

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

---

**УМУМИЙ ВА НООРГАНИК КИМЁ ИНСТИТУТИ**

**МУХИТДИНОВ ДИЛШОД ДАВРОНОВИЧ**

**КРЕМНЕЗЕМ МИҚДОРИ ЮҚОРИ БЎЛГАН НООРГАНИК  
ҚЎШИМЧАЛИ ЯНГИ ТУРДАГИ ЦЕМЕНТЛАР ОЛИШ  
ТЕХНОЛОГИЯСИ**

**02.00.13 - Ноорганик моддалар ва улар асосидаги материаллар технологияси**

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

**Ташкент – 2020**

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

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

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

**Мухиддинов Дилшод Давронович**

Кремнезем миқдори юқори бўлган ноорганик қўшимчали янги турдаги цементлар олиш технологияси.....3

**Мухиддинов Дилшод Давронович**

Технология получения новых видов цементов с неорганическими добавками с высоким содержанием кремнезема.....25

**Mukhiddinov Dilshod Davronovich**

Technology for obtaining new types of cements with inorganic additives with a high silica content.....45

**Эълон қилинган ишлар рўйхати**

Список опубликованных работ

List of published works .....48

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

---

**УМУМИЙ ВА НООРГАНИК КИМЁ ИНСТИТУТИ**

**МУХИДДИНОВ ДИЛШОД ДАВРАНОВИЧ**

**КРЕМНЕЗЕМ МИҚДОРИ ЮҚОРИ БЎЛГАН НООРГАНИК  
ҚЎШИМЧАЛИ ЯНГИ ТУРДАГИ ЦЕМЕНТЛАР ОЛИШ  
ТЕХНОЛОГИЯСИ**

**02.00.13 - Ноорганик моддалар ва улар асосидаги материаллар технологияси**

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

**Ташкент – 2020**

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясининг В2020.2.PhD/T1717 рақами билан рўйхатга олинган

Диссертация иши Умумий ва ноорганик кимё институтида бажарилган.

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

**Илмий раҳбар:** **Искандарова Мастура Искандаровна**  
Техника фанлари доктори, профессор

**Расмий оппонентлар** **Шамшидинов Исроилжон Тургунович**  
Техника фанлари доктори, профессор

**Искендеров Аҳмет Максудбаевич**  
Техника фанлари доктори

**Етакчи ташкилот:** **Урганч Давлат Университети**

Диссертация химояси Умумий ва ноорганик кимё институти ҳузуридаги DSc.02./30.12.2019.К/Т.35.01 рақамли Илмий кенгашнинг «10» декабр 2020 йил соат 10<sup>00</sup> даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100170, Тошкент шаҳри, Мирзо Улуғбек кўчаси, 77-а. Тел.: (+99871) 262-56-60; факс: (+99871) 262-79-90, e-mail: [ionxanruz@mail.ru](mailto:ionxanruz@mail.ru)).

Диссертация билан Умумий ва ноорганик кимё институтининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (21 рақами билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100170, Тошкент шаҳри, Мирзо Улуғбек кўчаси, 77-а. Тел.: (99871) 262-56-60; факс: (+99871) 262-79-90.

Диссертация автореферати 2020 йил «26» ноябрь куни тарқатилди.  
(2020 йил «26» ноябрь даги № 21 рақамли реестр баённомаси).



**Б.С. Закиров**

Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш  
раиси, к.ф.д., профессор

**Д.С. Салиханова**

Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш  
котиби, т.ф.д., профессор

**С.А. Абдурахимов**

Илмий даражалар берувчи бир марталик илмий  
кенгаш қошидаги илмий семинар  
раиси, т.ф.д., профессор

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

### **Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурияти.**

Бугунги кунда жаҳонда цемент саноатида энергия ва ресурсни сезиларли даражада тежашни таъминловчи иқтисодий самарадор йўналишлардан бири цементнинг таркибидаги юқори ҳароратли клинкернинг маълум бир қисмини ўрнини боса оладиган, унинг физик-механик ва эксплуатацион хоссаларига ёмон таъсир кўрсатмайдиган аралаш ва композицион портландцементлар ишлаб чиқаришдан мақсад цемент ишлаб чиқариш саноатини маҳаллий қўшимчалар билан таъминлашдан иборат бўлиб, бунда уларнинг мавжуд табиий манбаларни тадқиқ қилиш катта аҳамиятга эга.

