлиги томонидан 1 та фойдали моделга патент (02387 рақамли FAP) олинган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация таркиби кириш, олтита боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертация ҳажми 185 бетни ташкил этади.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида диссертация иши мавзусининг долзарблиги ва зарурияти асосланган, тадқиқотни мақсад ва вазифалари шакллантирилган, тадқиқот объекти ва предметининг батафсил таърифи келтирилган, уларнинг Ўзбекистон Республикаси фан ва технологиялар ривожланишининг устувор йўналишларига мувофиқлиги қайд этилган, олинган натижаларнинг илмий янгилиги ва амалий аҳамияти очиқ берилган, уларни цемент ишлаб чиқаришда жорий этилиш ҳолати, чоп этилган ишлар ва диссертациянинг тузилиши тўғрисидаги маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг «Аморф кремнеземли қўшимчаларни қўллаб цемент ишлаб чиқаришнинг «яшил» технологияларининг ҳозирги ҳолати ва истиқболи» биринчи бобда, илмий-техник ва патент манбалари маълумотларини таҳлил этиш асосида пуццолан қобиляти юқорилиги сабаб таркибида аморф кремнезем тутган минерал қўшимчалардан фойдаланиш афзаллиги қайд этилган. Ўзбекистонда моно- ва гибрид қўшимчали ПЦ ва КПЦларни олиш технологияларини ишлаб чиқиш ва ўзлаштириш ҳолати таҳлил этилган. Бунда, аморф кремнезем тутган қўшимчаларни цементни қовушқоқлигини ошириши ва қотишини секинлаштириши боис, уларни суперпластификаторлар ёки гидравлик фаоллиги юқори қўшимчалар билан модификациялаш зарурияти қайд этилиб, бу диссертациянинг мақсадини – МКни ПЦни хоссаларига таъсирини тадқиқ этиб, олинган натижалар асосида уни ФКТА билан модификациялаб, юқори сифатли пастуглеродли КПЦ олиш, ҳамда МКни ўрнига альтернатив манба сифатида - маҳаллий пуццолан қўшимчаларни ҳам таъсирини тадқиқ этишни аниқлаб берган.

«Объектларнинг физик-кимёвий ва технологик хоссалари, тадқиқот усули» мавзусидаги иккинчи бобда «Ўзметкомбинат» АЖ микрокремнеземи (МК), «Зиёвутдин» кони «Чукурсой» участкаси опокасимон жинси (ОЖ), Нурота кони трепели (Тр) ва Ангрен ИЭС фаол кул тошқол аралашмаси (ФКТА) хоссаларини комплекс тадқиқоти натижалари келтирилган, моно- ва гибрид қўшимчалар билан

модификацияланган «яшил» цемент композитларининг физик-механик хоссаларини аниқлашни стандарт усуллари ёритилган. Тажриба-тадқиқот ишларини бажаришда фойдаланилган жиҳозлар, асбоблар ва ўлчов воситаларининг рўйхати ва тасвирлари келтирилган. Аниқланган Стьюдент t-мезонларнинг қийматиға кўра МК (t=13,47), ОЖ (t=4,6), Тр (t=19,7)лар гидравлик фаоллиги бўйича O'z DSt 901-98 талабларига мувофиқ келиши тўғрисида хулоса чиқарилган. Аммо, Стьюдент мезони қийматлари унчалик юқори эмаслигини ҳисобга олиб, улар гидравлик фаоллиги паст ва ўртача қўшимчалар туркумиға мувофиқ деб ҳисобланган, шу туфайли, клинкерни кўп миқдорда тежаш ва пастуглеродли «яшил» цемент композитлари олиш мақсадида, уларни ингредиент сифатида гидравлик фаоллиги юқори қўшимча – Ангрен ИЭС ФКТАси (t=52,92) билан модификациялаш мақсадға мувофиқлиги тўғрисида хулоса чиқарилган.

«Ўзметкомбинат» АЖда кремний қотишмалари ишлаб чиқариш чикиндиси–ультрамаийн микрокремнезем қўшимчали «яшил» портландцемент олиш технологияси» мавзусидаги учинчи бобда «Ўзметкомбинат» АЖ МКни (№1) ПЦнинг хоссаларига таъсири тадқиқ этилган ва таққослаш учун «Uz-Shindong Silicon» ҚК МЧЖни МКни (№2) қўлланилган. Матрица сифатида эса «Бекободцемент» АЖ клинкеридан фойдаланилган, цементларни тишлашиш муддатини созловчи бўлиб Бухоро кони гипс тоши ишлатилган (1-жадвал).

1-Жадвал

Дастлабки материалларнинг кимёвий таркиби

Материал номи	Оксидларнинг масса улуши, %								
	к.қ.й.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	R ₂ O	бошқа.
Клинкер	0,52	22,49	4,55	4,34	65,64	1,46	0,60	0,04	-
МК №1	2,61	92,70	0,76	1,08	0,28	0,22	0,37	1,58	0,42
МК №2	-	92,71	1,26	1,18	1,49	0,68	-	1,54	0,14
Гипс	19,10	1,52	0,13	0,14	33,04	0,20	43,46	-	2,55

Аралашмаларда гипс тошининг (Гт) миқдори доимий 5%, ПЦ клинкерники эса, уни туйилгандан кейин қўшиладиган (5-20) % МКни ҳисобга олган ҳолда, (75-90) % оралиқни ташкил этди. «Клинкер-гипс» аралашмаси № 008 элакда (10-12) % қолдиқ қолгунча майинликда туйилиб олинган цемент, МК билан лаборатория тегирмонида 1-мин давомида аралаштирилди. Олинган цементларнинг физико-механик хоссалари ГОСТ 310.4-81 усулиға мувофиқ аниқланди. Бунда «Uz-Shindong Silicon» ҚК МЧЖни МКмидан 20% қўшиш ПЦни мустаҳкамлигини эгилишға ҳам, сиқилишға ҳам ошириб, унинг физик-механик хоссаларига ижобий таъсир кўрсатди (жадвал 2). Улар сезиларли даражада (47,3-45,5 МПа) эталоннинг мустаҳкамлигидан (41,3 МПа) анчагина юқори бўлди.

«Ўзметкомбинат» АЖ МКмидан 5% киритилиши, ПЦни эгилишгаям, сиқилишгаям бўлган мустаҳкамлигини эталонникига нисбатан бироз юқори бўлишиға олиб келди. 10% МК ҳам мустаҳкамликни ошириб, 28-суткада 45,8 МРани ташкил этиб, эталонникидан анча юқори бўлди.

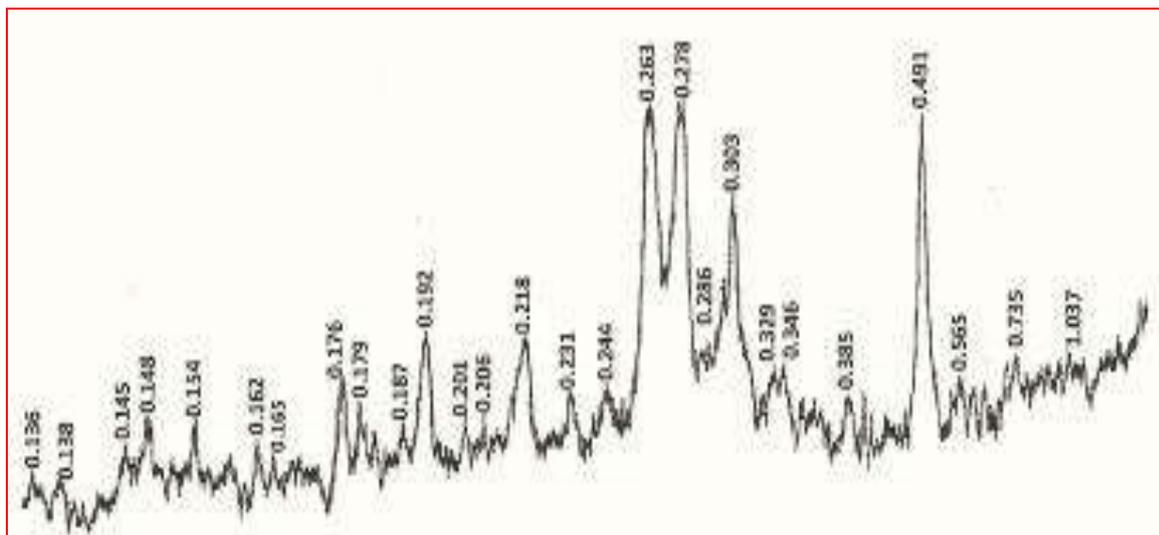
Портландцементни мустаҳкамлик кўрсаткичларига МКни таъсири

Компонентлар номи ва нисбати (мас.%):			В/Ц	Намуналарнинг эгилиш/сиқилишдаги мустаҳкамлик чегараси (МПа)		
ПЦ клинкер	Гипс	МК		3-сут.	7-сут.	28-сут.
«Uz-Shindong Silicon»* ҚК МЧЖ МК						
95	5	-	0,39	4,0/20,5	4,6/28,8	6,3/41,2
90	5	5	0,38	5,1/22,7	6,1/32,1	7,9/48,5
88	5	7	0,40	5,5/25,4	6,2/35,5	9,1/47,5
85	5	10	0,41	5,4/18,7	5,8/32,5	8,7/55,3
80	5	15	0,41	4,9/17,4	5,5/27,5	6,6/47,3
75	5	20	0,41	4,2/16,7	4,3/22,5	2,8/45,5
«Ўзметкомбинат» АЖ МК						
95	5	-	0,37	4,9/17,2	5,2 /29,6	7,0/41,3
90	5	5	0,30	4,9/19,1	5,2 /29,9	7,3/41,4
85	5	10	0,32	5,2/19,1	5,5/30,6	7,4/45,8
80	5	15	0,34	3,9/12,7	4,7/26,7	6,2/36,7
75	5	20	0,36	3,4/12,7	4,4/21,8	6,3/32,8

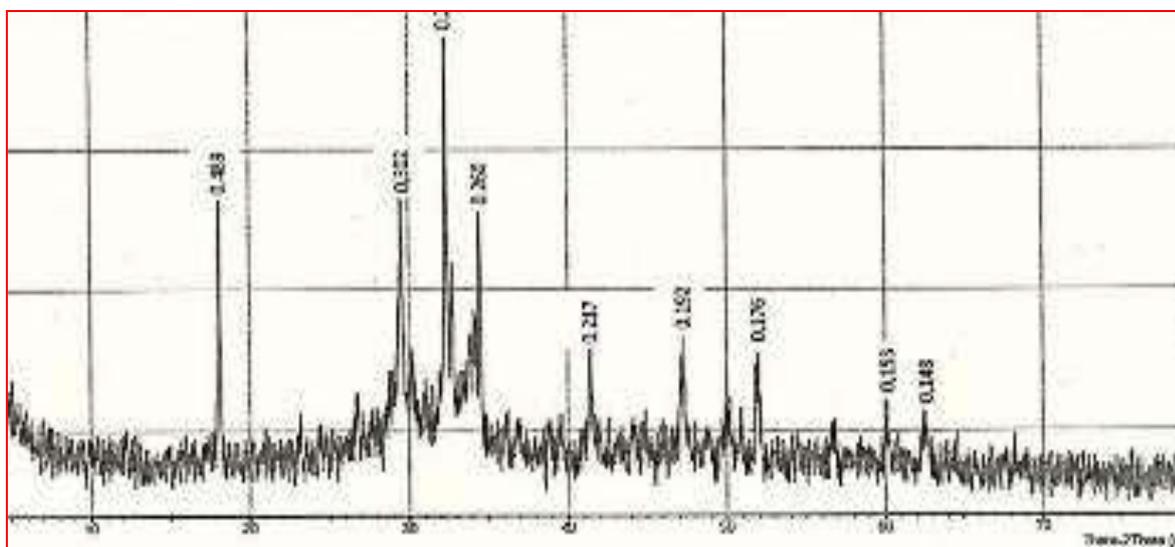
МКни миқдорини 15-20%га оширилиши қотишнинг ҳамма муддатларида цементни мустаҳкамлигини пасайишига олиб келди ва бу кўрсаткичлар 28-суткада эгилиш/сиқилишга тегишлича 6,2/39,7 и 6,3/35,8 МРани ташкил этди. Бу натижаларга таяниб, маркаси ПЦ400-Д20 цемент олиш учун «Ўзметкомбинат» АЖни МКсини миқдорини 15%гача чегаралаш лозим деган муҳим хулоса чиқарилди. ПЦнинг ушбу таркибини гидратланиш тезлигини аниқлаш шуни кўрсатдики, МК сувни боғланишини анчагина тезлатади ва унинг цемент тошидаги миқдори қотишнинг барча муддатларида эталонниқига нисбатан на 3-4%га юқори бўлди.

Дифрактограммалардаги $d/n=(0,491; 0,192; 0,176; 0,162; 0,148)$ nm. лардаги $\text{Ca}(\text{OH})_2$ чизиқларини суръати 1-суткалик қотишдан кейин эталонниқига нисбата анчагина суст бўлиб, бу уни МК ютганлиги сабабли гидросиликатлар ҳосил қилганлиги билан боғлиқ. 3-суткадан бошлаб $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ни аксланиши пасайган, $4\text{CaO}\cdot 5\text{SiO}_2\cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (тоберморит)ники эса – ошган бўлиб, бу қотиш жаарёнида уни миқдори кўпайганлигидан далолат беради ва цемент тошинини мустаҳкамлиги шунинг ҳисобига 28-суткада ПЦ-Д0ни даражасидан юқори бўлганлигини изоҳлайди (1-расм).

1-расмга кўра, қотиш пайтида асосий цемент ЦЕМ II аста-секин сиқилади ва 28 кун ичида у етарлича зич тузилишга эга бўлиб, унга асосланган цемент тошни 400-маркага мос келадиган гидравлик фаоллик билан таъминлайди.



а



б

1-Расм. ПЦ-Д0 (а) ва ПЦ-Д15 МК (б) ларни 28-сутка сувда қотгандаги дифрактограмма-лари

1-сутка сувда қотган цемент тошини синиқ юзасининг рельефи ивиқсимон масса кўринишида бўлиб, 3-суткага келиб ундан гидросиликат ва гидросульфоалюминатларни майда кристаллари ўсиб чиқа бошлайди. Уларнинг кристалланиш даражаси 28-суткага келиб анча ошади, клинкер минералларининг гидролизланиши тезлашади, бу ҳақда тоберморитни призмасимон калта кристалларини миқдори кўпайиши, ҳар тарафга қараб бетартиб ўсаётган кристалл агрегатларнинг ғовакларни тўлдириши, бир-бири билан чатишиб макроғовакларни кичрайтириши ва зичланиб цемент композитини зич микроструктурасини ҳосил қилиши далолат беради. Бундай зичланган микроструктура шаклланиши туфайли уни мустаҳкамлиги 28-суткада ПЦ-Д0ни даражасига етишади.

МК ўта майин материал бўлганлиги сабабли уни клинкер ва гипс тоши билан биргаликда кўшимча равишда қуқунлашга эҳтиёж йўқ. Шу муносабат билан ПЦ-Д20 цементни ишлаб чиқаришнинг анъанавий технологик

тизимига айрим қўшимчалар киритилди, яъни туйиш тегирмонидан ПЦ-Д0 чиқиб қувур орқали силосларга жўнатилади, ичи бўш дозаловчи хампа (бункер) ўрнатилади (2-расм). ПЦ-Д0 цемент қувур орқали сиқилган ҳаво ёрдамида ҳайдалиши жараёнида МК цемент оқими билан аралашади ва силосларга ПЦ-Д20 келиб тушади.



2-Расм. МК қўшилмали ПЦ-Д20 цементни ишлаб чиқаришни технологик схемаси

Тўртинчи «Фаол «МК+ФКТА» қўшимчалар таркибини шакллантириш ва уларни қўлаб пастуглеродли КПЦлар олишни энергия ва ресурстежамкор «яшил» технологияларини ишлаб чиқиш» бобида янги турдаги «МК+ФКТА» «яшил» гибрид қўшимчаларни ПЦни хоссаларига таъсирини тадқиқ этиш натижалари келтирилган. «МК+ФКТА» ГҚдан (25-35)% киритилиши, туйилиш вақтининг айна бир хил даврида (45 min.) аралашмани туйилишини тезлаштириши ва № 008 тўрли элакда қолган қолдиқ 13%ни ташкил этиб, бу эталонниқидан 1%га камлиги аниқланди (3-жадвал).

3-Жадвал

Янги турдаги кўшимчали шихталарнинг компонент таркиби ва «яшил» КПЦларни туйилиш кўрсаткичлари

№	Цементларни шартли белгиланиши	ПЦ клинкер	ФКТА	МК	Гипс	№ 008 элакдаги қолдик, %
1	ПЦ – Қ 0	95			5	14,0
2	ПЦ – ГҚ25(ФКТА+МК)	70	15	10	5	13,0
3	ПЦ – ГҚ35(ФКТА +МК)	60	25	10	5	13,5
4	ПЦ – ГҚ45(ФКТА +МК)	50	35	10	5	12,0

ГҚ микдорининг ошиши цементни туйилишини сушлаштиради, лекин КПЦларни барча таркибларини майинлиги ГОСТ 31108-2020 чегаралаган кўрсаткичга мувофиқ келади (15%дан кўп эмас). Клинкер улушини 25% «ФКТА+МК» ГҚ билан алмаштириш бошланғич муддатларда қотишни секинлаштиради, 28-суткада жараён тезлашади ва цемент композитини мустаҳкамлиги эталонни кўрсаткичига етади (4-жадвал).

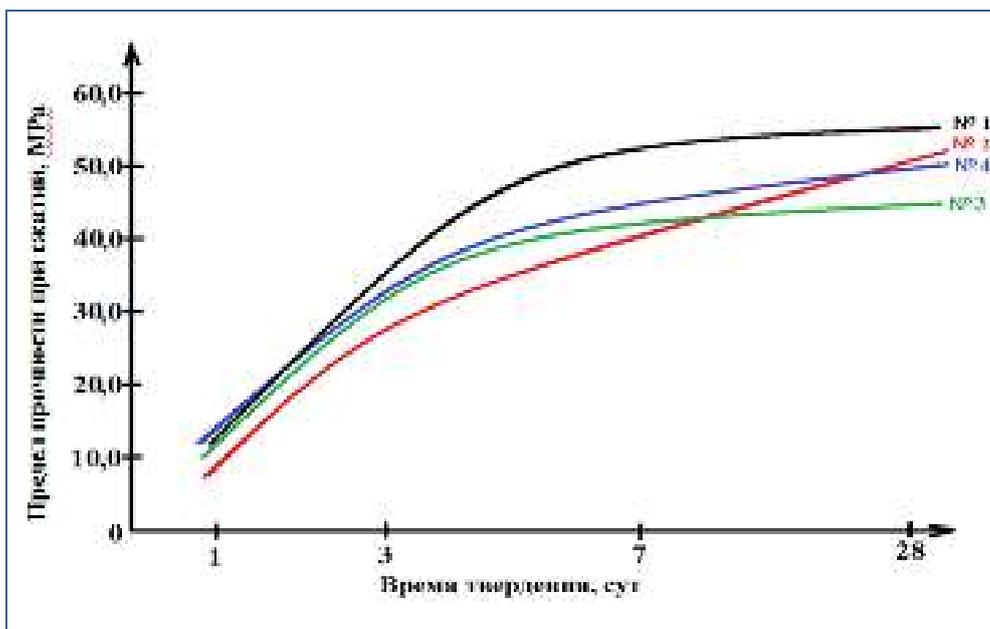
4-Жадвал

ПЦни мустаҳкамлик кўрсаткичини ГҚни тури ва микдорига кўра ўзгариши (2x2x2 см ўлчамли кичик куб-намуналар, таркиб 1:0)

№ т/р	Цементларни шартли белгиланиши	С/Ц	Намуналарнинг сиқилишга мустаҳкамлик чегараси (МПа)			
			1-сут.	3-сут.	7-сут.	28-сут.
1	ПЦ – Қ 0	0,24	13,3	35,8	52,9	54,0
2	ПЦ – ГҚ25 (ФКТА+МК)	0,24	8,30	27,9	40,0	52,5
3	ПЦ – ГҚ35 (ФКТА+МК)	0,24	11,6	32,0	42,0	45,0
4	ПЦ – ГҚ45 (ФКТА+МК)	0,24	12,0	24,5	45,0	50,0

«ФКТА+МК» ГҚни микдорини 35%га ошиши 3-суткада ПЦни мустаҳкамлик йиғишига таъсир кўрсатмади, 7-суткада эса жараён секинлашди ва 28-суткага келиб композитнинг мустаҳкамлиги матрицаникига нисбатан бироз пастроқ бўлди (3-расм). 45% гибрид кўшимча билан модификацияланган ПЦни ҳам қотиши 7-суткагача секинлашди, кейин тезлашиб 28-суткада мустаҳкамлик кўрсаткичи ПЦ-Д0 и ПЦ-ГҚ 25 (ФКТА+МК)ларникига яқин бўлди.