Жаҳонда кремнезем миқдори юқори бўлган ноорганик қўшимчаларни янги турларидан фойдаланиб юқори сифатли цементлар олиш технологиясини ишлаб чиқиш борасида қуйидаги йўналишларда тегишли илмий ечимларни асослаш: ноанъанавий минерал қўшимчалардан фойдаланиб портландцементларнинг янги турларини ишлаб чиқариш; техноген чиқиндилар асосида қўшимчали цементлар таркибларини оптималлаштириш ва олиш технологиясини такомиллаштириш; пуццоланли цементларнинг сувда қотиш вақтини қисқартириш ва қурилиш-техник хоссаларини яхшилаш; композицион цементларнинг янги турларини шакллантириш каби устувор йўналишларда илмий тадқиқотлар олиб бориш зарур:

Республикамызда маҳаллий хом ашёлар асосида цементларнинг янги турларини олиш, янгидан-янги замонавий цемент корхоналарини қуриш, янги турдаги цементларни ишлаб чиқариш ҳажминини ва экспорт салоҳиятини ошириш бўйича бир қатор илмий ва амалий натижаларга эришилмоқда. Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида «ишлаб чиқариш соҳаларини ривожлантириш, саноатни модернизация ва диверсификация қилиш, амалиётда кам сарфли энергия тежамкор усулларни қўллаш, цемент ишлаб чиқариш саноатини ривожлантириш, импорт ўрнини алмаштирувчи ва экспортбоп маҳсулотларни тайёрлаш»<sup>1</sup> вазифалари белгилаб берилган. Бу борада, жумладан кам энергия сифимли клинкер ва цементлар олишда маҳаллий хом ашё ва техноген чиқиндилардан фойдаланиб, арзон ва юқори сифатли цементлар ишлаб чиқаришга йўналтирилган илмий-тадқиқотлар муҳим аҳамият касб этади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича ҳаракатлар стратегияси» тўғрисидаги Фармони, 2018 йил 4 майдаги ПҚ-3696-сон «Ички бозорни цемент билан барқарор таъминлаш бўйича қўшимча чора-тадбирлар тўғрисида»ги, 2019 йил 20 февралдаги ПҚ-4198-сон «Қурилиш материаллари саноатини тубдан такомиллаштириш ва комплекс ривожлантириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги, 2019 йил 23 майдаги ПҚ-4335-сон «Қурилиш материаллари саноатини жадал ривожлантириш бўйича

---

<sup>1</sup> Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги «Ўзбекистон Республикасини 2017-2021 йилларда бешта устувор йўналишлар бўйича ривожлантириш Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги ПФ-4947-сон фармони.

қўшимча чора-тадбирлар тўғрисида» Қарорлари ҳамда мазкур соҳа фаолиятига тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

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

**Муаммонинг ўрганилганлик даражаси.** Таркибида юқори миқдорда кремнеземли қўшимчалар сақлаган портландцементлар олиш бўйича Işan Erçin, H. El-Didamony, Darweesh H. H. M., Mahmoud R. A., Yilmaz Bulent, Ediz Nezahat, Degirmenci Nurhayat, Yilmaz Arin, В.В. Тимашев, В.К. Классен, С.С. Канцепольский, Т.Б.Бельских, О.В. Кононова, А.О. Смирнов, М.Я. Бикбау, Б.Т. Таймасов, Ю. А. Онасенко, В. В. Песчанская, В.В. Бабков, А.И. Габитов, Сахибгареев, Т.Б. Бельских, Г. Браун, А.И. Савенков, А.А. Баранова, В.Д. Котляр, М.В. Бахарев, В.Н., Семиндейкин, З.Б. Энтин ва бошқалар шуғулланганлар.

Юртимиз олимлари Т.А. Отақўзиев, М.И. Искандарова, З.П. Пулатов, Г.М. Рахимова, А.М. Рахимов, А.А. Туляганов, Ф.Б. Атабаев, ва бошқалар томонидан илмий тадқиқотлар олиб борганлар.