Композицион портландцементни ҳақиқий маркасини аниқлаш ва



3-Расм. «ФКТА+МК» ГҚдаги ингредиент-ларни нисбатларини КЩни мустаҳкам-лигига таъсири:

№1 ПЦ-Қ 0; №2 ПЦ-ГҚ 25; №3 ПЦ-ГҚ 35; №4 ПЦ-ГҚ 45.

стандарт талаблари яъни О‘з DSt 2830:2014 ёки ГОСТ 31108-2003 талабларига муофиқлигини аниқлаш учун, ГОСТ 310.4-81 усули бўйича таркиби 1:3 стандарт призма-намуналарда синов ўтказилди. Аниқландики, (25-45)% клинкерни қисмини «ФКТА+МК» гибрид кўшимча билан алмаштириш «яшил» композитларнинг фаоллигига салбий таъсир кўрсатмайди, уларнинг мустаҳкамлик кўрсаткичлари деярли матрицанинг даражасида бўлди (5-жадвал).

5-Жадвал

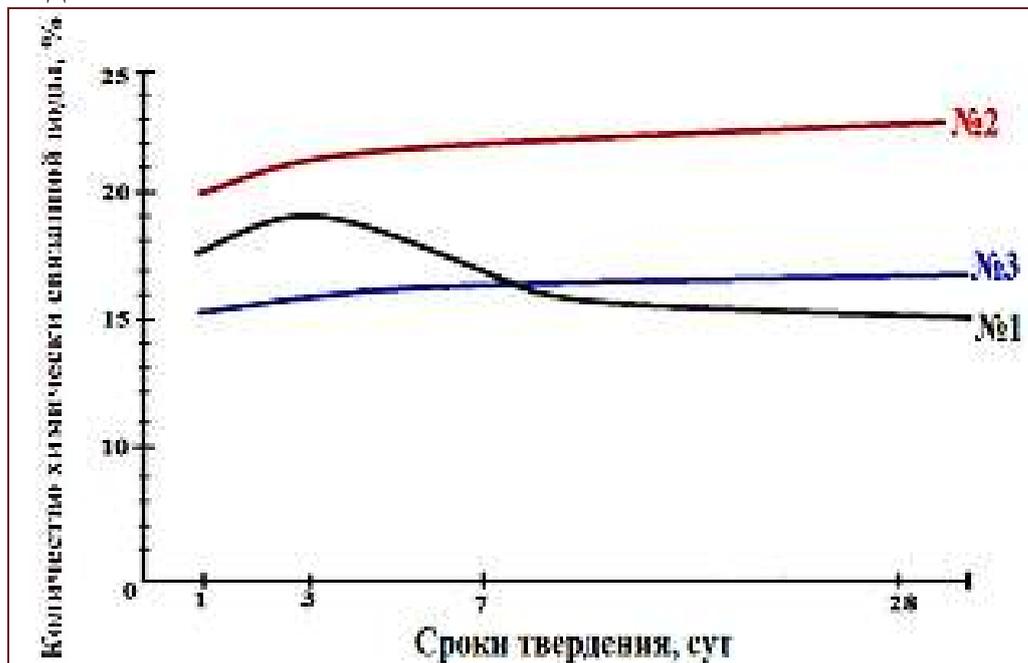
«ФКТА+МК» ГҚли КЩларни ГОСТ 310.4-81 усулида ясалган намуналарини синов натижалари

№ Т/Р	Цементларни шартли белгиланиши	С/Ц	Намуналарнинг сиқилишга мустаҳкамлик чегараси (МПа)		
			3-сут.	7-сут.	28-сут.
1	ПЦ-Қ0 (қиёслаш учун)	0,4	3,5 / 16,2	5,14 / 28,7	6,02 / 42,3
2	ПЦ-ГД 25 (ФКТА+МК)	0,4	3,38 / 21,6	2,84 / 25,2	6,7 / 41,2
4	ПЦ-ГД 45 (ФКТА+МК)	0,4	3,53 / 23,5	3,49 / 21,7	4,75 / 34,3

Таркибидаги клинкерни улуши 45%гача камайганлигига қарамай «яшил» композитларнинг мустаҳкамлиги бундай кўрсаткичларга эришиши сабабини аниқлаш учун, уларни қотиш жараёнида кечадиган гидратланиш ва кимёвий ўзгарилишлар механизми комплекс тадқиқ этилди. Аниқланишича, 25% «ФКТА+МК» ГҚли цементларни гидратланиш жараёни ПЦ-Д0 никига қараганда тезроқ кечади: (1-28) сут. даврдаги кимёвий боғланган сувнинг миқдори, унга нисбатан 2,04 %дан 7,38 %гача кўп (4-расм). ГҚ таркибидаги ФКТАни миқдори 35%га оширилиши сувни гидратли бирикмаларга боғланишини кескин секинлаштирди, бунинг сабаби шундаки, ФКТА ва

МКнинг ўта майда заррачалари сувни шимиб бўлади, ҳосил бўлган ивигсимон масса клинкер минералларини юзасини қоплаб, сувни ичкарига сизиб киришига тўсқинлик қилади ва уларни гидролизланишини секинлаштиради (4-расм, эгри чизик №3).

25% ГҚ тутган КПЦнинг 1-сутка қотишдан кейинги фаза таркибида $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ни $d/n=0,491 \text{ nm}$ даги анчагина кучли дифракция аксланишлари кузатилди, $d/n=(0,972; 0,387)\text{nm}$ ва $d/n=0,560\text{nm}$ даги чизиклар эттрингитга тегишли. $d/n=(0,304; 0,191) \text{ nm}$ даги чизиклар $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ни ҳаводан карбонат ангидридини ютишига CaCO_3 ҳосил бўлганилиги натижасида пайдо бўлган, $d/n=0,387\text{nm}$ карбонат-ионларни гидроалюминатларнинг структурасига жойлашиб, эттрингитни $(3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 3\text{CaCO}_3\cdot 31\text{H}_2\text{O})$ карбонатли аналоги ҳосил бўлганлигидан далолат беради ва у эттрингит каби композит структурасини синчини шакллантиришда иштирок этади. 3-суткада силикат минералларини чизикларининг суръати бироз кучайган бўлиб, бу уларнинг чизиклари устига гидросиликатлар ва $\text{Ca}(\text{OH})_2$ нинг ҳам чизиклари ўрнашганлиги натижасидир. 7-суткалик муддатда силикат минералларининг гидролизланиши тезлашиши ва $\text{Ca}(\text{OH})_2$ боғланиши ҳисобига, уларнинг чўққиларини ўлчами жуда кичрайган, гидратланиш маҳсулотларининг қайта кристалланиши натижасида эттрингит ва уни карбонатли аналогининг ҳам чўққиларини ўлчами кичрайганлиги, 28-суткада эса уларнинг ўсиши кузатилди.



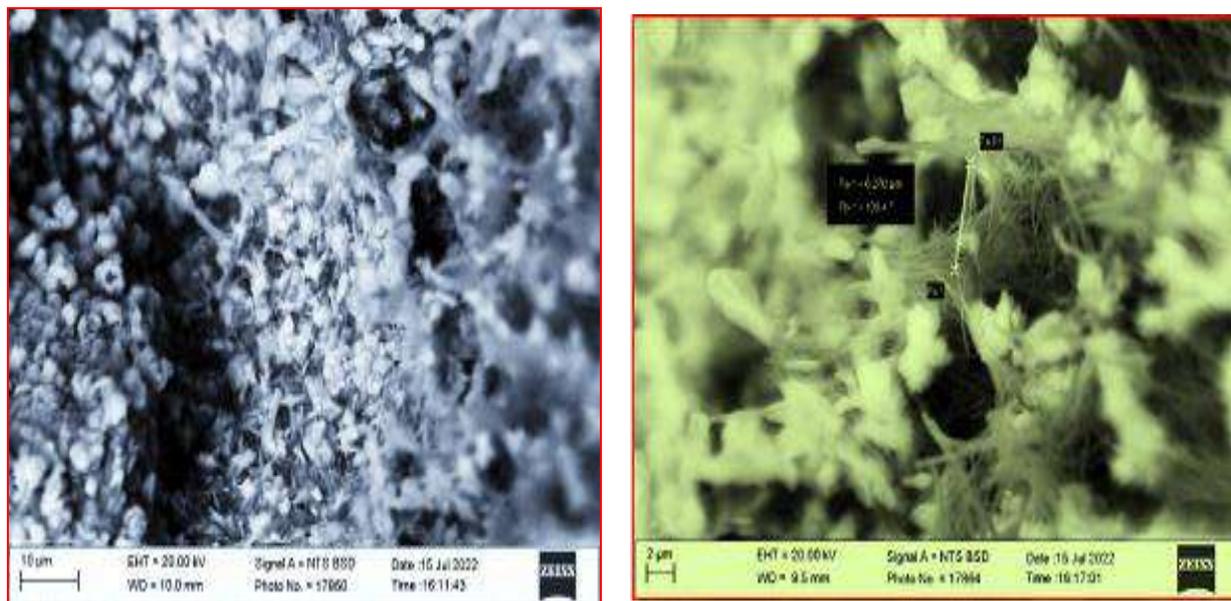
4-Расм. (АЗШС+МК) ГҚни КПЦни гидратланишига таъсири:

№1 ПЦ-Қ 0; №2 ПЦ ГҚ25 (15%АЗШС+10%МК);

№3 ПЦ-ГҚ45 (35%АЗШС+10%МК);

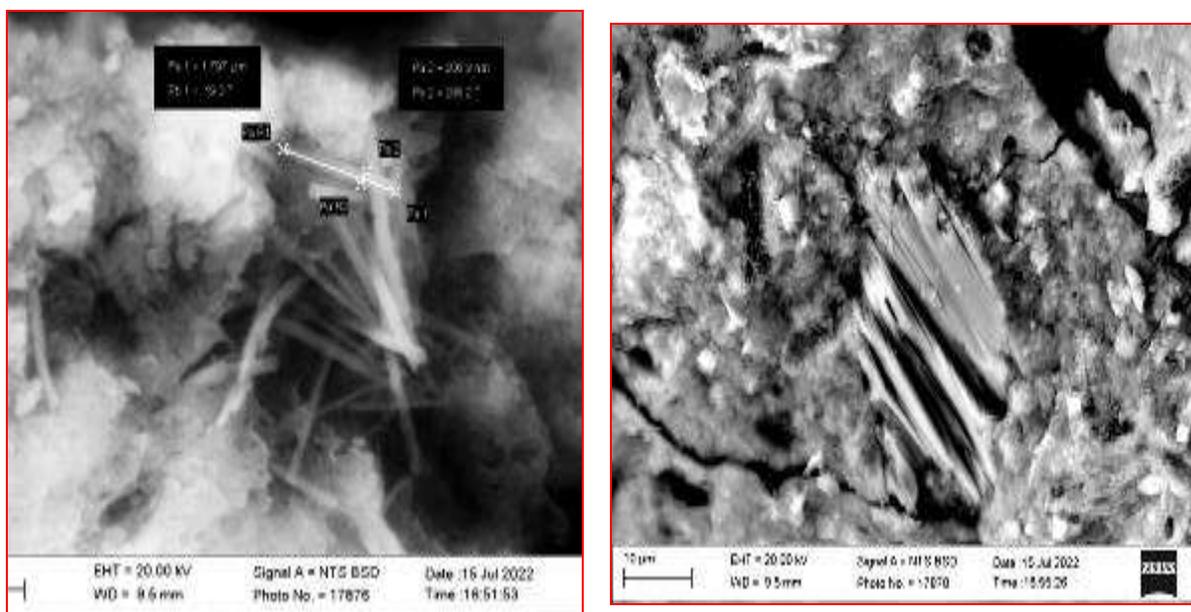
«15% ФКТА+10%МК» ГҚли КПЦни 1-сутка қогандан кейин синдирилган юзасини рельефи майда заррачали текисликдан иборат бўлиб, доналарнинг юзаси тангача, юлдузча ва ниначалар шаклидаги нозик ҳосилалар билан қопланган ва ғовакларда эттрингитни ивигсимон массани

тешиб ўтаётган, толасимон кристаллари ўсиб тўр ҳосил қилаётганлиги ва ўраб олиб, шаклланаётган цемент композити структурасидаги бўшлиқларни ва ғовакларни тўлдираётганлиги кузатилди (5-расм).



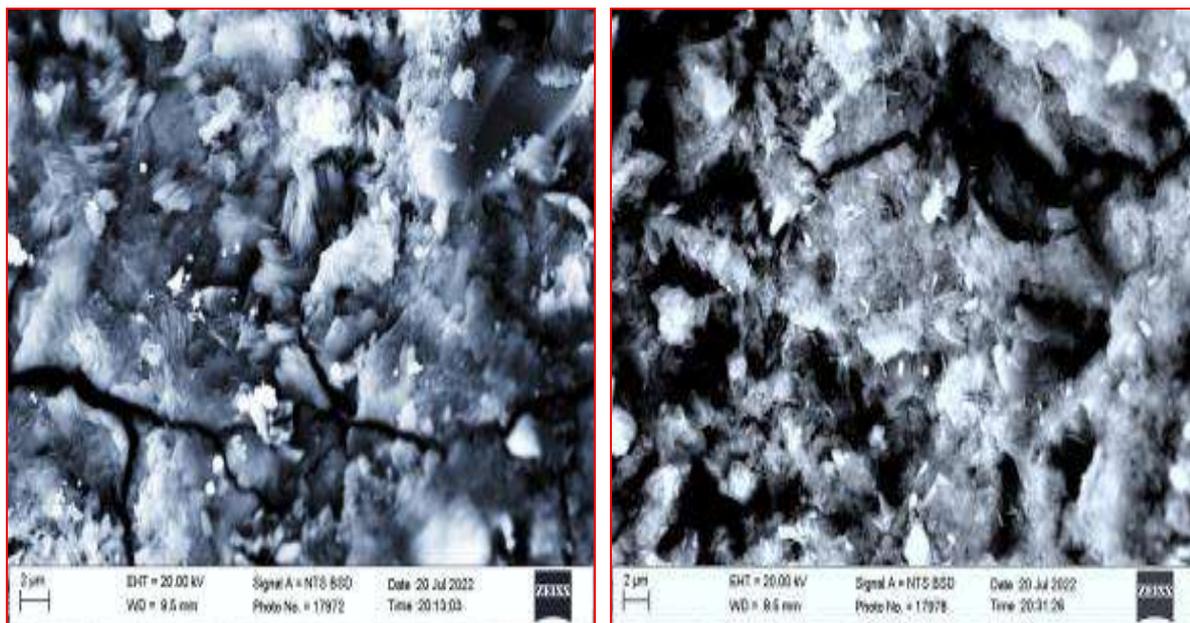
5-Расм. «15%ФКТА+10%МК» ГҚли КПЦни 1-сутка қотгандаги синиқ юзасининг рельефи

Кейинги муддатларда этрингит, уни карбонатли аналогли ва кальций гидросиликатларини ивиқсимон массадан ўсиб чиқиши ва қотаётган КПЦни ғовак ва бўшлиқларини тўр кўринишида тўлдириши давом этиб, 3-суткада яна янги скелет ҳосилалар шаклланади (6-расм).



6-Расм. «15%ФКТА+10%МК» ГҚли КПЦни 3-сутка қотгандаги синиқ юзасининг рельефи

28-суткада композит синиқ юзасининг рельефи анча тартибланиб кўринишга эга. Кристалл ҳосилаларнинг параллел тарзда ҳам, перпендикуляр тарзда ҳам ўсиши кузатилди (7а-расм).



a

б

7-Расм. «15%ФКТА+10%МК» ГҚли(а) ва «15%ФКТА+10%МК» (б) ГҚли КПЦни 28-сутка қотгандаги синиқ юзасининг рельефи

Таркибига «35%ФКТА+10%МК» ГҚ киритилган ПЦни гидратланиш жараёни ҳам худди шу механизм бўйича кечади. Фақат фарқи шундаки, Ca^{2+} ионларини суюқ фазага чиқиши ва $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ни кристалланиши 7-суткагача жадал кечади, 28-суткада секинлашади. Кальций гидросульфоалюминатлари ва гидросиликатларини ҳосил бўлиши гидратланаётган заррачалар юзасининг бутун ҳажми бўйлаб бир текис кечади, бўшлиқлар ва ғовакларни тўлдириб, шаклланаётган цемент композитини мустаҳкамлайди (7б-расм).

Ушбу бобда яна «ФКТА+МК» ГҚни қўллаб «яшил» КПЦ олишни технологик схемаси келтирилган бўлиб, унга кўра цементларни олишнинг анъанавий схемасига бироз ўзгартириш киритилади: МК алоҳида омборда сақланади ва у тегирмоннинг цапфасига ўрнатилган тақсимловчи ҳампа орқали силосга узатувчи кувурга тушаётган ПЦ+ФКТАли цемент аралашмасига берилади. МК кувурда сиқилгани ҳаво ёрдамида цемент оқими билан аралашади ва ҳосил бўлган КПЦ цемент силосларига келиб тушади.

Бешинчи «Аморф кремнезем тутган табиий пуццоланларни микрокремнеземни ўрнини босувчи манбалар сифатида ПЦнинг хоссаларига таъсирини тадқиқ этиш» бобида аморф кремнеземли маҳаллий пуццоланларни («Чукурсой» участкаси опокасимон жинси (ОЖ) ва Нурота кони трепели (Тр))ларни цемент қўшимчаси сифатида яроқлилигини ўрганиш натижалари келтирилган. Аниқланишича, ОЖ гидравлик фаоллиги паст (t -мезон=4,6), Тр эса (t =19,7) – ўртача фаолликка эга қўшимчалар гуруҳига мансуб. ПЦга ОЖдан 20% қўшилиши унинг фаоллигини пасайтирмайди ва олинган қўшимчали цементларни маркази 400га мувофиқ келади (б-жадвал).

ОЖни ПЦнинг физико-механик хоссалрига таъсири

Цементларни шартли белгиланиши	С/Ц	Конусни ёйилиши mm	Эгилиш ва сиқилишга мустаҳкамлик чегараси, (МПа)				МХ бўйича цементни маркаси
			7-d		28-d		
			Риз	Рсж	Риз	Рсж	
ПЦ - Қ 0	0,39	113	5,27	26,1	6,45	42,8	400
ПЦ - Қ (ОЖ) 10	0,39	113	5,20	27,9	6,58	43,8	400
ПЦ-Қ (ОЖ) 15	0,39	113	4,89	27,0	7,03	42,3	400
ПЦ-Қ (ОЖ) 20	0,44	110	5,20	24,3	6,35	40,0	400
ПЦ-Қ (ОЖ) 25	0,50	110	5,82	21,6	4,15	26,0	Мувофиқ эмас
ПЦ-Қ (ОЖ) 30	0,52	110	2,81	18,1	3,97	24,9	Мувофиқ эмас
ПЦ-Қ (ОЖ) 40	0,56	107	2,25	11,0	3,15	16,7	Мувофиқ эмас

ОЖ миқдорини 25%дан 40%гача оширилиши ПЦни мустаҳкамлигини кескин пасайтирди. Шу туфайли ПЦ400-Д20 маркали цемент олиш учун унинг миқдори 20%гача чегараланди. Нурота кони трепелидан 20-25% кўшилиши ПЦни тишлашиш муддатини бироз узайтирди ва бу балки, жинс таркибида эҳтимол тупроқли компонентлар борлиги билан боғлиқ бўлишидир (7-жадвал). Лекин бу кўрсаткичлар ГОСТ 10178ни умумқурилиш ПЦларга қўйган талаби доирасида бўлди. Тупроқли аралашмасининг мавжудлиги цемент тошини 7-суткадаги мустаҳкамлик йиғишига ҳам таъсир кўрсатди. таркибида (20-25)% трепел тутган цементларнинг мустаҳкамлиги ортиб бориб, 28-суткада ПЦ400-Д0ниқидан (41,7 МПа) юқори (44,0 ва 42,6 МПа) бўлди (7-жадвал).

ОЖ ва Тр ПЦни физико-механик хоссаларига таъсири деярли бир хил эканлигининазарда тутиб, физик-кимёвий хоссаларини ўрганиш учун 15% ОЖ қўшимчали цемент танлаб олинди. Таркибида аморф кремнезем борлиги туфайли ОЖ сувни ва суюқ фазадан оҳакни жадал ютиши сабабли, гидратли маҳсулотлар ҳосил бўлиши тезлашади.

Вақт ўтиши билан боғланган сувни миқдори ортиб бориб, 60-суткада 17,17%ни ташкил этди ва бу ПЦ-Д0га қараганда 3,13%га кўп, 90-суткада эса уни миқдори бироз камайди, бу гидратли фазалани барқарорлашуви билан боғлиқ бўлиши эҳтимоллигини ренгенфазавий таҳлил натижалари ҳам тасдиқлади.

Аморф кремнеземли алюмосиликат қўшимчаларнинг цемент таркибидаги клинкернинг бир қисмини алмаштиришдаги роли, уларнинг суюқ фазадан $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ни ютиб, сувда эримайдиган гидратли маҳсулотлар

ҳосил бўлиши ҳамда структура шаклланишига ва физик-механик хоссаларига таъсир механизми аниқланиб, олинган натижалар кўшимчали цемент таркибини ҳамда уни олиш жараёнининг кимёвий-технологик параметрларини оптималлаштиришган.

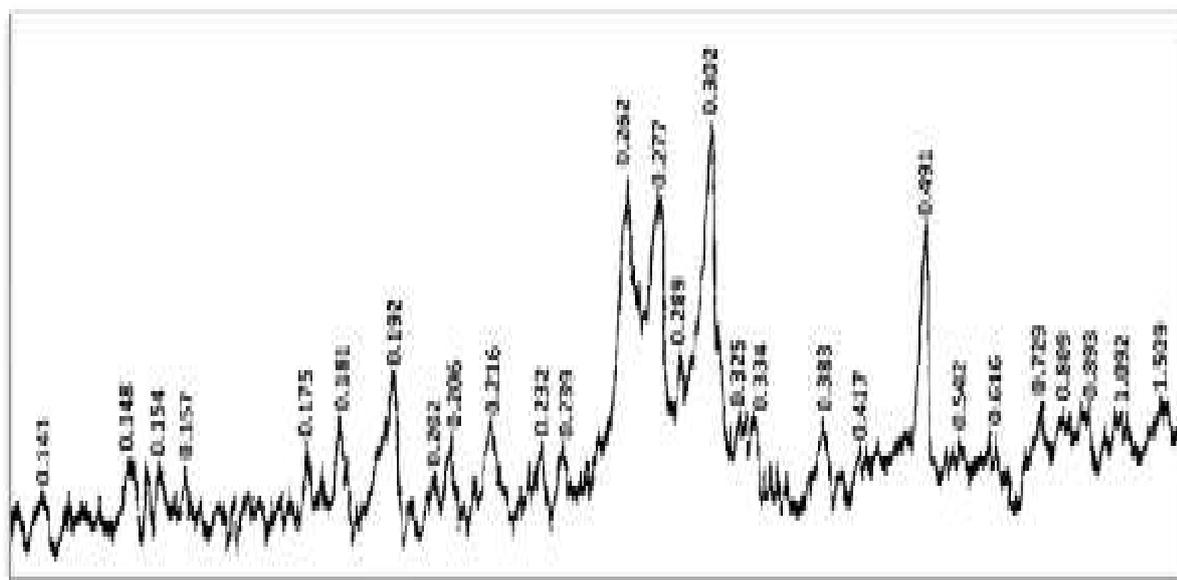
7-Жадвал

Трепелни портландцементни физико-механик хоссаларига таъсири (40x40x160 mm ўлчамли 1:3 таркибдаги призма-намуналар)

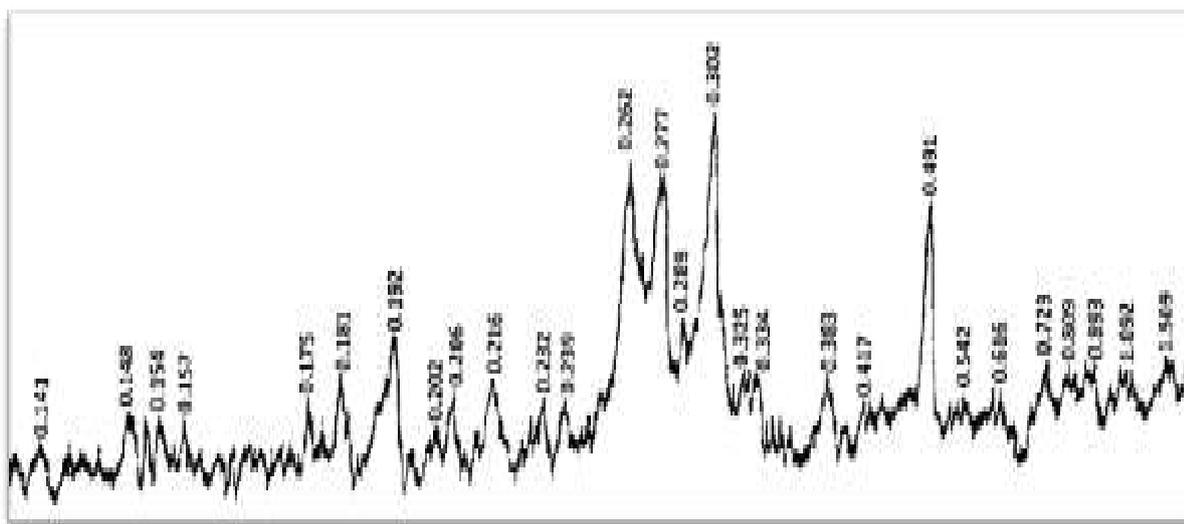
Цементни шарт-ли белгиланиши	Туйи-лиш майинлиги, (№008) элакдаги қолдиқ бўйича, %	Солиш-тирма юзаси, см ² /г	Тишлашиш муддатлари, d-min		Цементларни сиқилишга гидравлик фаоллиги, МПа, (сут):			МХ бўйича маркаси
			бошла-ниши	туга-ши	Буғ-лан-ган-дан кейин	7	28	
ПЦ-Қ 0	4,5	346,9	2-05	4-00	33,0	30,2	41,7	400
ПЦ-Қ 20Тр	5,3	336,4	2-40	4-30	29,1	29,8	44,0	400
ПЦ-Қ 25Тр	7,5	330,0	2-45	4-30	27,7	28,9	42,6	400

Дифракция майдонида тоберморит гуруҳига мансуб кальций гидросиликатларининг $d/n=(1,509; 1,092; 0,516; 0,325; 0,216; 0,206; 0,202; 0,183)nm$ даги чизиқлари, ҳамда унчали юқори жадалликка эга бўлмаган кальций гидросульфоалюминатларининг $d/n=(0,893; 0,809; 0,729)nm$ чизиқлари қотишининг ҳамма даврида жадаллик суръатини унчалик ҳам ўзгартирмайди (8-расм).

CaCO₃ни (d/n=0,302) чизиғи суръати ОЖ таркибида органик қолдиқлар – спикуллар ва Ca(OH)₂ни қисман карбонатлашуви натижасида юқори бўлган.



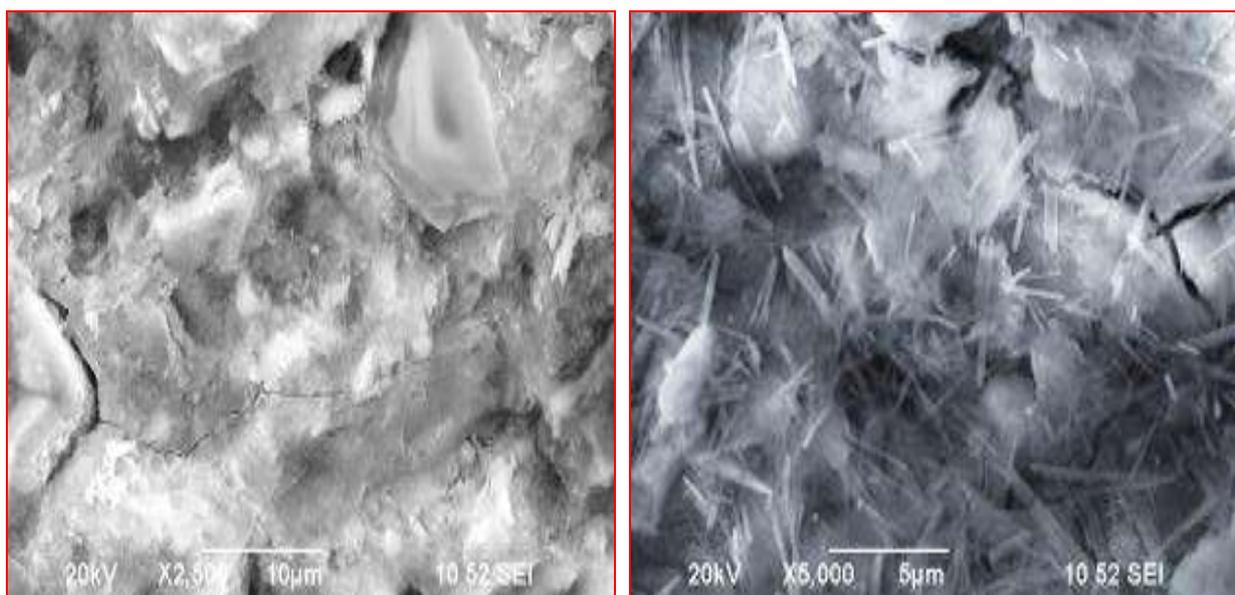
б



a

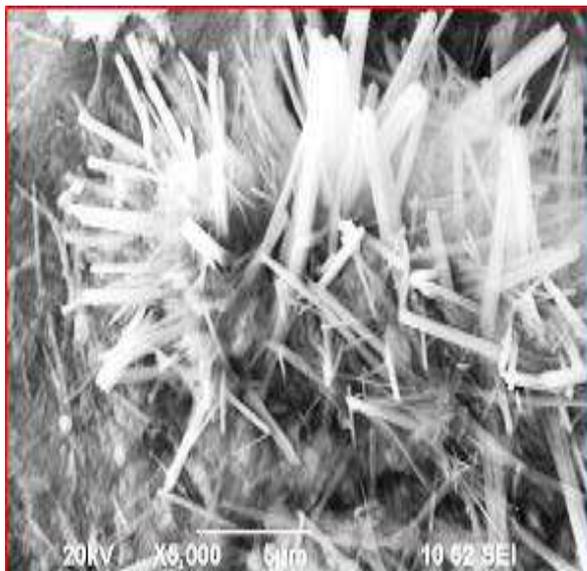
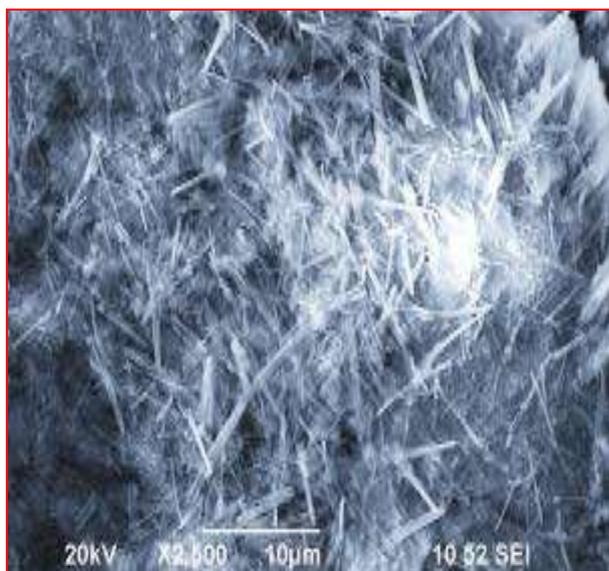
8-Расм. ПЦ400-Д15 ОЖ кўшимчали цементни дифрактограммалари (Қотиш муддатлари: 1 (а); 28 (б) сут.)

ПЦни қотиш жарёнида ОЖни структураси шаклланишига ижобий таъсир кўрсатиши аниқланди. 1-сутка қотгандан кейинги цемент тошининг юзаси ғадир-будир ва кўп ғовакли. Заррачалар турлича шаклга эга бўлиб, раковина шаклдагилари органик қолдиқлар - спикулларга тегишли (9-расм).



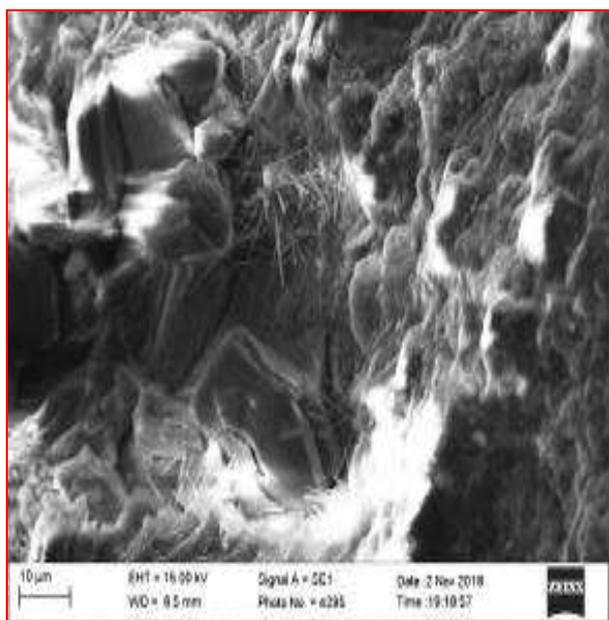
9-Расм. ПЦ400-Д15 ОЖни 1сутка қотгандаги синиқ юзасининг рельефи

Ғовакларни деворлари ва тагида 3-суткада нинасимон кристаллар кўплаб ҳосил бўлади (10-расм). Бу даврда гидратланиш жараёни тезлашиб, зарралар орасидаги бўшлиқлар ва ғовакларда кальций гидросиликатлари этрингитни кристаллари кўп миқдорда ҳосил бўлиб, улар цемент тошини структурасини кристалл скелетини ташкил қилади. Гидратланиш жараёни сакрашсиз бир текис кечиши туфайли цемент тошини структураси 28-суткада зичланганлиги, уни мустаҳкамлиги ПЦ400-Д0ники даражасига етишини таъминлайди (11-расм).

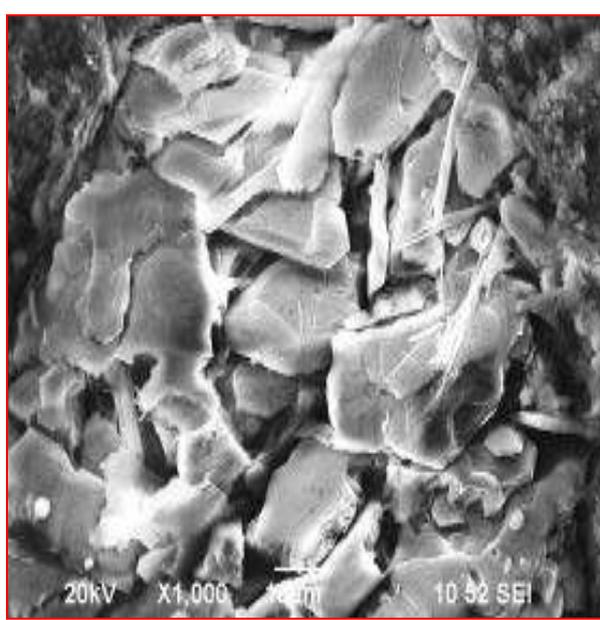


10-Расм. Кристалларни ғовакларда 3-суткада бетартиб ўсиши

Опокасимон жинслар ва трепелни комплекс олиб борилган тадқиқотлар натижасида уларни Қизилқум воҳасида фаолият юритаётган цемент ишлаб чиқарувчи корхоналарда моно қўшимча ва гибрид қўшимчаларга ингредиент сифатида қўллаш мумкинлиги борасида амалий тавсиялар берилди.



a



b

11-Расм. ПЦ400-Д15 ОЖ тоши юзасини 28-сут. (а) ва 90-сут. (б) рельефи

«Аморф кремнеземли қўшимчалар ва уларни фаол ҳосилалари билан модификацияланган цементларга меъёрий база ишлаб чиқиш ва олиш технологиясини жорий этиш» олтинчи бобда ишлаб чиқилган янги турдаги қўшимчали ва композицион цементлар: ПЦ400-Қ15 МК, ПЦ400-Қ15 ОЖ, ПЦ-ГҚ25 «ФКТА+МК» и ПЦ-ГҚ45 «ФКТА+МК»ларни умрбоқийлигини ўрганиш борасидаги натижалар келтирилди. Аниқландики, 1 ойдан 6 ойгача сувда ва 3%-ли Na_2SO_4 эритмасида сақланган барча

цементларнинг мустаҳкамлиги, демакки, бардошлик коэффициентлари (БК) ҳам ПЦ-Д0никидан (БК₆=0,60) юқори ва тегишлича БК₆=0,84; 1,00; 0,84 и 0,86га тенг бўлди. ПЦ-Д0 цементга 1%-MgSO₄ эритмаси кучлироқ таъсир кўрсатди (БК₆=0,50). Тажриба ўтказилаётган янги турдаги цементлар бу эритмада ҳам юқори сульфатбардошликка эга бўлди: 1%-ли MgSO₄ эритмасида 6-ой сақланган ПЦ400-Қ15 МК; ПЦ-ГҚД25 «ФКТА+МК» ва ПЦ-ГҚ45 «ФКТА+МК» цементлар тегишлича БК₆=0,84; 0,86 ва 0,80га тенг бўлди, ПЦ400–Қ15 ОЖ цементники эса ҳатто БК₆=1,15ни ташкил этди.

Тадқиқ этилаётган барча цементлар асосидаги бетон намуналар, ГОСТ 10060-2012ни биринчи усули бўйича синалганда, 35 цикл музлатиш ва сувда эритиш бардош берди ва совуққа чидамлилиги бўйича ПЦ-Д0 асосидаги бетонники каби F₁₂₅ маркага мувофиқ келди. Ушбу цементлар асосидаги бетонлар иқлим ўзгариши таъсирига ҳам юқори чидамлилик намоён этди: 25 цикл намланиш ва қуритилишдан кейин уларнинг мустаҳкамлик йўқотиши 3,7% дан 17%гача бўлиб, бу билвосита баҳолаш учун йўл қўйилган қиймат – 25% дан анчагина камдир.

«ФКТА+МК» ГҚ25 тутган КПЦ асосида бетонни хоссаларини ўрганиш, М300 маркали бетон олиш учун 1м³ бетон аралашмаси тайёрлашда унинг сарфи ПЦ400-Қ0га нисбатан кам бўлишини кўрсатди.

ХУЛОСА

1. Аморф кремнеземли алюмосиликат кўшимчаларнинг цемент таркибидаги клинкернинг бир қисмини алмаштиришдаги роли, уларнинг суяқ фазадан Са(ОН)₂ ни ютиб, сувда эримайдиган гидратли маҳсулотлар, жумладан кальций гидросиликатларга айланиши, цементдаги камёбликни бартараф этиши ва композитнинг мустаҳкамлигини ПЦ-Д0 даражасигача оширишдаги ижобий таъсири ҳақидаги маълумотлар илмий-техник адабиётлар ва патент манбалари асосида умумлаштирилган ва таҳлил қилинган.

2. Табиий ва техноген хом ашё ресурсларининг цементга кўшимча сифатида яроқлилиги, уларнинг кимёвий-минералогик таркиби, технологик хоссалари, гидравлик ва пуццолан фаолликлари физик-кимёвий усуллар мажмуаси орқали аниқланган, шунингдек микрокремнезем ва тадқиқ этилган аморф кремнеземли табиий пуццоланлар юқори пуццолан фаолликка эга бўлганига қарамасдан, уларнинг гидравлик фаоллик қийматлари Стюдент мезони бўйича нисбатан паст даражада эканлиги аниқланган.

3. МКни 15–20% миқдорда киритиш цемент пастасининг қайишқоқлигини ошириши, шунингдек, С3Sнинг гидролизланиши орқали Са(ОН)₂ ажралиб чиқиши ва гидросиликатлар ҳосил бўлишининг камайишига олиб келиши аниқланган, шунингдек, цемент тошининг мустаҳкамлиги пасайишининг олдини олиш ва сув ютувчанлик хоссасини бартараф этиш мақсадида эса гидравлик фаоллиги юқори бўлган

алюмосиликат қўшимчалар, жумладан, ФКТА билан биргаликда қўллаш тавсия этилган.

4. Илк бор ФКТА ва МК билан биргаликда, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ни ютиш қобилияти юқори бўлган, «клинкер–қўшимча» аралашмасининг туйилишини тезлатувчи ва 25–35% миқдорда клинкерни самарали алмаштира оладиган, O'z DSt 2830:2014 бўйича 400–500 маркали КПЦлар (ГОСТ 31108–2020 бўйича мустаҳкамлик синфи 32,5–42,5) олишни таъминловчи «яшил» гибрид қўшимчаларни янги турлари ишлаб чиқилган.