Олиб борилган илмий тадқиқотлар натижасида энергия сифими кам клинкерларда асосий минераллар ҳосил бўлиш жараёни тезлашган; техноген чиқиндилар асосида олинган портландцементларнинг марка кўрсаткичлари барқарорлашган; композицион цементларнинг мустаҳкамлиги ошган; янги таркибли қўшимчалар куйдирилганда ва цементга қўшилганда янги ҳосилалар пайдо бўлиш механизми ўрганилган; цемент тошида сунъий конгломерат шаклланишининг физик-кимёвий асослари тадқиқ этилган.

Айни пайтда, кремнезем миқдори юқори бўлган ноорганик қўшимчали янги турдаги цементлар олиш бўйича нанотехнология асосида цементларнинг янги турларини ишлаб чиқиш; сульфатбардош цементларнинг коррозияга қарши хусусиятларини ошириш; пуццоланли цементларнинг бетон учун кечадиган гидратланиш механизмларини ўрганиш; янги очилган конлардаги хомашёлар асосида композицион цементларни янги таркибларини ишлаб чиқиш; цемент таннархини камайтириш борасида илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда.

**Диссертация мавзусининг диссертация бажарилган олий таълим муассасининг илмий-тадқиқот ишлари билан боғлиқлиги.** Диссертация тадқиқоти Умумий ва ноорганик кимё институтининг илмий-тадқиқот ишлари режасининг ПЗ-20170914202 – «Микрокремнезем ва кремнезем тутган маҳаллий қўшимчалар миқдори юқори бўлган цементларнинг янги турларини олиш технологиясини ишлаб чиқиш» мавзусидаги амалий лойиҳа доирасида бажарилган.

**Тадқиқотнинг мақсади** қўшимча сифатида микрокремнезем (МК) ва опокасимон жинслардан фойдаланиб, янги турдаги қўшимчали энергия-

ресурстежамкор портландцементларни таркибларини ва олиш технологиясини ишлаб чиқишдан иборат.

**Тадқиқотнинг вазифалари:**

микрокремнезем ва опокасимон жинсларнинг кимёвий-минералогик таркибларини ва гидравлик фаоллиги бўйича, цемент қўшимчаси сифатида фойдаланишга яроқлилигини ўрганиш;

микрокремнезем ва опокасимон жинсларни портландцементнинг физик-механик хоссаларига таъсирини тадқиқот қилиш ва улар қўшилган портландцементлар таркибини оптималлаштириш;

кўп компонентли «туйилган клинкер – микрокремнезем – гипс - сув» ва «туйилган клинкер - опокасимон жинс – гипс - сув» тизимида қотиш жараёнида гидратли бирикмалар ва сунъий конгломерат шаклланиш жараёнини тадқиқ қилиш ва цемент тоши ҳосил бўлишидаги «таркиб-структура-хосса» ўзаро боғлиқлиги қонуниятларини ўрнатиш;

ўта майин таркибли микрокремнеземдан қўшимча сифатида фойдаланиб олинган портландцементларнинг физик-механик хоссаларини ўрганиш ва уларнинг таркибини оптималлаштириш;

микрокремнезем қўшимчали портландцементларни олиш технологиясини ишлаб чиқиш;

опокасимон жинслар асосида олинган цементларнинг физик-механик хоссаларини ўрганиш ва уларнинг таркибини оптималлаштириш;

опокасимон жинслар асосида қўшимчали портландцемент олиш технологиясини ишлаб чиқиш ва саноатда қўллаш бўйича тавсиялар бериш.

**Тадқиқотнинг объекти** кремнийли қотишмалар ишлаб чиқариш чиқиндиси бўлган микрокремнезем, «Зиёвутдин-3» конининг «Чукурсой» участкаси опокасимон жинслари ва улардан фойдаланиб олинган қўшимчали цементлардан фойдаланилган.

**Тадқиқотнинг предмети** МК ва кремнезем миқдори юқори бўлган қўшимчаларни қўллаб портландцементлар таркибини оптималлаштириш, уларнинг гидратланиш, қотиш ва структура ҳосил қилиш жараёнларини тадқиқ этиш ҳамда қўшимчали цемент ишлаб чиқариш технологияларини ишлаб чиқишдан иборат.

**Тадқиқотнинг усуллари.** Кимёвий-минералогик таркибини аниқлаш, физик-механик синовдан ўтказиш, цемент тоши микроструктурасининг шаклланиши ва гидратацияси жараёнларини тадқиқ қилишнинг рентгенофазавий, ИҚ-спектроскопик, дифференциал-термик, электрон-микроскопик усулларида фойдаланилган.

**Тадқиқотнинг илмий янгилиги** қуйидагилардан иборат:

янги таркибли қўшимчали цементлар олиш учун минерал қўшимчалар сифатида МК ва опокасимон жинсларнинг кимёвий-минералогик таркиблари ҳамда Стьюдент мезони бўйича гидравлик фаоллиги ва уларнинг цемент қўшимчаси сифатида танланганлиги асосланган;

МК ва опокасимон жинслар қўшимча сифатида цементдаги миқдори ва олинган қўшимчали портландцементлар асосидаги цемент тошининг физик-

механик кўрсаткичлари ўртасидаги ўзаро боғлиқликлар орқали кўшимчали цементларнинг таркиблари оптималлаштирилган;

янги турдаги кўшимчаларни тутган портландцементларнинг сув билан реакцияга киришиш қобилиятини аниқлаш натижасида мукамал фаза таркибга ва структурага эга бўлган сунъий конгломерат шаклланиши исботланган;

янги таркибдаги кўшимчали цементларнинг гидратланиш жараёнида сунъий конгломерат шаклланишидаги гидратли ҳосилалар вужудга келиши аниқланган;

янги таркибдаги кўшимчали цементларда структура ҳосил бўлишида ва улардаги физик-кимёвий ўзгаришлари билан физик-механик хоссалари ўртасидаги ўзаро боғлиқлик исботланган;

#### **Тадқиқотнинг амалий натижалари:**

МК ва опокасимон жинсли кўшимчали портландцементлар асосида самарадор цемент композицияларининг таркиблари ишлаб чиқилган;

кўшимча сифатида МК ва опокасимон жинс тутган янги таркибдаги ПЦ400-Д20 маркадаги портландцементларнинг таркиблари ва уларни олиш технологияси ишлаб чиқилган;

ўта майин таркибли МКдан истеъмолчилар фойдаланиши учун меъёрий база - Т<sub>с</sub> 00186200-12:2019 “Конденсацияланган микрокремнезем. Техник шартлар” ишлаб чиқилган;

опокасимон жинслардан фойдаланиб кўшимчали цементлар ишлаб чиқариш технологияси яратилган;

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

#### **Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.**

Тадқиқотнинг натижаларининг илмий аҳамияти, сунъий конгломератнинг мустахам тузилиши ва юқори физик-механик хоссаларининг шаклланишини портландцементлардаги клинкернинг 20%ни микрокремнезем ва опокасимон жинсларга алмаштиришда кечадиган «таркиб-структура-мустахамлик» ўзаро боғлиқлиги қонуниятларини ўрнатилиши билан илмий асос бўлади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти кўшимчали цементлардаги юқори ҳароратда олинадиган қимматбаҳо клинкер қисмини 20%га тежалганлиги, цемент ишлаб чиқариш ҳажмининг ортганлиги, таннархи арзонлаштирилганлиги, атроф-муҳитни соғломлантиришга йўналтирилганлиги ва саноат корхоналари атрофидаги ҳудудларда экологик муҳитнинг яхшиланишига хизмат қилади.

**Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши.** Кремнезем миқдори юқори бўлган янги турдаги цементлар олиш технологияларини ишлаб чиқиш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

МК-85 маргадаги ўта майин таркибли микрокремнезем учун техникавий шарти «Ўзстандарт» агентлигида рўйхатдан ўтказилган (Ts 00186200-12:2019). Натижада мазкур техник шарт маҳсулотнинг сифати ва технологик жараёни назорат қилишга имкон беради;

куруқ қурилиш аралашмалари учун клинкер-композицион боғловчилар техникавий шарти «Ўзстандарт» агентлигида рўйхатдан ўтказилган (Ts00295455-48:2018) Натижада, мазкур техник шарт маҳсулотнинг сифати ва технологик жараёни назорат қилишга имкон беради;

микрокремнезем кўшилган кўшимчали портландцемент олиш технологияси «Бекабодцемент» АЖ да амалиётга жорий этилган («Бекабодцемент» АЖнинг 2020 йил 26 октябрдаги ШШ/1129-сон маълумотномаси). Натижада, юқори ҳароратда олинадиган қимматбаҳо клинкерни тежаш ва кўшимчали портландцементни саноат миқёсида ишлаб чиқариш имконини берган.