5. Гидроалюминатлар, гидросульфалюминатлар (моно- и учсульфатли модификациялари), уларнинг карбонатли аналоглари, турли миқдорда сув тутган гидросиликатлар, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ва CaCO_3 ларни оптимал миқдорда жадал синтезланиши ҳисобига полиминерал таркибли «яшил» композит ҳосил бўлиши илмий асосланган. Шу билан бирга, КПЦ таркибидаги алитли клинкер улушининг 25% дан 35% гача камайганлиги, «яшил» композит шаклланиш жараёнида турли кристалл кўринишдаги фаза ҳосилаларининг жадал ривожланиши ва генетик ўсиши, шунингдек қотаётган система заррачалари ва ғоваклари оралиғидаги бўшлиқларни самарали тўлдириши ҳисобига қатламланган блокли-агрегатли микроструктуранинг шаклланиши, макроғоваклар миқдорининг камайиши, цемент композитининг зичлиги ва мустаҳкамлиги ошганлиги аниқланган.

6. Таркибида аморф кремнезем бўлган табиий пуццоланларнинг ПЦнинг гидратланиш тезлигига, структураси шаклланишига ва физик-механик хоссаларига таъсир механизми аниқланиб, олинган натижалар қўшимчали цемент таркибини ҳамда уни олиш жараёнининг кимёвий-технологик параметрларини оптималлаштириш имконини берган, шунингдек аморф кремнеземнинг сув билан таъсирлашуви ва суюқ фазадан оҳакни жадал ютиши орқали гидратли маҳсулотлар шаклланишининг тезлашиши ва зич, мустаҳкам цемент тоши ҳосил бўлиши натижасида, таркибида 20% табиий пуццоланлар мавжуд бўлган цементларнинг гидравлик фаоллиги ПЦ400-Д0 маркасидан кам эмаслиги аниқланган.

7. Юқориуглеродли клинкерни ОЖ, трепел ва «ФКТА+МК» ГҚ билан алмаштириш цементларни агрессив сульфатли муҳитлардаги бардошини оширганлиги, уларнинг 3%-ли Na_2SO_4 ва 1%-ли MgSO_4 эритмаларида 6 ой сақлангандан кейинги БК₆ қийматлари 0,84 дан 1,15гача бўлиб, бу шу давр ичида ушбу эритмалардаги БК₆ қиймати тегишлича 0,60 ва 0,50 бўлган ПЦ-Д0 никидан анча юқорилиги ва опока ва «ФКТА+МК» ГҚли ишлаб чиқилган барча цементларни ГОСТ 22266-2013 бўйича сульфатбардош цементлар туркумига киритиш мумкинлиги, ҳамда ушбу цементларни қаттиқ совуқ ва иқлим ўзгариши таъсирига ҳам қаршилиги юқорилиги, шунингдек 25% «ФКТА+МК» гибрид қўшимчаси асосидаги «яшил» КПЦ қўлланилиб тайёрланган бетон аралашмалари ПЦ-Д0 цементига нисбатан кам сарфланган бўлса-да, ўхшаш мустаҳкамлик кўрсаткичлари бўйича М300 маркага мувофиқ келиши аниқланган.

8. МК қўшимчали ва «ФКТА+МК» ГҚди КПЦ олишни анъанавий туйиш схемасидан фарқланувчи технологик схемаси ишлаб чиқилган.

9. МК ва унинг ҳосилаларидан қўшимча сифатида фойдаланиб умумқурилиш ва композицион портландцементлар олиш борасидаги тадқиқот натижаларини амалда қўллаш учун МТХ тўплами (цементдаги кремнеземли қўшимчаларни аниқлаш усули, ташкилот стандартлари-Ts, Технологик йўриқномалар - ТЙ) ишлаб чиқилган.

10. МКдан 10% қўшилган ПЦ-Д20 цементни йириклаштирилган тўпи «Бекободцемент» АЖда назорат синовидан ўтказилган. Шунингдек, «YUGGAZCEMENT» МЧЖни туйиш бўлинмасида 20% опокали жинслар қўшилган ПЦ-Д20 цементни тажриба партияси ишлаб чиқариш шароитида синовдан ўтказилган ва уларни умумқурилиш цементларини ишлаб чиқаришда қўшимча сифатида қўллаш самарадорлиги аниқланган.

11. 25-35% клинкер «ФКТА+МК» ГҚ билан алмаштирилган КПЦни йириклаштирилган тўпи ишлаб чиқилиб, «Бекободцемент» АЖ ва «Ахангаронцемент» АЖда назорат синовидан ўтказилган. Олинган натижалар, ушубу қўшимчалар иштирокида камуглеродли ва «яшил» цемент композитлари олиш имконияти аниқланган.

12. Пастуглеродли умумқурилиш ва «яшил» КПЦлар ишлаб чиқаришда моно- ва гибридных қўшимчаларни қўллашни технологик, иқтисодий ва экологик самарадорлиги асосланган.

**РАЗОВЫЙ НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.02/05.05.2023.К/Т.35.02 ПО
ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ПРИ ИНСТИТУТЕ ОБЩЕЙ И
НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ**

ИНСТИТУТ ОБЩЕЙ И НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ

МУХИТДИНОВ ДИЛШОД ДАВРОНОВИЧ

**РАЗРАБОТКА «ЗЕЛЁНЫХ» ТЕХНОЛОГИЙ ПОЛУЧЕНИЯ
ПОРТЛАНДЦЕМЕНТОВ С ВЫСОКОКРЕМНЕЗЕМИСТЫМИ
ДОБАВКАМИ И ИХ ГИБРИДНЫМИ ПРОИЗВОДНЫМИ**

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

**АВТОРЕФЕРАТ
ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК (DSc)**

Ташкент – 2025

Тема диссертации доктора наук (DSc) зарегистрирована под номером B2024.4.DSc/T842 в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, наук и инноваций Республики Узбекистан

Диссертационная работа выполнена в Институте общей и неорганической химии.
Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице Научного совета и Информационно-образовательного портала «ZiyoNet» по адресу (www.ziyo.net/uz)

Научные консультанты:	Намазов Шафоат Саттарович доктор технических наук, профессор, академик
	Искандарова Мастура доктор технических наук, профессор
Официальные оппоненты:	Кучаров Бахром Хайриевич доктор технических наук, старший научный сотрудник
	Искендеров Ахмед Максетбаевич доктор технических наук, доцент
	Хасанов Бахриддин Баратович доктор технических наук, профессор
Ведущая организация:	Ферганский государственный технический университет

Защита диссертации состоится в « 14 » часов « 22 » мая 2025 года на заседании Разового Научного Совета DSc.02./05.05.2023.K/T.35.02 при Институте общей и неорганической химии по адресу: 100170, г. Ташкент, ул. Мирзо Улугбека, 77-а. Тел.: (+99871) 262-56-60, факс: (+99871) 262-79-90, e-mail: iunx@academy.uz.

С диссертацией можно ознакомиться в информационно-ресурсном центре Института общей и неорганической химии (зарегистрирован под 70) (Адрес: 100170, г. Ташкент, ул. Мирзо Улугбека, 77-а. Тел.: (+99871) 262-56-60).

Автореферат диссертации разослан « 8 » мая 2025 г.
(реестр протокола рассылки № 70 от « 8 » мая 2025 г.)



И.Х.Усанбаев
Председатель разового научного совета
по присуждению ученой степени, д.т.н., профессор

Ж.С. Шукуров
Ученый секретарь разового научного совета
по присуждению ученой степени, д.т.н., профессор

В.П. Гуров
Председатель научного семинара при разовом совете
по присуждению ученой степени,
д.х.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора наук (DSc))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире активно развиваются тенденции, направленные на смягчение негативных последствий изменения климата за счет повышения энергоэффективности и сокращения «углеродного следа». В цементной промышленности для решения таких экологических проблем, как ежегодный выброс 2,6 млрд тонн углекислый газ CO₂, внедряются «зеленые» технологии, основанные на сокращении количества клинкера и замене его низкоуглеродными добавками. Для этого важным научным и практическим решением является эффективное использование местных техногенных и природных отходов - металлургической, химической, энергетической и горнодобывающей промышленности. В Узбекистане в качестве приоритетных задач также обозначены диверсификация производства цемента, внедрение инновационных технологий, направленных на переработку отходов как ресурса, а также снижение доли клинкера. Поэтому актуально развитие исследований, направленных на разработку малоклинкерных цементных композитов на основе активных веществ с высоким содержанием кремнезема.

В мире ведутся научно-исследовательские работы по развитию новых направлений производства строительных материалов, снижению их стоимости, освоению передовых технологий, использующих меньше материальных и энергетических ресурсов. В связи с этим одним из экономически целесообразных направлений экономии энергии и ресурсов в цементной промышленности сегодня является получение цементов с гидравлической активностью не меньшей, чем у традиционного аналога - портландцемента без добавок, в котором особое внимание уделяется производству высокоуглеродистого клинкера путем замены определенной его части природными и техногенными добавками.

В нашей республике достигаются определенные научные и практические результаты по изучению высококремнистых и термически активных алюмосиликатных природных пуццоланов и вторичного сырья в качестве цементной добавки при производстве низкоуглеродистых цементных композитов методом легирования портландцемента с активными минеральными добавками. Президент Республики Узбекистан ставит перед отраслью конкретную цель - достичь в 2025 году производства 20,260 млн. тонн цемента, и ее реализация является основной задачей Стратегии «Узбекистан-2030» в плане «широкого внедрения инновационной деятельности во всех направлениях, поддержка научных исследований и инновационных инициатив»¹. Вместе с тем, в республике особое внимание уделяется наращиванию научных исследований по глобальному переходу на низкоуглеродную экономику и реализации инновационных проектов, обеспечивающих повышение энергоэффективности и снижение энергозатрат при производстве продукции в каждой из отраслей.

¹ Указ Президента Республики Узбекистан № УП-158 от 11 сентября 2023 года СТРАТЕГИЯ «Узбекистан-2030».

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Указах УП №4947 от 7 февраля 2017г. «Стратегия действий по пяти приоритетным направлениям развития Республики Узбекистан», № УП – 5368 от 30 октября 2019 года «Концепция охраны окружающей среды Республики Узбекистан до 2030 года», УП №60 от 28 января 2022 г. «О Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 гг.», и Постановлениях Президента Республики Узбекистан ПП № 3696 от 4 мая 2018 года «О дополнительных мерах по стабильному обеспечению внутреннего рынка цементом», ПП-3698 от 7 мая 2018 г. «О дополнительных мерах по совершенствованию механизмов внедрения инноваций в отрасли и сферы экономики», ПП-4335 от 23 мая 2019 г. «О дополнительных мерах по ускоренному развитию промышленности строительных материалов», а также в других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

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

Обзор зарубежных исследований по теме диссертации². Изучение и анализ зарубежных научных исследований по разработке составов и внедрению технологий получения цементных композитов с применением высококремнеземистых модификаторов проводятся во многих научно-исследовательских институтах и высших учебных центрах мира, в том числе: РХТУ им. Д. И. Менделеева (Россия), Южно-Уральский государственный университет (Россия), ЮКГУ им. М.О. Ауэзова (Казахстан), National Institute of Standards and Technology (США), VDZ (Verein Deutscher Zementwerke e.V.) (Германия), BWM Tec Gmb H&Co. KG (Германия), Heidelberg Cement Group (Германия), Gambarotta Gschwendt, (Италия) Whitehopleman (Великобритания), Bigrimm Technology Group (Китай).Cement Manufacturers Association of India (Индия), CEMBUREAU – (The European Cement Association, Бельгия), Dalma Bharat Ltd и Sanghi Industries Ltd, (Индия), Ultra Tech Ltd (Индия), CNBM Engineering Co Ltd (КНР), Aslan Çimento AŞ (Турция), также в Институте Общей и неорганической химии (Узбекистан).

В мире ведутся научные исследования по получению композитов на основе обычного портландцемента путем их модификации нанодисперсным кремнеземом и его различными модифицированными аналогами, а также природными и искусственными добавками, содержащими аморфный кремнезем, получены следующие научные результаты, в том числе: технология производства ПЦ с добавкой кремнезема, обеспечивающая повышение морозостойкости цемента до 30% (Jiangnan University in Kunmen Province, Китай); способ производства ПЦ с добавкой кремнезема, снижающий эмиссию CO₂ на 15% (Massachusetts Institute of Technology, США); технология

² Обзор научных исследований по теме диссертации подготовлен: <http://www.nist.gov>, www.ukgu.kz/ru, <http://www.cmaindia.org/>, www.heidelbergcement.com/en, <https://cembureau.eu>, <https://www.muctr.ru>, www.ultratech.com/, <https://www.susu.ru/ru>, <https://www.vdzonline.de/>, www.whitehopleman.com/, <https://www.dalmiabharat.com/>, www.cnbmengineering.cm/, www.gambarotta.it/, www.bwfgroup.de/, www.sanghicement.com/, www.aslancimento.com.tr/ и других источников..

производства жаропрочного ПЩ с добавкой кремнезема, повышающая его термическую устойчивость на 35% (Indian Institute of Technology, Индия); новые методы и составы получения более экологичного цемента с высоким содержанием кремнезема (University of Copenhagen, Дания); технология производства цемента с использованием отходов и вторичных материалов с высоким содержанием кремнезема (Delft University of Technology, Нидерланды).

В настоящее время в мире проводятся ряд научно-исследовательских работ по следующим приоритетным направлениям с целью разработки технологий производства различных малоклинкерных «зеленых» цементных композитов с использованием только вторичного минерального сырья, содержащего аморфный кремнезем, в том числе: улучшение эксплуатационных свойств цементного камня и бетона путем управления процессом гидратации цемента в требуемом направлении. улучшение; разработка составов и энерго- и ресурсосберегающих технологий малоклинкерных общестроительных, пуццолановых, сульфатостойких, композиционных портландцементов с высокими эксплуатационными свойствами; производство недорогого портландцемента на многих цементных заводах.

Степень изученности проблемы. Научные исследования по разработке технологий получения цементных композитов с использованием добавок аморфного кремнезема описаны в научно-технической литературе известными учеными, в том числе Ю.М. Бутт, В.В. Тимашев, В.К. Классен, А.М. Дмитриев, О.Н. Крашенинников, В.С. Горшков, Д.Г. Судакас, С.И. Иващенко, Р.З. Рахимов, Е.Ю. Ермилова, З.Б. Энтин, Дж. Вейл, Х.Дж. Фойерборн, И.Я. Харченко, М. Heikal, А.А. Кирсанов, Л.Я. Крамар, В.К. Козлова, А.М. Маноха, М.Я. Бикбау, Ilsan Erçin, H.El-Didamony, Darweesh H.M., R.A. Mahmoud, Yilmaz Bulent, Ediz Nezahat, Degirmenci Nurhayat, Yilmaz Arin A.A. Лихошерстов, Е.В. Мануйлов, Е.Ю. Малова. К.А. Капустин, И.С. Семерикова, Selichi Hoshino, Kasuo Yamada, Hiroshi Hiraо, Ли Чой., В.Е. Сон, В.Л. Найдек, О.В. Хохрякова, В.Г. Хозин, В.А. Шевченко, Э.Р.Бариев, а также широко освещается другими ведущими учеными.

В нашей Республике научно-исследовательскими работами по получению малоклинкерных цементов и промышленному производству модифицированных цементов с добавками занимались ведущие учёные, в том числе С.С. Канцепольский, М.Г. Гулямов, Т.А. Отакузиев, М.И. Искандарова, З.П. Пулатов, Х.Л. Усманов, Н.Х. Талипов, Ф.Б. Атабаев, Г.Б. Бегжанова, З.А. Мухамедбаева и другие. В результате проведённых научно-исследовательских работ были разработаны оптимальные решения по технологиям получения малоклинкерных и модифицированных добавками композиционных портландцементов на основе природных минеральных сырьевых ресурсов и техногенных отходов.

Вместе с тем, в отрасли отсутствуют научно обоснованные данные о недорогих природных и техногенных кремнеземсодержащих сырьевых ресурсах, способных в значительной степени заменить дорогостоящий клинкер, обладающих способностью поглощать и снижать содержание

Ca(OH)₂, вымываемого в жидкую фазу, формировать нерастворимые в воде гидратные соединения цементного камня, способствовать увеличению объёмов производства цемента, снижению его себестоимости и уменьшению выбросов CO₂ в атмосферу.

Между тем, данное исследование направлено на комплексное изучение технологических свойств МК и местных пород с высоким содержанием аморфного кремнезема, а также на определение их соответствия требованиям, предъявляемым к активным минеральным добавкам и наполнителям-добавкам. Кроме того, работа предусмотрена на разработку энерго- и ресурсосберегающих технологий получения малоклинкерных цементных композитов.

Связь темы диссертации с научно-исследовательскими работами научно-исследовательского учреждения, в котором выполняется диссертация. Диссертационная работа выполнена в соответствии с планами научно-исследовательских работ Института общей и неорганической химии АН РУз в рамках прикладного проекта ПЗ-20170914202 «Разработка технологии получения новых видов цементов с высоким содержанием микрокремнезема и местных кремнеземсодержащих добавок» (2018-2020 гг.) и совместного Узбекско-Китайского прикладного проекта «Совместная разработка «зелёных цементных композитов с использованием золошлаковой смеси энергетики и шлаков металлургии» (2019-2021 гг.).

Цель исследования: Разработка «зелёных» технологий получения портландцементов с добавлением высококремнеземистых добавок и их гибридных производных.

Задачи исследования:

комплексные исследования химико-минералогического состава и физико-химических свойств, гидравлической активности по критерию Стьюдента (t-критерия) и пуццолановой способности (по поглощению извести) отхода производства кремниевых сплавов – микрокремнезема (МК);

научное обоснование возможности применения МК в качестве гидравлической и пуццолановой добавки для цемента;

комплексные исследования местных природных сырьевых материалов для производства пуццолановых цементов, содержащих аморфный кремнезем (опоки и трепела), как альтернативных источников МК;

комплексное исследование влияния МК, опоки и трепела на физико-химические свойства портландцемента (ПЦ) с целью определения возможности их применения в качестве моно-добавок и ингредиентов гибридных добавок (ГД) для получения композиционного портландцемента (КПЦ);

изучение влияния МК, опоки и трепела на физико-механические свойства обычного портландцемента (ПЦ) и оптимизация состава цементов с добавками.

физико-химический анализ новых гидратных образований, возникающих в процессе твердения портландцемента (ПЦ), модифицированного микрокремнеземом (МК), и исследование генезиса формирования структуры «зелёного» композита.

разработка блок-схемы этапа доставки микрокремнезема (МК) в процесс производства композиционного портландцемента (КПЦ) и проведение экспериментальных испытаний «зелёных» портландцементов.

изучение воздействия активных «зелёных» гибридных добавок (ГД) на физико-механические свойства портландцемента (ПЦ), состоящих из «МК+ФКТА», и оптимизация состава нового типа композиционных портландцементов (КПЦ).

анализ скорости гидратации и твердения «зелёных» КПЦ, кинетики образования гидратных продуктов;

исследование генезиса формирования микроструктуры цементного композита на основе «зелёного» КПЦ, установление закономерностей взаимосвязи «состав-структура-свойства» в системе «клинкер, гибридная добавка, гипс, вода» в процессе гидратации;

разработка технологической схемы получения нового типа «зелёных» композитов, проведение испытаний их крупнозернистых гранул на цементных предприятиях;

определение свойств бетонов на основе портландцементов, модифицированных аморфным кремнеземом и моно- и гибридными добавками;

обоснование технологической, экономической и экологической эффективности производства новых типов КПЦ с использованием «зелёных» гибридных добавок.

Объектом исследования являются местные природные и техногенные пуццоланы с аморфным кремнеземом: опокодержущие горные породы (ОЖ), трепел (Тр), микрокремнезем (МК), а также гибридные добавки на основе МК с активной зольной летучкой (ФКТА), используемые для получения образцов малоклинкерных цементных композитов.

Предметом исследования является получение нового типа малоклинкерных композитов на основе природных пуццолановых материалов, МК и «зелёных» гибридных добавок, разработка технологий их производства, а также изучение гидратации, твердения, генетического развития новых образующихся фаз и формирования микроструктуры этих новых «зелёных» цементных композитов.

Методы исследований. В диссертации использованы современные методы физико-химического анализа (рентгенофазовый, ДТА, ИК-спектроскопический, оптическая бинокулярная микроскопия и электронная микроскопия) и использованы традиционные методы для технологии получения портландцемента.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

впервые исследованы химико-минералогические составы, физико-химические свойства, гидравлическая и пуццолановая активность добавок, содержащих аморфный кремнезем - микрокремнезема (МК) и местных пуццоланов опоки и трепела;

разработаны физико-химические основы энерго-ресурсосберегающих технологий получения малоклинкерных “зелёных” цементных композитов применением пуццолановых и гибридных добавок, содержащих аморфный кремнезем;

впервые разработан научно-обоснованный подход к получению общестроительных (ПЦ) и композиционных портландцементов (КПЦ) путем применения местных природных пуццоланов, МК и его гибридных производных с АЗШС;

впервые установлено положительное влияние местных пуццоланов с аморфным кремнезёмом и Гд, включающих “МК+АЗШС” и разработаны эффективные составы мало клинкерных общестроительных и композиционных цементов;

исследована степень гидратации вяжущих систем «молотый клинкер – пуццолановая добавка – гипс - вода» в «молотый клинкер – гибридная добавка – гипс - вода»;

определена корреляционная взаимосвязь прочности “зелёных” композитов и возникновением, развитием и формированием микроструктуры при гидратации цементов с опокой и гибридными добавкамиУ;

научно доказано для достижения прочности матрицы возможность замены клинкера в составе рядового ПЦ природными пуццоланами с аморфным кремнеземом и МК до 15%, а гибридными добавками – до 35%;

научно обосновано обеспечение высокой прочности малоклинкерных цементных композитов, полученных модификацией “МК+АЗШС”, за счет ускорения твердения рядового ПЦ в присутствии “зелёных” гибридных добавок с высокой гидравлической активностью;

разработаны энерго – и ресурсосберегающие технологии получения низкоуглеродных малоклинкерных “зелёных” цементных композитов применением моно- и гибридных добавок.