**Тадқиқот натижаларининг апробацияси.** Мазкур тадқиқот натижалари 3 та халқаро ва 10 республика илмий-техник анжуманларда муҳокамадан ўтказилган.

**Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши.** Диссертация мавзуси бўйича жами 19 та илмий ишлар чоп этилган бўлиб, шулардан 6 мақола, жумладан, Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг докторлик диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этишга тавсия этилган илмий нашрларда, улардан 4 таси республика журналларида, 2 таси хорижий журналларда чоп этилган.

**Диссертация тузилиши ва ҳажми.** Диссертация таркиби кириш, бешта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертация ҳажми 120 бетни ташкил этади.

## ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Диссертациянинг **кириш** қисмида олиб борилган тадқиқотларнинг долзарблиги ва зарурати асосланган, тадқиқотнинг мақсади ва вазифалари, объекти ва предмети тавсифланган, республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилинган, олинган натижаларнинг илмий ва амалий аҳамияти очиб берилган, тадқиқот натижаларини амалиётга жорий қилиш, нашр этилган ишлар ва диссертация тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг **«Микрокремнезем ва кремнезем миқдори юқори кўшимчалардан қурилиш материаллари саноатида фойдаланиш ҳолати ва истиқболлари»** деб номланган биринчи бобида чет элларда ва мамлакатимизда кремнезем миқдори юқори бўлган материаллар, хусусан МК ва опока кўшилган цементарни олиш технологиясини ишлаб чиқишга бағишланган тадқиқот ишлари таҳлили келтирилган, мавжуд ишланмаларнинг афзалликлари ва камчиликлари танқидий ёндашув асосида аниқланган.

Қўшимчали цемент олиш соҳасида мавжуд бўлган маълумотлар таҳлили микрокремнезем, диатомитлар, трепеллар, опокалар, турли ҳилдаги вулқон жинслари сингари фаол кремний сақлаган қўшимчалар клинкер қисмининг ўрнини эгаллаган ҳолда оҳакни ютиш қобилияти юқори эканлиги билан ажралиб туриши, цемент ва унинг асосидаги бетоннинг физик-механик ва қурилиш-техник хоссаларини яхшиланишига кўмаклашишини кўрсатди.

Ўлчами 0,1 микрон бўлган аморф кремнезем заррачаларидан ташкил топган, заррачалари цемент заррачаларидан 100 марта кичик ва ўртача нисбий сирти 20 м<sup>2</sup>/г бўлган ўта майин кукун ҳолатдаги МК дан қурилиш саноатида цемент ва бетонга қўшимча, қуруқ қурилиш аралашмалари компоненти, керамика плиталари олишда шихта хом ашёси сифатида кенг фойдаланилади. МК портландцемент таркибида қўлланилганда, ундаги асосан опал-кристобалитли фаза кўринишидаги ўта майин заррали SiO<sub>2</sub> ни, клинкер минераллари заррачалари билан тўқнашув юзасининг ортиши ва ПЦ қотишида Са(ОН)<sub>2</sub> ни ютилиши (оҳакнинг ютилиши 150 мг/л дан ортик) кучайиши ва бунда тоберморит гуруҳига мансуб гидросиликатлар ҳосил бўлиши кўпайиши унинг пуццолан фаоллигини белгилаб, айнан шу нарса ундан сульфатбардошлиги юқори бўлган мустаҳкам цемент тоши ва бетон олишда қўшимча сифатида фойдаланишга яроқлилигини белгилаб беради.