Практические результаты исследований заключается в следующем:

разработаны энерго- ресурсосберегающие составы и технологии получения малоклинкерных цементных композитов путем замены до 15% клинкерной составляющей в ПЦ, обеспечивающих марки ПЦ400-Д20 (класса по прочности 32,5), путем замены клинкера в ПЦ до 15% МК и природными пуццоланами, содержащими аморфный кремнезем;

оптимизирован диапазон содержания моно- и гибридных добавок, содержащих аморфный кремнезем, обеспечивающих получение цементных композитов марок 400-500 с экономией (15-35)% клинкера;

показано, что за счет применения пуццоланов с аморфным кремнеземом и Гд, включающих техногенные отходы с высокой размолоспособностью, производительность цементных мельниц повышается на (10-25)%,

снижаются затраты энергетических ресурсов на помол, увеличивается объем выпуска продукции и снижается ее себестоимость;

за счет комплексной утилизации МК и АЗШС в качестве ингредиентов «зелёных» Гд и выпуска малоклинкерных КЩС с их применением улучшается промышленная экология и обеспечивается «чистый» климат.

Достоверность результатов исследований подтверждена результатами испытаний новых видов добавок и полученных на их основе «зеленых» цементных композитов с использованием современных методов физико-химического анализа и испытаний физико-механических свойств в соответствии с требованиями действующих Национальных и Межгосударственных стандартов.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследований заключается в обогащении знаний по химическим превращениям и формирования микроструктур в процессе твердения многокомпонентных вяжущих систем впервые полученными новыми данными и вносит достойный вклад в развитие науки и технологии в направлении получения нового поколения «зелёных» композитов.

Закономерности, выявленные в процессе гидратационного взаимодействия цементных композитов с моно- и гибридными добавками, содержащими аморфный кремнезем, представляющие теоретическую и практическую значимость, могут быть использованы как справочные данные при изучении свойств полифазных вяжущих систем.

Практическая значимость результатов исследований заключается в разработке новых видов мало клинкерных цементных композитов, обеспечивающих энерго- и ресурсосбережение при производстве, снижение себестоимости и увеличение объема выпуска путем замены высокоуглеродной дорогостоящей клинкерной составляющей цемента на моно- и гибридные добавки с аморфным кремнеземом.

Внедрение результатов исследований. На основе полученных научных результатов по разработке «зеленых» технологий получения портландцементов с высоким содержанием кремнезема и их гибридных производных:

энергосберегательный состав портландцементного композита, замененный клинкерной доли 15% микрокремнеземом, внедрён в практику на АО «Бекободцемент». (Справка Ассоциации «Узпромстройматериалы» № 04/15-3147 от 24 октября 2024 года). В результате имелась возможность получения портландцемента с минеральной добавкой класса ЦЕМ II/A-МК 32,5 Н.

«зелёный» цементный композит, замененный клинкерной доли до 25% гибридными добавками состава «смесь активного золо-шлака и микрокремнезем» внедрен в практику на АО «Бекабадцемент» и АО «Ахангаранцемент». (Справка Ассоциации «Узпромстройматериалы» № 04/15-3147 от 24 октября 2024 г). В результате имелась возможность

производства малоклинкерного КЩ по показателям прочности класса ЦЕМ П/В-К(М-П) 42,5.

«зелёный» цементный композит с 35-45% гибридной добавкой состава «смесь активного золо-шлака и микрокремнезем» внедрен в практику на АО «Бекабадцемент» и АО «Ахангаранцемент». (Справка Ассоциации «Узпромстройматериалы» № 04/15-3147 от 24 октября 2024 г). В результате имелась возможность производства малоклинкерных «зелёных» КЩ по показателям прочности класса ЦЕМ IV/В (М-П) 32,5.

Апробация результатов диссертации: Результаты исследований обсуждались на 4 международных и 16 республиканских научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов. По теме диссертации опубликовано всего 33 научные работы. В том числе 13 научных статей, из них 7 — в журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан, 6 — в зарубежных изданиях, включая 1 статью в журнале, входящем в базу данных Scopus. Получен 1 патент на полезную модель (№02387 FAP), выданный Агентством интеллектуальной собственности Республики Узбекистан.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения, списка литературы и приложений. Объем диссертации составляет 185 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснована актуальность и востребованность темы диссертационной работы, сформулированы цель и задачи исследования, приведена подробная характеристика объектов и предметов исследований, отмечено их соответствие приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан, раскрыта научная новизна и практическая значимость полученных результатов, приведены сведения об их состоянии внедрения в производство цемента, по опубликованным работам и структуре диссертации.

В первой главе диссертации «**Современное состояние и перспектива развития «зелёных» технологий производства цементов с применением добавок, содержащих аморфный кремнезем**» на основе анализа и критического подхода информации научно-технической и патентных источников, подчеркнута достоинство применения минеральных добавок, содержащих аморфный кремнезем в плане пуццолановой их способности. Проанализировано состояние разработки и освоения в Узбекистане технологий получения ПЩ и КЩ с моно- и гибридными добавками, содержащими аморфный кремнезем. При этом, из-за пластифицирующего и замедляющего влияния на процесс твердения цементов добавок, содержащих аморфный кремнезем, отмечена необходимость их модификации суперпластификаторами или минеральными добавками более высокой

гидравлической активности, что и определило цель диссертации: исследование влияния МК на свойства ПЦ и на основе полученных результатов - его модификация АЗШС с получением мало углеродных КЩС высокого качества, а также исследовать влияние местных пуццолановых добавок на свойства ПЦ, как альтернативных источников МК.

Во второй главе «Физико-химические и технологические свойства объектов, методика исследования» представлены результаты комплексного исследования свойств МК АО «Узметкомбинат», опоковидной породы (ОП) участка «Чукурсай» месторождения «Зиаэтдин-3», трепела (Тр) Нуратинского месторождения и АЗШС Ангренской ТЭС, описаны стандартные методы определения физико-механических показателей модифицированных моно- и гибридными добавками «зелёных» цементных композитов. Приведен перечень и описание оборудований, приборов и средств измерения, использованные при выполнении экспериментальных исследований. На основе определения значения t- критерия МК (t=13,47), ОП (t=4,6), Тр (t=19,7) сделан вывод о том, что эти добавки по гидравлической активности соответствуют требованиям O'z DSt 901-98. Однако, с учетом не очень высокого значения критерия Стьюдента, они отнесены к категории добавок со слабой и средней гидравлической активностью, поэтому с целью максимальной замены клинкера и получения мало углеродных «зелёных» цементных композитов, сделан вывод о целесообразности их применения как ингредиентов гибридных добавок путем модификации добавкой с более высокой гидравлической активностью – АЗШС Ангренской ТЭС (t=52,92).

В третьей главе «Разработка «зелёной» технологии получения портландцемента с добавкой ультрадисперсного микрокремнезема-отхода производства кремниевых сплавов АО «Узметкомбинат» проведены исследования по изучению влияния МК АО «Узметкомбинат» (№1) на свойства ПЦ. Для сравнения использован также МК СП ООО «Uz-Shindong Silicon» (№2). Матрицей служил ПЦ клинкер АО «Бекабадцемент», регулятором сроков схватывания - гипсовый камень Бухарского месторождения (табл.1).

Таблица 1.

Химический состав исходных материалов

Наимен-е материала	Массовая доля оксидов, %								
	п.п.п.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	R ₂ O	Пр.
Клинкер	17,04	50,25	7,90	2,70	11,26	1,77	0,51	-	8,64
МК №1	2,61	92,70	0,76	1,08	0,28	0,22	0,37	1,58	0,42
МК №2	-	92,71	1,26	1,18	1,49	0,68	-	1,54	0,14
Гипс	19,10	1,52	0,13	0,14	33,04	0,20	43,46	-	2,55

В шихтах содержание гипсового камня (Гк) было (5%), а ПЦ клинкера (Кл), содержание которого с учетом количества вводимого после его помола МК (5-20%), варьировалось в пределах (75-90%). Цемент, полученный после помола «клинкерно-гипсовой» шихты до тонкости (10-12)% остатка на сите № 008, смешивался с МК в лабораторной мельнице в течение 1-min. Физико-

механические свойства цементов изучены в соответствии с методикой ГОСТ 310.4-81.

Установлено, что введение до 20% МК СП ООО «Uz-Shindong Silicon» оказывает положительное влияние на физико-механические свойства ПЦ, повышая его прочность, как на изгиб, так и на сжатие (табл. 2).

Таблица 2

Влияние МК на прочностные показатели портландцемента

Соотношение компонентов (масс.%):			В/Ц	Предел прочности образцов при изг/сж. (МПа), через:		
Клинкер	Гипс	МК		3-сут	7-сут	28-сут
МК АО «Узметкомбинат»						
95	5	-	0,37	4,9/17,2	5,2 /29,6	7,0/41,3
90	5	5	0,30	4,9/19,1	5,2 /29,9	7,3/41,4
85	5	10	0,32	5,2/19,1	5,5/30,6	7,4/45,8
80	5	15	0,34	3,9/12,7	4,7/26,7	6,2/39,7
75	5	20	0,36	3,4/12,7	4,4/21,8	6,3/35,8
МК СП ООО «Uz-Shindong Silicon»*						
95	5	-	0,39	4,0/20,5	4,6/28,8	6,3/41,2
90	5	5	0,38	5,1/22,7	6,1/32,1	7,9/48,5
88	5	7	0,40	5,5/25,4	6,2/35,5	9,1/47,5
85	5	10	0,41	5,4/18,7	5,8/32,5	8,7/55,3
80	5	15	0,41	4,9/17,4	5,5/27,5	6,6/47,3
75	5	20	0,41	4,2/16,7	4,3/22,5	2,8/45,5

Однако, повышенной дозировке МК (15-20%) показатели прочности цементов несколько снижаются, но они значительно превосходят (47,3-45,5 МПа) показателей эталона (41,3 МПа). При введении 5% МК АО «Узметкомбинат», прочность ПЦ как на изгиб, так и на сжатие чуть выше, чем у эталона. Ввод 10% МК значительно повышает прочность, которая к 28-сут. достигает 45,8 МПа, что значительно выше, чем у эталона. С увеличением дозировки МК до 15-20% отмечается снижение прочности образцов во все сроки твердения, достигая к 28-сут. 6,2/39,7 и 6,3/35,8 МПа соответственно при изгибе/сжатии. Исходя из этих данных, сделан важный вывод о том, что для получения цемента марки ПЦ400-Д20 добавку МК АО «Узметкомбинат» следует ограничивать до 15%. Исследование скорости гидратации данного состава ПЦ показало, что МК значительно ускоряет связывание воды, количество которого все сроки твердения порядка на 3-4% выше, чем у эталона.

На дифрактограммах интенсивность линий $\text{Ca}(\text{OH})_2$, при $d/n=(0, 491; 0,192; 0,176; 0,162; 0,148)$ nm через 1-сут твердения значительно меньше, чем у эталона, что связано интенсивным его поглощением МК с образованием гидросиликатного геля. Начиная с 3-х сут. отражения $\text{Ca}(\text{OH})_2$ постепенно уменьшаются, а $4\text{CaO} \cdot 5\text{SiO}_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (тоберморита) – увеличивается, что говорит о значительном его образовании при твердении, чем и объясняется

достижение прочности цементного камня через 28-сут. уровня в ПЦ-Д0 (рис. 1).

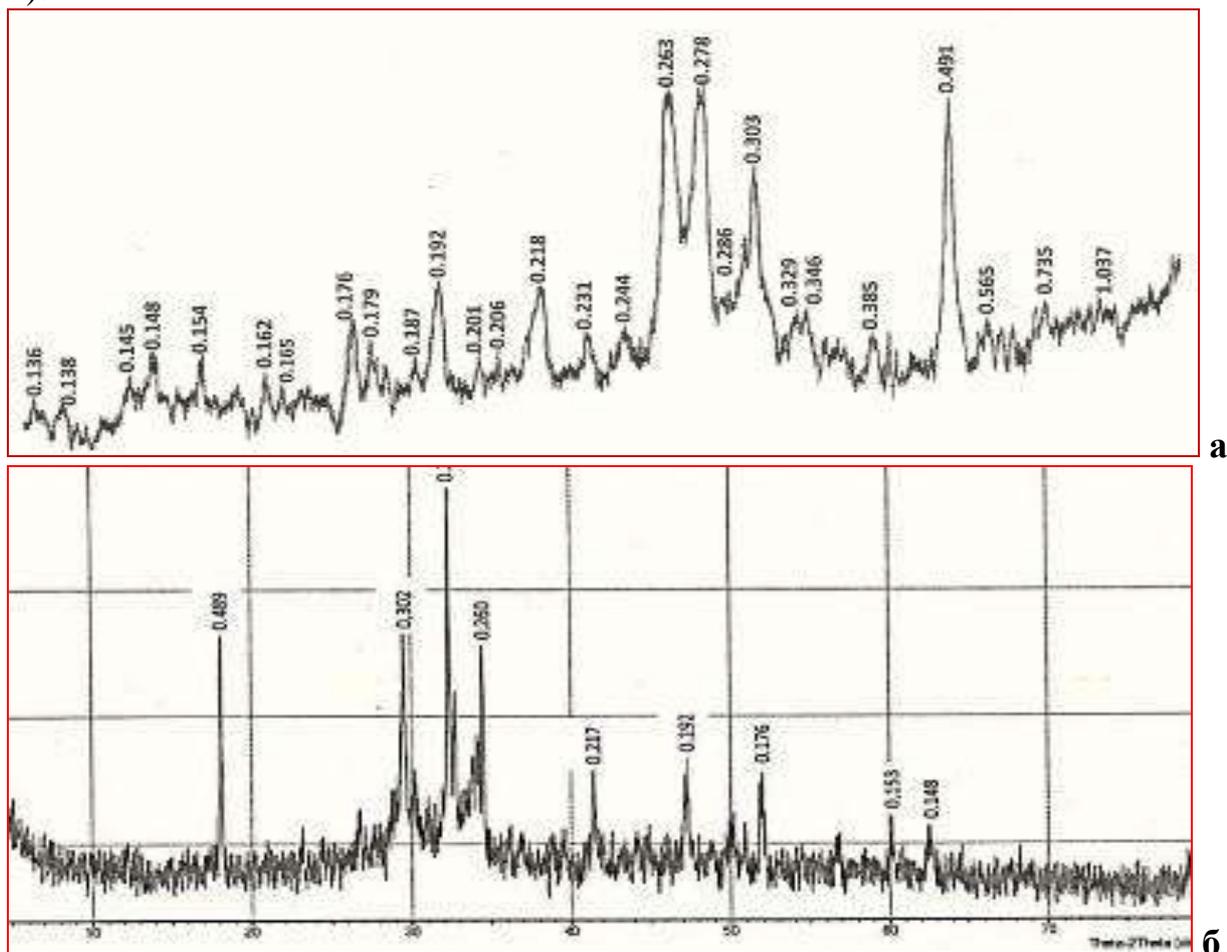


Рис. 1. Дифрактограммы ПЦ-Д0 (а) и ПЦ-Д15 МК (б) через 28 сут. водного твердения

Рельеф поверхности скола затвердевшего через 1 сут. цементного камня представлен гелеобразной массой, из которой к 3-сут. выкристаллизовываются мельчайшие кристаллы гидросульфалоуминатов и гидросиликатов кальция. Степень кристалличности новообразований к 28-и сут. значительно повышается, ускоряется гидролиз клинкерных минералов, о чем свидетельствует увеличение количества коротких призматических кристаллов тоберморита, хаотично растущие и ориентированные в разных направлениях кристаллоагрегаты заполняют поры, срастаются друг с другом, уменьшая макропоры и уплотняясь, образуют монолитную микроструктуру цементного композита. Благодаря созданию плотной микроструктуры его прочность к 28 сут. достигает уровня ПЦ-Д0.

МК является ультрадисперсным материалом, поэтому он не нуждается в дополнительном помоле совместно с клинкером и гипсовым камнем. В связи с этим, в традиционную технологическую схему помола ПЦ-Д20, вносятся некоторые коррективы, заключающиеся в установке для подачи МК бункера с дозатором у выхода ПЦ-Д0 из мельницы (через цапфу), откуда он поступает в трубопровод, по которому транспортируется в силосы. В процессе

перемещения цемента ПЦ-Д0 по трубопроводу, МК смешивается с ним с помощью сжатого воздуха, и в силос поступает цемент ПЦ-Д20 (рис. 2).



Рис. 2. Технологическая схема производства цемента ПЦ-Д20 с МК

В четвертой главе диссертации «Формирование составов активных гибридных добавок «МК+АЗШС» и разработка энерго- и ресурсосберегающей «зелёных» технологии получения низкоуглеродных КЩ с их применением» представлены результаты исследований по изучению влияния новых видов «зеленых» гибридных добавок «МК+АЗШС» на физико-механические свойства ПЦ. Установлено, что введение из (25-35)% ГД «АЗШС+МК», ускоряет помола шихты: за одно, и то же время (45 min.) остаток на сите № 008 составил 13%, что на 1% меньше, чем у эталона (табл. 3).

Таблица 3

Компонентный состав шихт с новыми видами гибридных добавок и показатели помола «зеленых» КЩ

№	Условное обозначение цементов	ПЦ клинкер	АЗШС	МК	Гипс	Ост. на сите № 008, %
1	ПЦ – Д 0	95			5	14,0
2	ПЦ – ГД25(АЗШС+МК)	70	15	10	5	13,0
3	ПЦ – ГД35 (АЗШС+МК)	60	25	10	5	13,0
4	ПЦ – ГД45(АЗШС+МК)	50	35	10	5	12,0

Повышение дозы ГД до 45% уменьшает дисперсность цемента, однако тонкость помола всех составов КЩ соответствуют показателям (не более 15%), регламентируемым О'z DSt 2830:2014. Замена 25% клинкерной составляющей с ГД «АЗШС+МК», в начальные сроки твердения замедляет

набор прочности. К 28-сут. процесс ускоряется и прочность композита достигает показателя эталона (табл. 4).

Таблица 4

**Изменение прочности ПЦ в зависимости от вида и дозы ГД
(образцы-кубики 2х2х2см, состав 1:0)**

№ п/п	Условное обозначение цементов	В/Ц	Предел прочности образцов при сжатии (МПа), через (сут):			
			1	3	7	28
1	ПЦ–Д0	0,24	13,3	35,8	52,9	54,0
2	ПЦ–ГД25 (АЗШС+МК)	0,24	8,30	27,9	40,0	52,5
3	ПЦ-ГД35 (АЗШС+МК)	0,24	11,6	32,0	42,0	45,0
4	ПЦ- ГД45 (АЗШС+МК)	0,24	12,0	24,5	45,0	50,0

Увеличение количества вводимой ГД «АЗШС+МК» до 35% к 3-сут. почти не влияет на скорость набора прочности ПЦ, а к 7-сут. она замедляется и прочность композита 28-суткам значительно ниже, чем у матрицы (рис. 3). Некоторое замедление процесса твердения модифицированного ПЦ, содержащего 45% гибридной добавки, отмечено также до 7-сут, затем наблюдается ускорение набора прочности, и его показатели к 28-суточному сроку приближается к показателям прочности ПЦ-Д0 и ПЦ–ГД25 (АЗШС+МК). Для определения истинной марки КПЦ и ее соответствие требованиям О'z DSt 2830:2014 или ГОСТ 31108-2003, проводились их испытания на стандартных образцах-призмах состава 1:3, изготовленных по методике ГОСТ 310.4-81.

Установлено, что при замене (25-45)% клинкерной части в ПЦ гибридной добавкой «АЗШС+МК» не оказывает отрицательное влияние на активность «зелёных» композитов, их прочностные показатели находятся почти на уровне матрицы (табл.5).

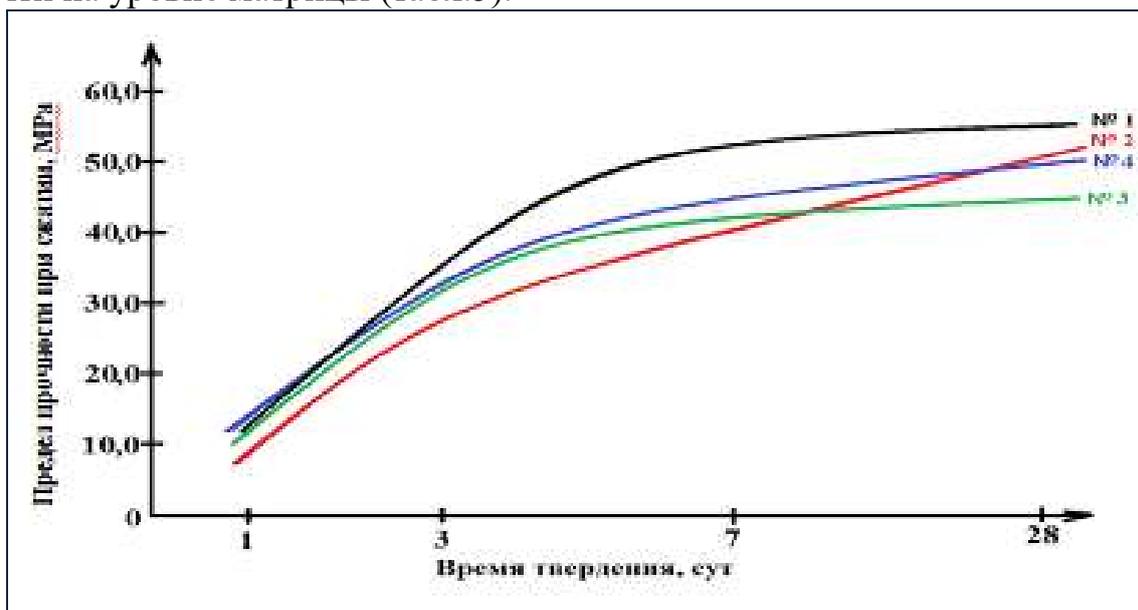


Рис.3. Влияние соотношения ингредиентов в ГД «АЗШС+МК» на прочность КПЦ :

ПЦ-Д0 (№1); ПЦ-ГД25 (№2); ПЦ-ГД35 (№3); ПЦ-ГД45(№4)

Для раскрытия причины достижения таких показателей прочности «зелёных» композитов, несмотря на уменьшение в них до 45% клинкерной части, проводились комплексные исследования скорости гидратации и механизма химического превращения при их твердении.

Таблица 5

Результаты испытаний образцов, изготовленных по методике ГОСТ 310.4-81 из КЩ с ГД «АЗШС+МК»

№ п/п	Условное обозначение цементов	В/Ц	Предел прочности образцов при сжатии (МПа) через (сут.):			
			1	3	7	28
1	ПЦ-Д0 (для сравнения)	0,24	13,3	35,8	52,9	54,0
2	ПЦ-Д 25 (АЗШС+МК)	0,24	8,30	27,9	40,0	52,5
3	ПЦ-Д 45 (АЗШС+МК)	0,24	12,0	24,5	45,0	50,0

Процесс гидратации КЩ с 25% ГД «АЗШС+МК», протекает быстрее, чем ПЦ-Д0: количество химически связанной воды в период (1-28) сут. от 2,04 до 7,38% больше, чем у него (рис. 4).

Увеличение содержания АЗШС в составе ГД до 35% резко замедляет связывание воды в гидратные продукты, что является следствием того, что при затворении КЩ водой большое количество мельчайших частиц АЗШС и МК набухают, образуемая коллоидная масса, покрывая поверхность минералов клинкера, препятствуют проникновению воды глубь и замедляет темп их гидролиза (рис. 4, кривая №3).

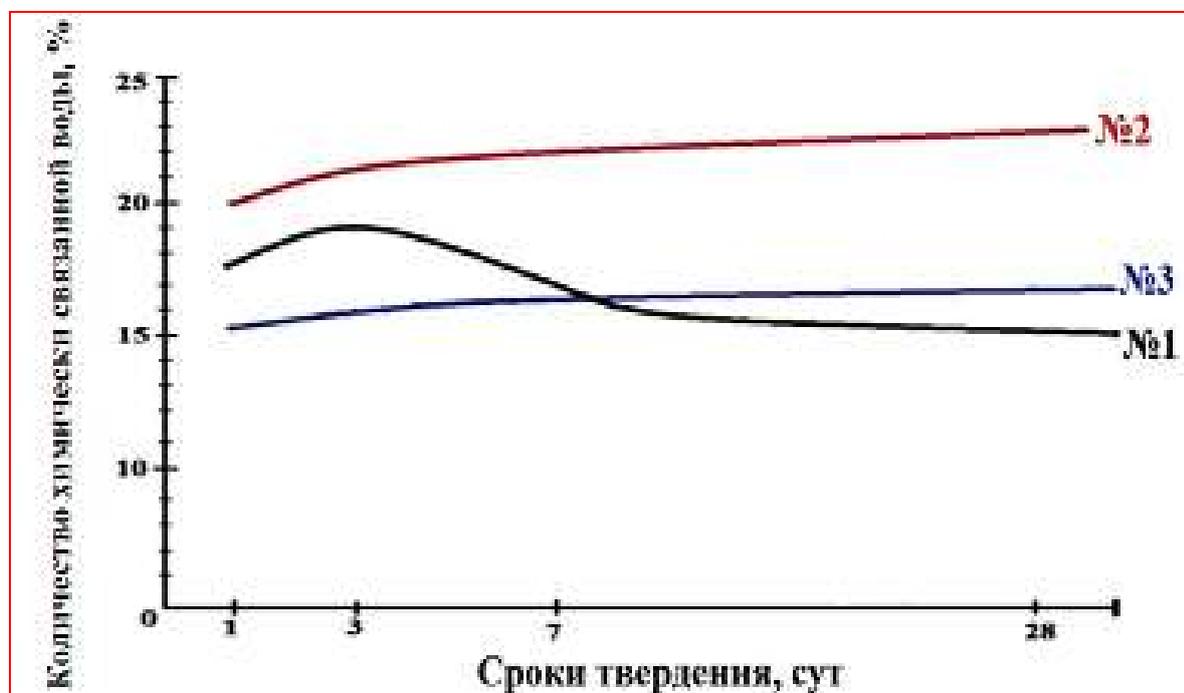


Рис. 4. Влияние состава ГД (АЗШС+МК) на скорость гидратации КЩ: №1 ПЦ-Д0; №2 ПЦ ГД 25(15% АЗШС +10%МК); №3 ПЦ-ГД45 (35%АЗШС+ 10%МК)

Фазовый состав КЩ с 25% ГД через 1-сут. твердения, характеризуется довольно сильным дифракционным отражением $\text{Ca}(\text{OH})_2$ при $d/n=0,491$ nm. Линии с $d/n=(0,972; 0,387)$ nm и $d/n=0,560$ nm, относятся к этtringиту. Присутствуют линии SiO_2 при $d/n=(0,429; 0,334; 0,213)$ nm. Линии с $d/n=(0,304; 0,191)$ nm вызвано с образованием CaCO_3 за счет частичной карбонизации $\text{Ca}(\text{OH})_2$, с $d/n=0,387$ nm свидетельствует о внедрении карбонат-ионов в структуру гидроалюминатов кальция с образованием карбонатного аналога этtringита - $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 3\text{CaCO}_3\cdot 31\text{H}_2\text{O}$, который также и как этtringит, участвует в формировании кристаллического каркаса композита. К 3-м сут. линии силикатных минералов усиливаются за счет наложения на них линий гидросиликатов и $\text{Ca}(\text{OH})_2$. К 7-сут. за счет ускорения гидролиза силикатных минералов и связывании $\text{Ca}(\text{OH})_2$ размеры их пиков сильно уменьшаются, сильно снижаются также этtringита и его карбонатного аналога за счет перекристаллизации продуктов гидратации, которые а к 28-сут. возрастают.

Рельеф поверхности свежего скола КЩ с ГД «15%АЗШС+10%МК» через 1-сут. твердения представлен мелкозернистой плоскостью, поверхность зерен покрыта тончайшими новообразованиями в виде чешуек, звёздочек и иголочек и в порах растут множество игольчатых кристаллов этtringита, которые пронизывая гелеобразную массу, опутывая как паутина, создавая сетку из волокнистых кристаллов, начинают заполнять структурные пустоты и поры формирующегося композита (рис. 5).

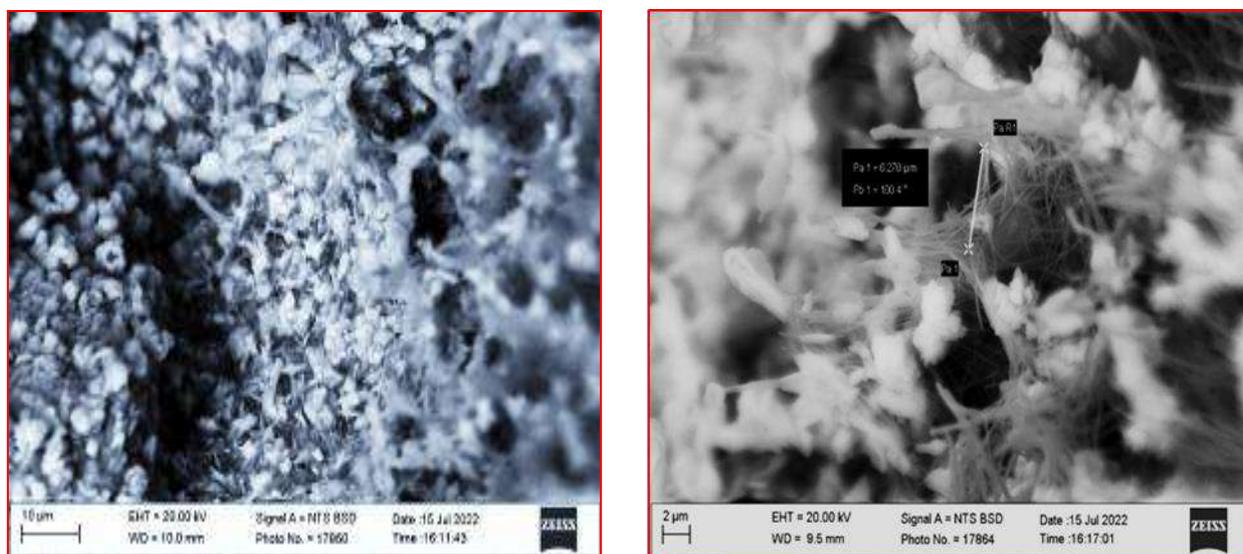


Рис. 5. Рельеф поверхности скола КЩ с ГД «15%АЗШС+10%МК» через 1-сут. твердения

В дальнейшие сроки образование игольчатых кристаллов этtringита, его карбонатного аналога и гидросиликатов кальция, вырастающих из гелеобразной массы и опять начинающих заполнять поры и пустоты затвердевающего КЩ в виде сетки продолжается, создавая уже к 3-сут. новые скелетные образования (рис. 6).

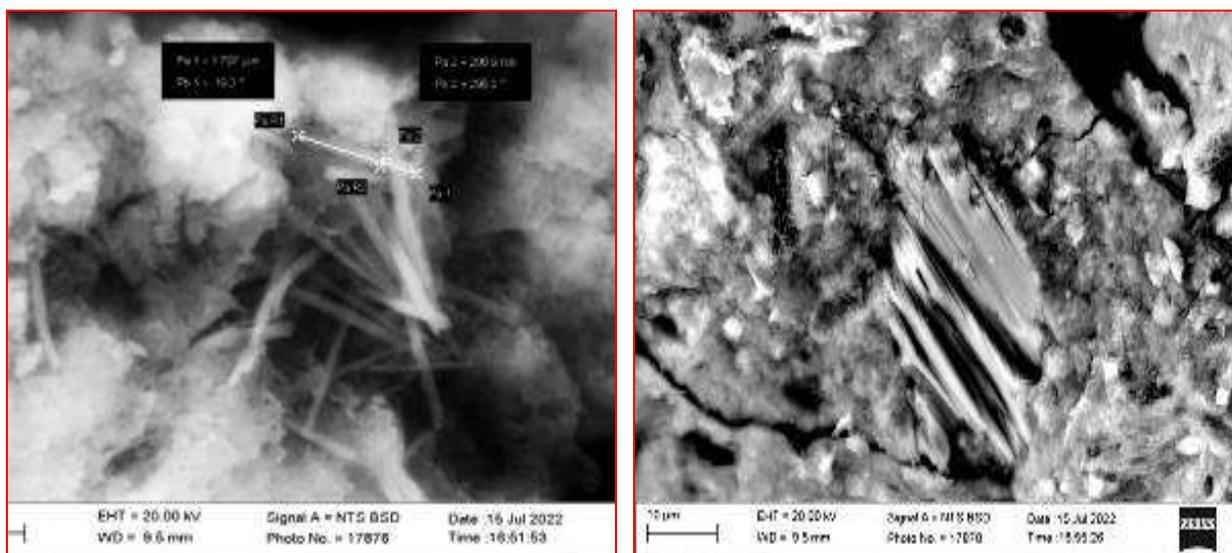
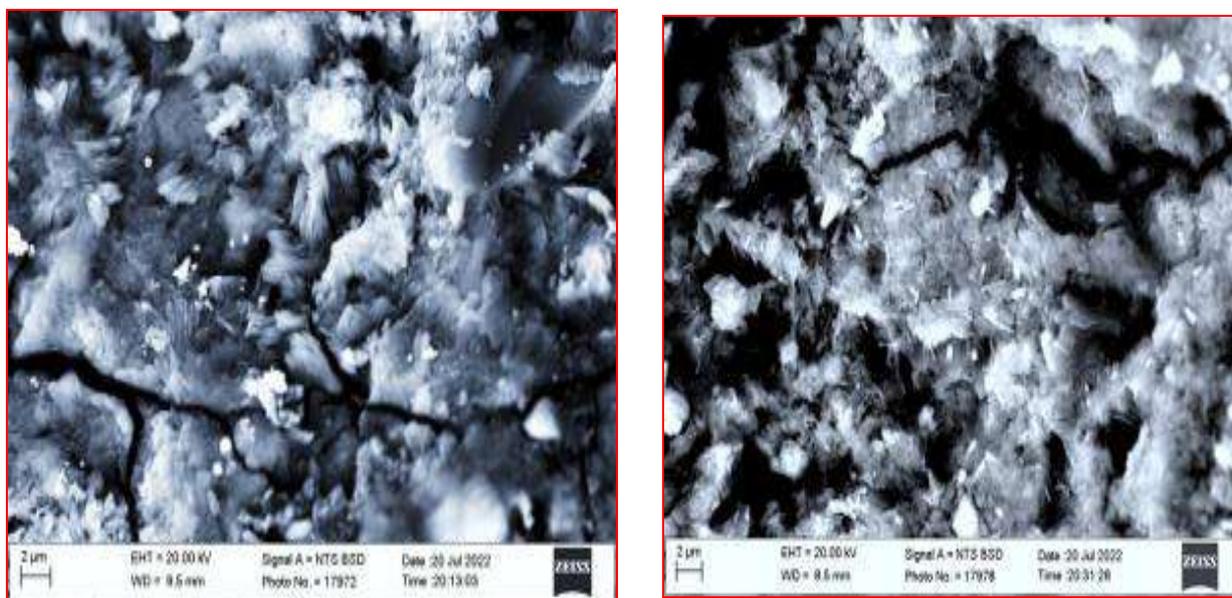


Рис. 6. Рельеф поверхности скола КЩ, содержащего ГД «15% АЗШС+10% МК» через 3-сут. твердения

К 28-сут. рельеф поверхности скола композита приобретает более упорядоченный характер. Отмечен как параллельный, так и перпендикулярный рост кристаллических новообразований (рис. 7а). Процесс гидратации и образование гидратных продуктов ПЩ с ГД «35% АЗШС+10%» протекает почти по такому же механизму. Отличие заключается в том, что выделение ионов Ca^{2+} в жидкую фазу и кристаллизация $\text{Ca}(\text{OH})_2$ интенсивно продолжается до 7-сут., а потом сильно уменьшается к 28-сут.



а

б

Рис. 7. Рельеф поверхности скола КЩ с ГД “15% АЗШС+10% МК” (а) и “35% АЗШС+10% МК” через 28-сут. твердения

Образование гидросульфатов и гидросиликатов кальция протекает плавно, на поверхности гидратирующихся зерен, они зарастаясь по всему объему, заполняя пустоты и поры, упрочняют формирующийся

цементный композит (рис. 7б).

В этой же главе представлена предлагаемая технологическая схема получения «зелёных» КЩ с применением ГД «АЗШС+МК», в соответствии с которой в традиционную схему производства цементов вносится изменение: автономное складирование МК и его подача через дозирующее устройство, установленное в цапфе мельницы в трубопровод, куда от мельницы поступает цемент с добавкой АЗШС. С помощью сжатого воздуха МК перемешивается потоком цемента в трубопроводе и образующийся при этом КЩ поступает в цементные силосы.

В пятой главе «Исследование влияния природных пуццоланов, содержащих аморфный кремнезем, на свойства ПЩ как альтернативных источников микрокремнезема» представлены результаты исследований пригодности местных пуццоланов, содержащих аморфный кремнезем (опоковидных пород (ОП) участка «Чукурсай» и трепела (Тр) Нуратинского месторождения), в качестве добавки для цемента. Установлено, что ОП по отношению к группе добавок низкой гидравлической активности (t -критерия=4,6), а Тр – к группе средней активности (t =19,7). Введение до 20% ОП не снижает активность ПЩ, и полученные цементы соответствуют марке 400 (табл. 6).

Таблица 6

Влияние добавки ОП на физико-механические свойства ПЩ

Условное обозначение цемента	В/Ц	Расп- льв конуса Мм	Предел прочности при изгибе и сжатии (МПа),				Марка цемента по НД
			7-d		28-d		
			Риз	Рсж	Риз	Рсж	
ПЩ-Д0	0,39	113	5,27	26,1	6,45	42,8	400
ПЩ-Д ОП 10	0,39	113	5,20	27,9	6,58	43,8	400
ПЩ-Д ОП 15	0,39	113	4,89	27,0	7,03	42,3	400
ПЩ-Д ОП 20	0,44	110	5,20	24,3	6,35	40,0	400
ППЩ-Д ОП25	0,50	110	5,82	21,6	4,15	26,0	Не соотв-т
ППЩ-Д ОП30	0,52	110	2,81	18,1	3,97	24,9	Не соотв-т
ППЩ-Д ОП40	0,56	107	2,25	11,0	3,15	16,7	Не соотв-т

Повышение содержания ОП от 25 до 40% резко снижает прочность ПЩ. В связи с этим, для получения ПЩ400-Д20, ее содержание регламентируется до 20%. Введение 20-25% трепела Нуратинского месторождения несколько замедляет сроки схватывания ПЩ, что, видимо, является следствием наличия в составе породы примесей глинистых составляющих (табл. 7).

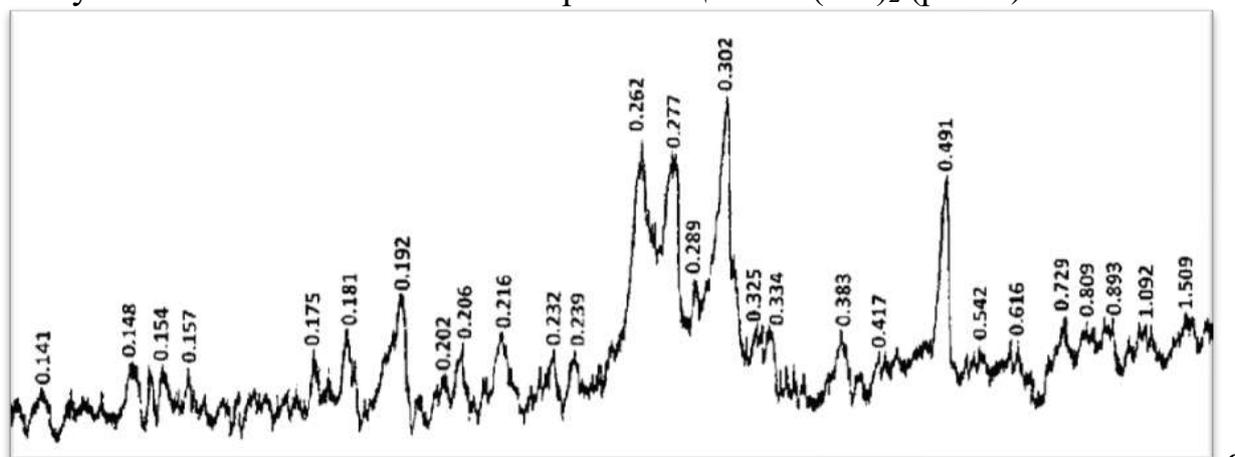
Однако, эти сроки укладываются в рамки, регламентируемые ГОСТ 10178 для общестроительных ПЩ.