Табиий кремнезем сақлаган жинслар, хусусан опал-кристобалит фаза таркибли опокалар ва опокасимон жинслар портландцемент ва цемент-бетон қотиши жараёнига таъсир кўрсатиши бўйича МК билан бир ҳил бўлиб, реакцияга киришиш ва оҳакни ютиш қобилияти юқорилигини намоён этади. Ҳовак структурага эга бўлган қўшимчалар цементни қотиш жараёнида ажралиб чиқувчи Са<sup>2+</sup> ионларини суюқ фазадан тезлик билан ютиши туфайли, портландцемент минералларини гидратланиш жараёни тезлашади, цемент ва кремнеземли қўшимчалар, хусусан опока минералларини “кислота-асос” тамойили бўйича ўзаро таъсирлашиши ҳисобига кимёвий реакция жадаллашади, бу эса шаклланаётган цемент тошининг зичлашуви ва мустаҳкамланишига олиб келади.

Ферросилиций ишлаб чиқариш бўйича «Uz-Shindong Silicon» ҚК МЧЖ ва «Ўзметкомбинат» АЖда корхоналар ишга туширилиши, чиқинди сифатида ҳосил бўлаётган МКни утиллаштириш заруриятини пайдо қилди. Бу эса унинг технологик хоссаларини батафсил тадқиқ қилишни ва қўшимчали цементлар олишда ишлатилганда, олинган натижаларни меъёрий ҳужжатлари талабларига мос келишини аниқлаш ва маҳсулот таркиби ҳамда жараённинг кимёвий-технологик кўрсаткичларини оптималлаштириб, уларни амалиётда қўллашга тавсия қилишни тақозо қилади.

Геологларнинг «Зиёвутдин-3» конида олиб борган қидирув ишлари натижасида кварц-дала шпати кумлари, опокасимон жинслар ва опокали кум конлари топилди. Улардан цемент учун кремнезем тутган қўшимча сифатида фойдаланиш имкониятини аниқлаш, бунинг учун кенг миқёсда физик-механик ва физик-кимёвий тадқиқотлар ўтказиш, уларни МХ (меъёрий ҳужжатлар) талабларига мувофиқлиги борасида хулоса бериш, ушбу диссертация ишининг

йўналиши, мақсади, вазифаси ва предметини танлашда асос бўлиб хизмат қилади.

Диссертация ишининг «**Дастлабки материалларнинг кимёвий-минералогик тавсифлари, технологик хоссалари ва тадқиқот ўтказиш услублари**» деб номланган иккинчи бобида «Қизилқумцемент» АЖ, «Бекободцемент» АЖ портландцементли клинкери, Бухоро кони гипс тоши, «Uz-Shindong Silicon» ҚК МЧЖ ва «Ўзметкомбинат» АЖ микрокремнеземи (МК), «Зиёвутдин-3» конининг «Чукурсой» участкаси опокасимон жинсларининг кимёвий-технологик хоссалари келтирилган .

«Uz-Shindong Silicon» ҚК МЧЖ МКини кимёвий таркибида  $\text{SiO}_2$ ни миқдори юқорилиги (92,71%),  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{R}_2\text{O}$  ва  $\text{MnO}_2$  оксидлари кўринишидаги аралашмалар миқдори эса 7,29% ни ташкил қилиши аниқланди. «Ўзметкомбинат» АЖни микрокремнеземи ҳам худди шундай кимёвий таркибга эга бўлиб ( $\text{SiO}_2$ -92,70%), фақат алюминий оксидлари, сульфатлар ва ишқорий оксидлар миқдори билан фарқланади. Рентгенфазавий, спектрометрик таҳлил, ДТА ва электрон-микроскопик маълумотлар асосида кремнезем миқдори юқори бўлган кўшимчали цемент олишнинг энергия тежамкор таркиби ва технологиясини ишлаб чиқиш мақсадида МКнинг цементни физик-механик хоссаларига таъсирини аниқлаш мақсадга мувофиқ эканлиги ҳақида хулоса чиқарилди.