Таблица 7

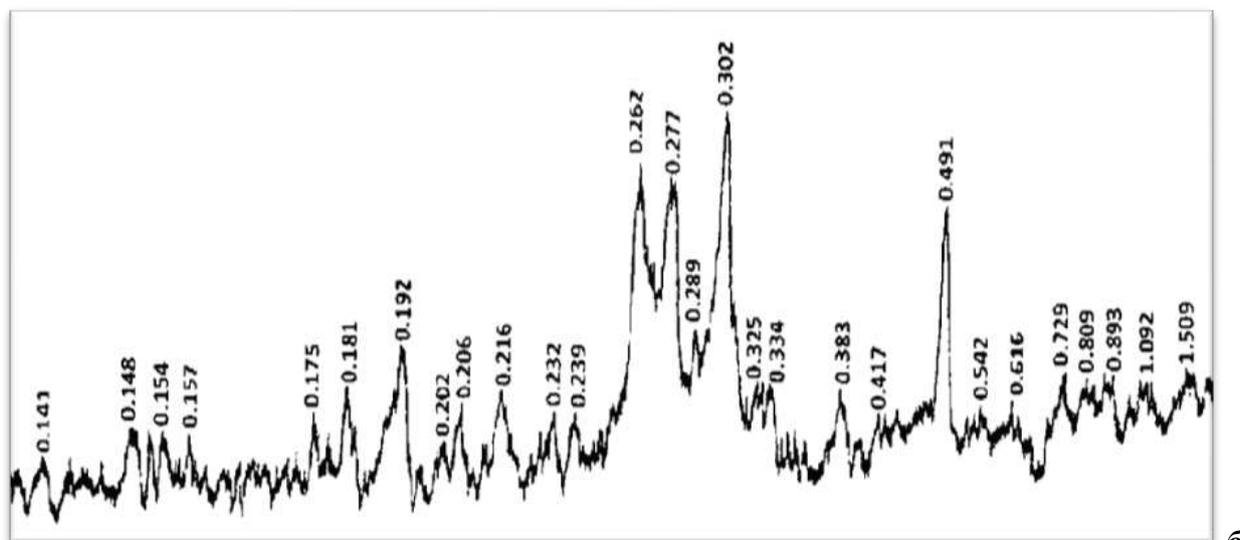
Влияние трепела на физико-механические свойства портландцемента
(образцы–призмы размером 40x40x40 mm состава 1:3.)

Обоз-е цемента	Тонкость помола, ост. на сите №008, %	Удельная поверхность см ² /г	Сроки схватывания, d-min		Гидрав. активность цементов на сжатие, МПа, через (сут)			Марка по НД
			начало	конец	После пропарки	7	28	
ПЦ-Д0	4,5	346,9	2-05	4-00	33,0	30,2	41,7	400
ПЦ-Д 20Тр	5,3	336,4	2-40	4-30	29,1	29,8	44,0	400
ПЦ-Д 25Тр	7,5	330,0	2-45	4-30	27,7	28,9	42,6	400

Присутствие глинистых составляющих отражается также в наборе прочности цементного камня до 7-сут. К 28-сут. цементы, содержащие 20-25% трепела, проявляют более высокую прочность (44,0 и 42,6 МПа), чем ПЦ400-Д0, у которого она составила 41,7 МПа. С учетом того, что ОП и Тр на физико-механические свойства ПЦ оказывают почти одинаковое влияние, для физико-химических исследований выбран цемент с 15% ОП. За счет присутствия аморфного кремнезема ОП из жидкой фазы интенсивно поглощает воду и известь, что ускоряет образование гидратных продуктов. Со временем количество связанной воды увеличивается, достигнув к 60-сут. 17,17%, что на 3, 13% больше, чем в ПЦ-Д0, а к 90-сут. ее количество несколько уменьшается, что, видимо, связано со стабилизацией состава гидратных фаз, что подтверждается также результатами рентгенофазового анализа. На уровне дифракционного фона интенсивность линий гидросиликатов кальция тоберморитовой группы $d/n = (1,509; 1,092; 0,516; 0,325; 0,216; 0,206; 0,202; 0,183)$ nm, а также небольшой интенсивности линии гидросульфалоуминатов кальция при $d/n = (0,893; 0,809; 0,729)$ nm, во все сроки твердения незначительно меняют свою интенсивность. Наличие интенсивной линии CaCO_3 ($d/n = 0,302$), появление которой вероятно, связано присутствием органических остатков - спикул в составе ОП и частичной карбонизацией $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (рис. 8).



a



б

Рис. 8. Дифрактограммы ПЦ400-Д15 ОП сроки твердения: 1 (а); 28 (б) сут.

Установлено благоприятное влияние ОП на формирование структуры при твердении ПЦ. Через 1-сут. скол его камня имеет шероховатую поверхность со множеством пор. Зерна имеют различную конфигурацию, некоторые зерна в виде раковин являются зернами органических остатков – спикул (рис. 9).

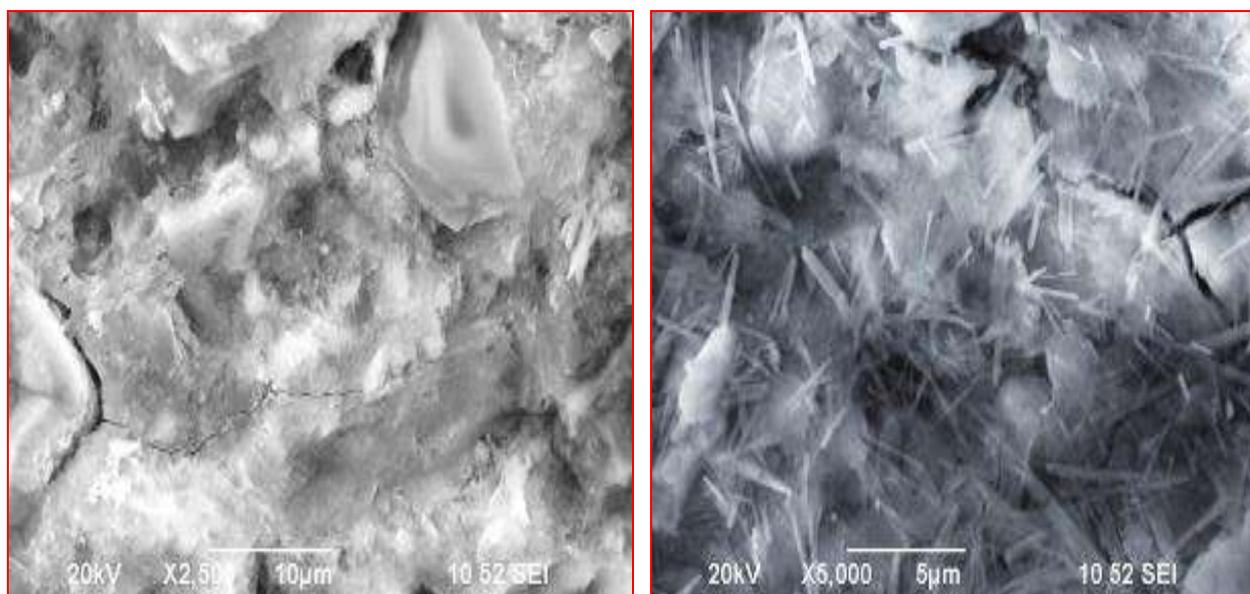


Рис. 9. Рельеф поверхности скола ПЦ400-Д15 ОП через 1-сут. твердения

К 3-сут. на стенках и на дне пор образуются множество игольчатых кристаллов (рис. 10). В этот период процесс гидратации протекает интенсивно с образованием в межзерновых пустотах и порах большого количества кристаллов этtringита и гидросиликатов кальция, которые армируя, создают кристаллической скелет структуры цементного камня.

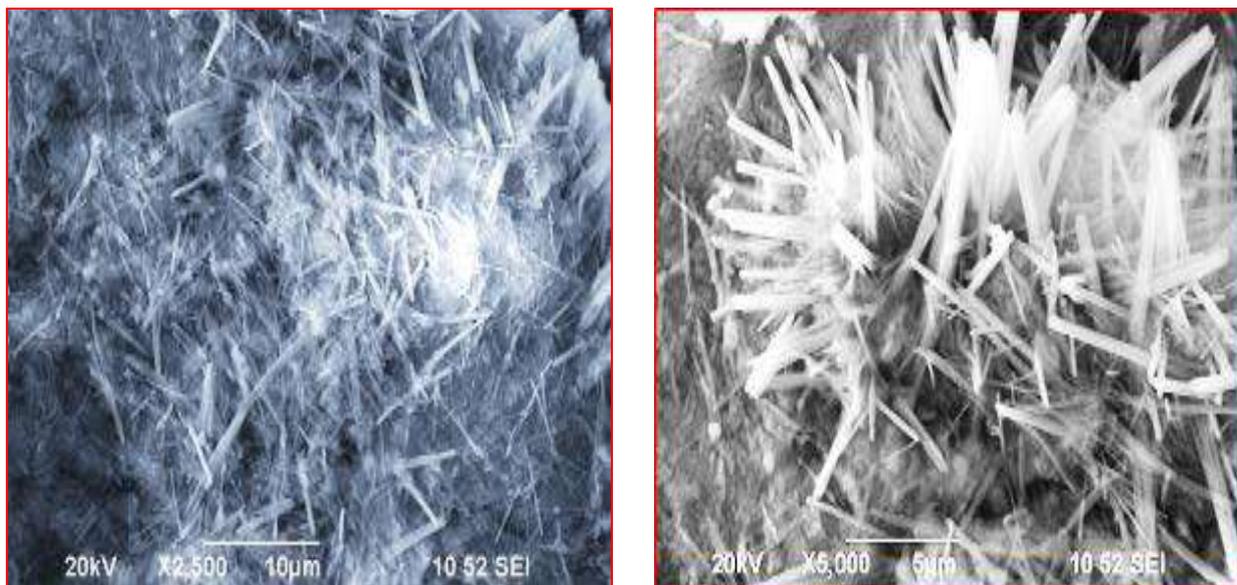
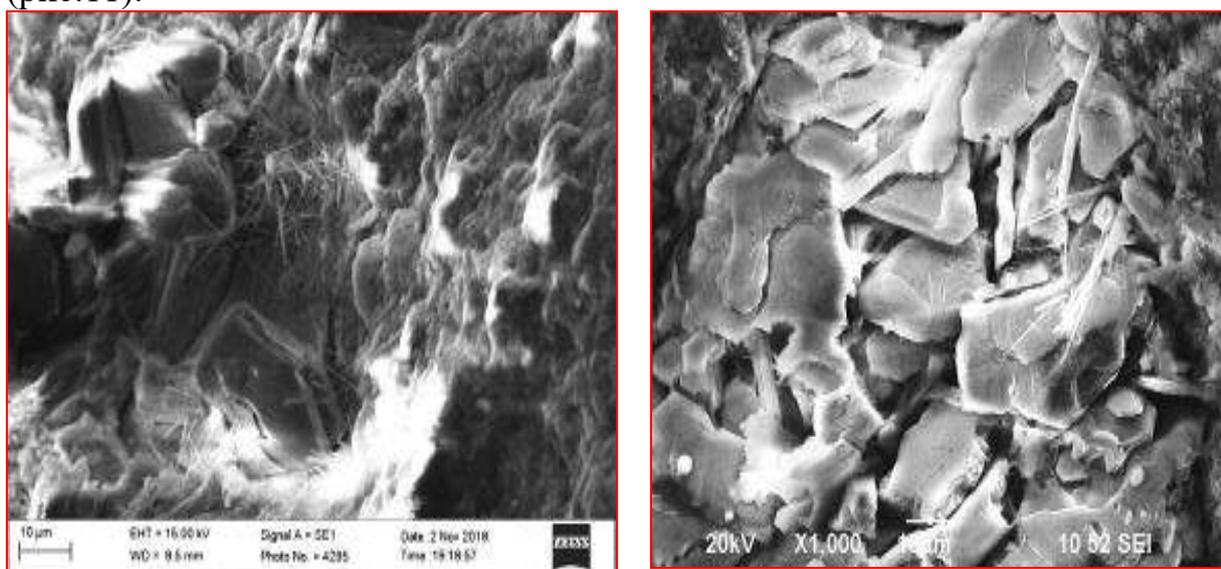


Рис. 10. Хаотичный рост кристаллов в порах к 3-сут.

Благодаря без скачков и плавному протеканию процесса гидратации цементный камень к 28-сут. приобретает плотную микроструктуру, обеспечивающую его гидравлическую активность на уровне ПЦ400-Д0 (рис.11).



а

б

Рис. 11. Рельеф поверхности скола камня ПЦ400-Д15 ОП через 28-сут. (а) и 90-сут. (б) твердения в нормальных условиях

В соответствии с данными рис. 11 к 28-сут твердения микроструктура цементного камня представляет собой низкопористую плоскость с шероховатей поверхностью, созданной за счет срастания кристаллических продуктов, создающих блоки из кристаллоагрегатов.

Из микрофотографии цементного камня этого возраста видно, что при гидратации параллельно протекают два взаимно противоположных процесса: поверхностное срастание кристаллических продуктов гидратации и продолжение процесса гидратации с возникновением и ростом новых порций

кристаллов по принципу «снизу-вверх», а также плотной их упаковки, вызывающих внутренние напряжения, в цементном камне появляются микротрещины, которые в дальнейшем зарастают, и структура цементного камня приобретает монолитность, что и обеспечивает ему высокую прочность. Микроснимки структуры поверхности скола камня на основе цемента с 15% опоковидной породы, твердевшей 90 сут в воде в цементном камне сосуществуют кристаллические продукты различных форм и размеров, которые полностью заполняют поры и пустоты цементного камня, придавая им вид блоков прочного искусственного конгломерата.

Установлено благоприятное влияние ОП на процесс гидратации и структурообразования при твердении ПЦ. Отмечены участки, где поры заполнены плотно упакованными пластинчатыми кристаллами гидроалюмерритных продуктов гидратации, хаотично растущими волокнистыми и призматическими кристаллами, иногда собранными в пучок нитевидными кристаллами гидросиликатов кальция.

С учетом результатов комплексных исследований опоковидных пород и трепела выданы практические рекомендации по возможности их применения как моно добавок и ингредиентов гибридных добавок для получения КПЦ на цементных заводах Кизилкумского региона.

В шестой главе «Разработка нормативной базы и внедрение технологии получения цементов, модифицированных добавками, содержащими аморфный кремнезем и их активированными производными» приведены результаты изучения долговечности новых видов добавочных и композиционных цементов: ПЦ400-Д15 МК, ПЦ400-Д15 ОП, ПЦ-КД25 «АЗСШ+МК» и ПЦ-КД45 «АЗШС+МК». Установлено, что прочность и, следовательно, КС всех опытных цементов, хранившихся от 1 мес. до 6 мес. в воде и 3%-ном растворе Na_2SO_4 были выше, чем ПЦ-Д0: через 6-мес. они проявили КС_6 соответственно 0,84; 1,00; 0,84 и 0,86, тогда как КС_6 ПЦ-Д0 был равен 0,60. Более агрессивное влияние на ПЦ-Д0 оказывает также 1%- MgSO_4 ($\text{КС}_6=0,50$). Опытные же цементы в этом растворе проявляют также высокую сульфатостойкость: ПЦ-Д15МК, ПЦ-Д25(АЗСШ+МК) и ПЦ-Д45 (АЗШС+МК) через 6 мес. хранения в 1%-ном растворе MgSO_4 показали КС_6 : 0,84; 0,86 и 0,80 соответственно, а КС_6 ПЦ-Д15 ОП был равен даже 1,15.

Бетоны на всех исследуемых опытных цементах выдержали 35 циклов теплосмен при испытании по первому методу ГОСТ 10060- 2012, что соответствует их марке по морозостойкости F_{125} , также как и у бетонов на ПЦ-Д0. Бетоны из них характеризуются также достаточно высокой атмосферостойкостью. Так, прочность образцов после 25 циклов попеременного увлажнения и высушивания снизилась от 3,7% до 17% по сравнению с допустимой величиной косвенной оценки не более 25 %. Исследование свойств бетона на основе КПЦ с ГД25 «АЗШС+МК» показало, что для получения бетона М300 его расход на 1 м^3 бетонной смеси составляет меньше, чем расход ПЦ400-Д0.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Обобщены и проанализированы сведения из научно-технической литературы и патентных источников о роли аморфных кремнеземсодержащих алюмосиликатных добавок при замещении части клинкера в составе цемента, их способности поглощать $\text{Ca}(\text{OH})_2$ из жидкой фазы, превращаться в нерастворимые в воде гидратные продукты, в том числе в кальций гидросиликаты, устранять дефицит в цементе и положительно влиять на повышение прочности композита до уровня ПЦ-Д0.

2. С помощью комплекса физико-химических методов определена пригодность природных и техногенных сырьевых ресурсов в качестве добавок к цементу, изучены их химико-минералогический состав, технологические свойства, а также гидравлическая и пуццолановая активность. Установлено, что, несмотря на высокую пуццолановую активность микрокремнезема и исследованных аморфных кремнеземсодержащих природных пуццоланов, их значения гидравлической активности по критерию Стьюдента являются сравнительно низкими.

3. Установлено, что введение микрокремнезема (МК) в количестве 15–20% повышает пластичность цементной пасты, а также приводит к снижению выделения $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в результате гидролиза алита (C_3S) и, соответственно, к уменьшению образования гидросиликатов. С целью предотвращения снижения прочности цементного камня и устранения его водопоглощающих свойств рекомендуется совместное применение микрокремнезема с алюмосиликатными добавками, обладающими высокой гидравлической активностью, в частности, с ФКТА.

4. Впервые разработаны новые типы «зелёных» гибридных добавок, эффективно заменяющих 25–35% клинкера в смеси «клинкер–добавка», обладающих высокой способностью к поглощению $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и ускоряющих схватывание цементного состава при совместном применении с ФКТА и микрокремнеземом (МК). Эти добавки позволяют получать портландцементы КПЦ марок 400–500 по O'z DSt 2830:2014 (или прочностных классов 32,5–42,5 по ГОСТ 31108–2020).

5. Научно обосновано, что за счёт интенсивного синтеза в оптимальных количествах гидроалюминатов, гидросульфалюминатов (в моно- и трисульфатной модификациях), их карбонатных аналогов, гидросиликатов с различным содержанием связанной воды, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и CaCO_3 , формируется полиминеральный состав «зелёного» композита. Вместе с тем, установлено, что при снижении доли алитного клинкера в составе композиционного портландцемента (КПЦ) с 25% до 35% в процессе формирования «зелёного» композита наблюдается интенсивное развитие и генетический рост фазовых образований в различных кристаллических формах. За счёт эффективного заполнения пустот между частицами и пораи твердеющей системы

формируется слоистая блочно-агрегатная микроструктура, снижается количество макропор, повышаются плотность и прочность цементного композита.

6. Определен механизм воздействия природных пуццоланов, содержащих аморфный кремнезем, на скорость гидратации портландцемента, формирование его структуры и физико-механические свойства. Полученные результаты позволили оптимизировать состав цемента с добавками, а также химико-технологические параметры его получения. Кроме того, установлено, что благодаря взаимодействию аморфного кремнезема с водой и его интенсивному поглощению из жидкой фазы ускоряется образование гидратных продуктов, формируется плотный и прочный цементный камень. В результате гидравлическая активность цементов, содержащих 20% природных пуццоланов, не уступает марке ПЦ400-Д0.

7. Установлено, что замена высокоуглеродистого клинкера опокой, трепелом и гибридной добавкой «ФКТА+МК» повышает устойчивость цементов к агрессивным сульфатным средам, через 6 месяцев выдержки в растворах 3%-ного Na_2SO_4 и 1%-ного MgSO_4 значения коэффициента сохранения прочности (БК6) для этих цементов составили от 0,84 до 1,15, что значительно превышает соответствующие показатели цемента ПЦ-Д0 (0,60 и 0,50). Все цементы, изготовленные с использованием опоки и гибридной добавки «ФКТА+МК», могут быть отнесены к категории сульфатостойких цементов в соответствии с ГОСТ 22266–2013. Кроме того, такие цементы обладают высокой стойкостью к резким изменениям температуры и суровым климатическим условиям. Кроме того, бетонные смеси, приготовленные с использованием «зелёного» КЩ, содержащего 25% гибридной добавки «ФКТА+МК», при меньшем расходе цемента по сравнению с ПЦ-Д0, обеспечивают аналогичные прочностные характеристики, соответствующие марке М300.

8. Разработана технологическая схема получения КЩ с добавлением микрокремнезема (МК) и гибридной добавки «ФКТА+МК», отличающаяся от традиционной схемы совместного помола компонентов.

9. Разработана совокупность нормативно-технической документации (метод определения кремнеземных добавок в цементе, стандарты организации — Тs, технологические инструкции — ТИ) на основе результатов исследований по получению общестроительных и композиционных портландцементов с использованием микрокремнезема и его производных в качестве добавок, для практического применения.

10. Проведены контрольные испытания цемента ПЦ-Д20 с добавлением 10% микрокремнезема (МК) на масштабной установке АО «Бекободцемент». Кроме того, в подразделении помола ООО «YUGGAZCEMENT» в производственных условиях изготовлена опытная партия цемента ПЦ-Д20 с добавлением 20% опоковых пород и в ходе испытаний подтверждена эффективность применения указанных добавок в качестве компонентов при производстве общестроительных цементов.

11. Изготовлена крупнотоннажная партия композиционного портландцемента (КПЦ) с частичной заменой 25–35% клинкера на гибридную добавку «ФКТА+МК», прошедшая контрольные испытания на производственных мощностях АО «Бекободцемент» и АО «Ахангаранцемент». Полученные результаты подтвердили возможность получения низкоуглеродных и «зелёных» цементных композитов с использованием данных добавок.

12. Обоснована технологическая, экономическая и экологическая эффективность применения моно- и гибридных добавок при производстве низкоуглеродных общестроительных и «зелёных» КПЦ.

**ONE-TIME SCIENTIFIC COUNCIL AWARDING SCIENTIFIC DEGREE
DSc.02/05.05.2023.K/T.35.02 AT INSTITUTE OF GENERAL AND
INORGANIC CHEMISTRY**

INSTITUTE OF GENERAL AND INORGANIC CHEMISTRY

MUKHITDINOV DILSHOD DAVRONOVICH

**DEVELOPMENT OF «GREEN» TECHNOLOGIES FOR THE
PRODUCTION OF PORTLAND CEMENTS WITH A HIGH CONTENT OF
SILICA AND THEIR HYBRID DERIVATIVES**

**02.00.13 – Technology of inorganic substances and materials based on them
02.00.15 – Technology of silicate and refractory non-metallic materials**

**DISSERTATION ABSTRACT
OF DOCTOR OF SCIENCE (DSc) IN TECHNICS**

Tashkent – 2025

The dissertation subject doctor of science (DSc) is registered at Supreme Attestation Commission the Ministry of higher education, science and innovations of the Republic of Uzbekistan in number B 2024.4.DSc/T842

Dissertation was carried out at Institute of General and Inorganic chemistry.

The abstract of the dissertation is posted in three languages (uzbek, russian, english (resume) on the scientific council website www.tkti.uz and on the website of «Ziynet» Information and educational portal www.ziynet.uz.

Scientific consultants:

Namazov Shafolat Sattarovich

doctor of technical sciences, professor, academician

Iskandarova Mastura

doctor of technical sciences, professor

Official opponents:

Kucharov Bakhrom Khayirovich

doctor of technical sciences, senior researcher

Iskenderov Akhmed Maksetbaevich

doctor of technical sciences, dotsent

Khasanov Bakhriddin Baratovich

doctor of technical sciences, professor

Leading organization:

Fergana State Technical University

The defense of the thesis will take place may «22» 2025 at «14⁰⁰» hours at the meeting of the Scientific Council DSc.02/05.05.2023.K/T.35.02 at the Institute of General and Inorganic Chemistry (Address: 100170, Tashkent, Mirzo Ulugbek street, 77-a. ph. (+99871) 262-56-60, fax: (99871) 262-79-90, e-mail: ionx@academy.uz).

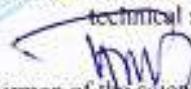
The dissertation can be reviewed at the Information Resource centr of Institute of General and Inorganic Chemistry (is registered number 70). Address: 100170, Tashkent, Mirzo Ulugbek street, 77-a, ph. (+99871) 262-56-60, fax: (99871) 262-79-90.

The abstract of the dissertation was sent out may «8» 2025 y.
(registry of the mailing protocol No. 70 dated may «8» 2025 y.).




N.II. Usanbaev
Chairman of the one-time scientific council
for the award of scientific degree, doctor of
technical sciences, professor


J.S. Shukurov
Scientific secretary of scientific council for
the award of scientific degrees, doctor of
technical sciences, professor


V.P. Guro
Chairman of the scientific seminar under
scientific council for the award of scientific
degree, doctor of chemical sciences, professor

INTRODUCTION (abstract of doctoral dissertation (DSc))

The purpose of the research: Development of «green» technologies for the production of Portland cement with the addition of high-silica additives and their hybrid derivatives.

The object of the research is local natural and man-made pozzolans with amorphous silica: opoka-like rocks (OR), trepel (Tr), microsilica (MS), as well as hybrid additives on the basis of MS with active fly ash (AASM), used for obtaining samples of low-clinker cement composites.

Scientific novelty of the research consists in the following:

chemical and mineralogical compositions, physicochemical properties, hydraulic and pozzolanic activity of additives containing amorphous silica - microsilica (MS) and local pozzolans of opoka and trepel were investigated for the first time;

physicochemical bases of energy-resource-saving technologies for production of low-clinker «green» cement composites using pozzolanic and hybrid additives containing amorphous silica have been developed;

for the first time a scientifically substantiated approach to the production of general construction (GC) and composite Portland cement (PC) by using local natural pozzolans, MS and its hybrid derivatives with AASM has been developed;

the positive influence of local pozzolans with amorphous silica and Gd, including «MK + AASM» has been established for the first time and effective compositions of low clinker general construction and composite cements have been developed;

the degree of hydration of binder systems ground clinker - pozzolanic additive - gypsum - water and ground clinker - hybrid additive - gypsum - water' has been investigated;

correlation between the strength of «green» composites and the appearance, development and formation of microstructure during hydration of cements with opoka and hybrid additives;

it has been scientifically proved that in order to achieve matrix strength, clinker can be replaced in the composition of ordinary PC by natural pozzolans with amorphous silica and MS up to 15%, and by hybrid additives - up to 35%;

scientifically substantiated provision of high strength of low clinker cement composites, obtained by modification “MS+ AASM”, at the expense of acceleration of hardening of ordinary PC in the presence of “green” hybrid additives with high hydraulic activity;

energy- and resource-saving technologies of low-carbon low-clinker «green» cement composites production using mono- and hybrid additives have been developed.

Implementation of research results. On the basis of the obtained scientific results on the development of «green» technologies for obtaining portlandcements with high silica content and their hybrid derivatives:

energy-saving composition of Portland cement composite replaced by clinker fraction of 15% microsilica, introduced into practice at JSC

«Bekobodcement».(Certificate of the Association of Uzbuildmaterials No. 04/15-3147 dated October 24, 2024). As a result, energy-saving composition and technology of production of low-clinker composite Portlandcement (PCC) of CEM II/A-MK 32.5 H class were introduced;

«green» cement composite replaced clinker share up to 25% by hybrid additives of composition «mixture of active ash-slag and microsilica» is introduced into practice at JSC «Bekabadcement» and JSC «Ahangarancement». (Certificate of the Association of Uzbuildmaterials No. 04/15-3147 dated October 24, 2024). The technology of production of low-clinker «green» CPC of CEM II/B-K(M-P) 32,5 class was introduced;

«green» cement composite with 35-45% hybrid additive of composition «mixture of active ash-slag and microsilica» was introduced into practice at JSC «Bekabadcement» and JSC «Ahangarancement». (Certificate of the Association of Uzbuildmaterials No. 04/15-3147 dated October 24, 2024). As a result, production technologies of low-clinker «green» CPC of CEM IV/B (M-P) 32.5 class were introduced in cement production.

Structure and scope of the thesis. The thesis consists of an introduction, six chapters, a conclusion, a list of references and appendices. The volume of the thesis is 185 pages..

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; part I)

1. Патент на полезный модел UZ FAP 02387. Композиционный портландцемент / Искандарова М.И, Атабаев Ф.Б., Бегжанова Г.Б., Якубжанова З.Б., Шафоатов С.А., Чернышева Г.П., Кошечая Е.М., Мухитдинов Д.Д. // Заяв.: 09.12.2022; опуб.: 29.12.2023

2. Iskandarova M.I., Mukhitdinov D.D. Research of the influence of opoka-like rocks on the physical and mechanical properties of Portland cement // Eurasian Journal of Research, Development and Innovation. Belgium, 2021, ISSN 2795 – 7616, Vol.1, No.1, -P. 1-8, Scientific Journal impact Factor

3. Mukhitdinov D.D., Iskandarova M.I. Research of processes of structure formation during hardening of Portland cement with high-silica additives // An International Multidisciplinary Research Journal. India, ISSN 2249-7137, Vol. 11, Issue 9, 2021. -P 863-869, Scientific Journal impact Factor

4. Iskandarova M.I., Mukhitdinov D.D., Begzhanova G.B., Yakubzhanova Z.B., Atabaev F.B. Rational solution to the problem of integrated metallurgy and TPP waste utilization for the development of “green” technology for the production of composite portland cement // Research & Development in Material Science journal 2022; Volume 17, Issue 5, – С. 2018-2022, Index copernicus

5. Бегжанова Г.Б., Искандарова М.И., Якубжанова З.Б., Махсудова Н.Д., Мухитдинов Д.Д. Формирование гибридных добавок на основе техногенных отходов и оптимизация состава цементов с их использованием // Узбекский Научно технический и производственный журнал «Композиционные материалы». № 2/2022, С.102-105. (02.00.00 № 4)

6. Mukhitdinov D.D., Iskandarova M.I., Begjanova G.B., Makhsudova N.Dj., Yakubzhanova Z.B. Complex use of microsilica and active ash and slag mixture of thermal power plants for the production of “green” cement composites // Open Access E-Journal: European Chemical Bulletin, 15.03.2023 y. P. 1542-1549. Chemical Abstracts CAS.

7. Намазов Ш.С., Искандарова М.И., Мухитдинов Д.Д., Ахмедова Д.У. Использование техногенных отходов АО «Узметкомбинат» и Ангренской ТЭС для получения «зеленых» цементных композитов // Universum: технические науки : электрон. научн. журн. Москва, 2024, 10(127), -С. 31-38, (02.00.00 № 1)

8. Намазов Ш.С., Искандарова М.И., Мухитдинов Д.Д., Ахмедова Д.У./ Исследование физико-механических свойств тяжелого бетона на основе портландцементы с гибридными добавками из смеси микрокремнезема и активированные золошлака // Universum: технические науки : электрон. научн. журн. Москва, 2024, 10(127), -С. 39-43, (02.00.00 № 1)

9. Намазов Ш.С., Искандарова М.И., Мухитдинов Д.Д., Какурина Л.М.

Исследования физико-механических свойств тяжелого бетона на основе портландцемента с высококремнеземистыми добавками// «Central Asian food engineering and technology»: электрон.науч.-тех. журнал Vol. 2, Issue 8, Ташкент, 2024, – С. 131-137. Index copernicus

10. Мухитдинов Д.Д., Намазов Ш.С., Искандарова М.И., Махсудова Н.Д. Разработка “зеленой” технологии по утилизации отходов металлургии и ТЭС для производства композиционных цементов // Науч.-практ.журнал Архитектура, строительство и дизайн № 3, Vol.19, Issue 3, Ташкент, сентябрь 2024, – С. 482-489, (05.00.00 № 4)

11. Искандарова М.И., Чернышева Г.П., Мухитдинов Д.Д., Ахмедова Д.У. Исследование сульфатостойкости цементов с высококремнеземистыми активными минеральными добавками // Науч.-техн. журнал «Композиционные материалы» № 3, Ташкент, - 2024. – С. 223-225 (02.00.00 № 4)

12. Мухитдинов Д.Д., Искандарова М.И., Махсудова Н.Д., Ражабова Н.Р. Разработка технологии получения добавочных цементов с высококремнеземистыми гибридными добавками // Науч.-техн.журнал ФерПИ, ISSN 2181 7200, спец.выпуск Том-28, № 18, Фергана, 2024, – С. 9-14, (05.00.00 № 20)

13. Iskandarov M.I., Mukhitdinov D.D., Akhmedova D.U. Application of high-silicon waste in the production of additive cements of JSC Uzmetkombinat and JV LLC «Uz-Shindong Silicon» // electronic Journal Science and Education in Karakalpakstan, Nukus, 2024, №3/2, ISSN 2181-9203, -С. 634-637. (02.00.00 № 16)

14. Искандарова М.И., Мухитдинов Д.Д., Ахмедова Д.У. Введение в цементы высококремнеземистых опоковидных пород улучшение физико-химических и физико-механических свойств портландцементов // Научно-технический журнал проблем архитектуры и строительства, № 3, 2024, -С. 124-127, (05.00.00 № 14)

II бўлим (II часть; partII)

15. Iskandarova M.I., Atabaev F.B., Mukhitdinov D.D./ Development of technology for «green» cement composites with new types of hybrid additives // International Conference «Process Management and Scientific Developments». Birmingham, United Kingdom, 2021, -P. 238-245

16. Искандарова М.И., Мухитдинов Д.Д., Ахмедова Д.У./ Способы утилизации отходов, образующихся при переработке кварцевых пород Узбекистан // «Маҳаллий хомашёлар ва иккиламчи ресурслар асосида инноватсион технологиялар» мавзусидаги Республика илмий-техник анжумани материаллар тўплами. Урганч, 2021, –С. 256-257;

17. Миронюк Н.А., Махсудова Н.Д., Атабаев Ф.Б., Мухитдинов Д.Д. Изверженные горные породы – энерго-сберегающее сырье для производства портландцементного клинкера // Сборник материалов Республиканской научно-практической конференции по теме: “Инноватсион технологии на

основе местного сырья и вторичных ресурсов» 2-часть. г. Урганч 2021 г. С.114-115.

18. Атабаев Ф.Б., Адилматова М.М., Мухитдинов Д.Д., Абдуллаева Н.М./ Влияние микрокремнезем на физико-механические свойства портландцемента// Сб.матер. Респ.НПК «Кимёнинг долзарб муаммолари», Ташкент, 2021, – С. 453-454

19. Бегжанова Г.Б., Атабаев Ф.Б., Ботиров Б.Б., Мухиддинов Д.Д., Махсудова Н.Д., Якубджанова З.Б. Совместная разработка «зеленных» композитов с использованием золошлаковой смеси энергетики и шлаков металлургии // Материалы онлайн-научной конференции «Актуальные проблемы направления химии и химической технологии» организованной для молодых ученых республики, Ташкент, 2021 г. С. 374-376

20. Искандарова М.И., Какурина Л.М., Махсудова Н.Д., Мухитдинов Д.Д. / Инновационные «зеленые» технологии НЛиИЦ «СТРОМ» ИОНХ АН РУз, внедренные в цементной промышленности республики // Сб.матер. 2-часть Межд.НТК «Ишлаб чиқаришнинг техник, муҳандислик ва технологик муаммолари инновацион ечимлари», Жиззах, 2021. – С. 272-276;

21. Искандарова М.И., Атабаев Ф.Б., Мухитдинов Д.Д., Хасанова К.Б./ Физико-химические процессы структурообразования при гидратации и твердения портландцемента с высококремнеземистой добавкой // Сб.матер. Респ.НПК «Кимёнинг долзарб муаммолари», Ташкент, 2021, – С. 410-411;

22. Iskandarova M.I., Mukhitdinov D.D., Begzhanova G.B., Yakubzhanova Z.B., Botirov B.B./ Technological foundations for solving the problem of metallurgy and TPP waste utilization for the development of "green" technology for the production of composite cements // IV Международная научная конференция “Construction Mechanics, Hydraulics and Water Resources Engineering” (CONMECHYDRO 2022). – Ташкент, 2022, Volume 365, id.01001;

23. Искандарова М.И., Бегжанова Г.Б., Мухитдинов Д.Д., Какурина Л.М., Буриев А.И./ Технология получения композиционных портландцементов с новыми видами “зеленых” гибридных добавок // Сб.матер. Респ.НПК “Инновационные разработки и перспективы развития химической технологии силикатных материалов” «Стекло-2022» Ташкент, 2022, – С. 303-305;

24. Мухитдинов Д.Д./ Композиционные портландцементы с применением гибридных добавок // Сб.матер. Респ.НПК “Инновационные разработки и перспективы развития химической технологии силикатных материалов” «Стекло-2022» Ташкент, 2022, – С. 361-363;

25. Искандарова М.И., Мухитдинов Д.Д., Какурина Л.М./ Повышение гидравлической активности микрокремнезема с помощью зшо сухого отбора и свойства портландцементов с их применением // Сб.матер. Респуб.НТК. “Инновационные технологии переработки минерального и техногенного сырья химической, металлургической, нефтехимической отраслей и произ. строительных материалов», Ташкент, 2022, – С.581-583;

26. Искандарова М.И., Махсудова Н.Д., Миронюк Н.А., Мухитдинов Д.Д., Ахмедова Д.У./ Исследования золошлаковых отходов гидроудаления ТЭС как добавки для производства цементов // Сб.матер. Респуб.НТК. «Инновационные технологии переработки минерального и техногенного сырья химической, металлургической, нефтехимической отраслей и произ. строительных материалов», Ташкент, 2022, – С.603-605;

27. Искандарова М.И., Махсудова Н.Д., Мухитдинов Д.Д. Шлаки сталеплавильного производства и ТЭС как ингредиенты гибридной добавки для композиционных цементов // Сборник материалов Межд.НПК «Интеграция науки, образования и производства – залог прогресса и процветания» том 1, г. Навои, 2022 г. С.121-124.

28. Турсунова Г.Р., Чернышева Г.П., Мухитдинов Д.Д., Ахмедова Д.У./ Определение активности сырьевых материалов как компонентов гибридных добавок// ГУП «ФАН ва ТАРАККИЁТ» ТГТУ им.И.А.Каримова Сб.матер. Респ.НПК «Новые композиционные материалы: получение и применение в различных отраслях промышленности», Ташкент, 2022, – С. 216-217;

29. Искандарова М.И., Мухитдинов Д.Д./ Цемент клинкери ишлаб чиқаришда микрокремнезем қўллашни фундаментал асосларини ишлаб чиқиш // Сб.матер. Респ.НТК «Прогрессивные технологии получения композиционных материалов на основе местного и вторичного сырья» Ташкент, 14-15 сентябрь 2023, -С. 84-85;

30. Искандарова М.И., Бегжанова Г.Б., Якубжанова З.Б., Мухитдинов Д.Д. / Рациональное решение проблемы комплексной утилизации отходов металлургии и ТЭС для разработки «зеленой» технологии производства композиционных портландцементов // «I Международное книжное издание стран Содружества Независимых Государств «Лучший научный сотрудник» ТОМ – I Астана, 2023, – С. 33-37;

31. Искандарова М.И., Мухитдинов Д.Д./ «Яшил» гибрид қўшимчаларни портландцементнинг физик механик ва физик-кимёвий хоссаларига таъсири // Меж.науч.-тех. конференция «Актуальные проблемы создания и использования высоких технологий переработки минерально сырьевых ресурсов узбекистана» посвященная 90-летию со дня создания ИОНХ АН Рес Уз и 80- летию со дня создания АН РесУзб 16-17 ноябрь 2023 года

32. Мухитдинов Д.Д./ Технология получения высоконаполненных композиционных портландцементов с гибридными добавками // XIV конференция молодых ученых по общей и неорганической химии тезисы докладов Москва, 9-12 апреля 2024, -С. 344;

33. Искандарова М.И., Мухитдинов Д.Д./ Отходы черной металлургии и ТЭС – эффективные ингредиенты гибридных добавок для получения высокопрочных композиционных портландцементов // Сб.матер. Респ.НПК «Перспективы развития композиционных материалов» Тошкент, 19-20 сентябрь 2024, –С. 123-124;

34. Искандарова М.И., Мухитдинов Д.Д./ Композиционные цементы с новыми видами «зеленых» гибридных добавок // «Зарафшон воҳасини комплекс инноватцион ривожлантириш ютуқлари, муаммолари ва истиқболлари» V-халқаро илмий-амалий анжумани материаллари. Навои, 18-19 апрель 2024, -С. 439-441;

Автореферат « Ўзбекистон кимё » журналі таҳририятида таҳрирдан ўтказилиб, ўзбек, рус ва инглиз тилларидаги матнлар ўзаро мувофиқлаштирилди.

Босмахона лицензияси:



9338

Бичими: 84x60 ¹/₁₆. «Times New Roman» гарнитураси.
Рақамли босма усулда босилди.
Шартли босма табағи: 3,5. Адади 100 дона. Буюртма № 17/25.

Гувоҳнома № 851684.
«Тирограф» МЧЖ босмахонасида чоп этилган.
Босмахона манзили: 100011, Тошкент ш., Беруний кўчаси, 83-уй. Босмахона манзили:
100011, Тошкентш., Беруний кўчаси, 83-уй.