«Зиёвутдин-3» кони «Чукурсой» участкаси опокасимон жинсларда оксидлар миқдори (% , масса ҳисобида):  $\text{SiO}_2$ -47,70,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -9,42,  $\text{CaO}$ -10,48 ни ташкил этди.  $\text{CaO}$  миқдорини 10,48%, куйдирилгандаги масса йўқолиши 15,78% эканлиги, унинг таркибида кремнеземдан ташқари карбонатли моддалар аралашмаси ҳам мавжуд эканлигини кўрсатади. Унинг спектрларида кислород, кремний, кальций ва алюминий элементлари концентрацияси юқори эканлиги, темир, калий, натрий ва магний концентрациялари кам эканлиги кузатилди. Опокасимон жинсларнинг фазавий таркибида диопсид  $\text{CaMg}(\text{Si}_2\text{O}_6)$  - кальций-магнийли силикат ва аморф кремнезем кўринишидаги опал  $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  миқдори юқори. Шунингдек, кальцит  $\text{CaCO}_3$ , магнетит  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , мусковит  $\text{KA13 Si}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2$  ва бошқа аралашмалар ҳам мавжуд. Опокасимон жинсларни электрон микрофотосуратларида турли ўлчам ва шаклдаги заррачалардан ташкил топган ғадир-будир микроглобуляр тузилиш аниқ ажралиб туради. Бу заррачалар орасида кўпроқ калта призма ва камроқ таблеткасимон кристаллар мавжуд бўлиб, уларнинг оралиғи доначалари зич жойлашган масса билан тўлдирилган, юзасида тангачасимон ҳосилалар ҳам учрайди. «Зиёвутдин-3» кони «Чукурсой» участкасининг опокасимон жинси дифрактограммасини Украинанинг Вольский, Шевченковский ва Степан-Разин конларидаги опокасимон жинслар дифрактограммалари билан қиёсий таҳлил этилганда, унинг лойли опокалар гуруҳига кириши, оҳакни ютиши бўйича кимёвий фаоллиги 130 mg/g ни ташкил қилиши ҳақидаги чиқарилган хулоса, ундан цемент учун кўшимча сифатида фойдаланишга асос бўлди.

Диссертациянинг «**Кремнийли қотишмалар ишлаб чиқариш чикиндиси-микрокремнеземдан фойдаланиб кўшимчали цемент олиш технологиясини ишлаб чиқиш**» мавзусидаги учинчи бобида МКнинг

гидравлик фаоллигини аниқлаш, унинг портланцементни физик-механик ва физик-кимёвий хоссаларига таъсирини тадқиқ қилиш натижалари келтирилган. Тажирибалар асосида МКни гидравлик фаоллиги ГОСТ 25094-94 «Цементлар учун фаол минерал қўшимчалар. Синов усуллари»га биноан аниқланган қиймати Стьюдент мезони бўйича  $t=13,47$  ни ташкил қилиши аниқланди, бу унинг O'z DSt 901-98 «Цемент учун қўшимчалар. Фаол минерал қўшимчалар ва қўшимча-тўлдирувчилар. Техник шартлар» бўйича чегаравий  $t=2,07$  қийматдан катта. Шунингдек, МКнинг тишлашиш муддатини охири ва сув ўтказмаслиги фаол минерал қўшимчаларга қўйилган талабларга мос келади. Шунга кўра, уни цементга қўшимча сифатида фойдаланишга яроқли фаол минерал қўшимчалар гуруҳига қўшиш мумкин.

Қўшимчали цемент таркибини шакллантириш учун «Бекободцемент» АЖ портландцемент клинкери, «Ўзметкомбинат» АЖ микрокремнеземи, Бухоро кони гипс тошидан фойдаланилди (1-жадвал).

1-жадвал

**Дастлабки материалларнинг кимёвий таркиби**

Материалнинг номланиши	Оксидларнинг масса улуши,%								
	к.к.й.	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	R <sub>2</sub> O	Пр.
«Бекободцемент» АЖ ПЦ клинкери	17,04	50,25	7,90	2,70	11,26	1,77	0,51	-	8,64
«Ўзметкомбинат» АЖ микрокремнеземи	2,61	92,70	0,76	1,08	0,28	0,22	0,37	1,58	0,42
Гипс тош	H <sub>2</sub> O (400°C) 19,1	1,52	0,13	0,14	33,04	0,20	43,46	-	2,55

Портландцемент таркибига 20% гача МК киритиш, унинг физик-механик хоссаларига ижобий таъсир кўрсатди ва эгилишга ҳамда сиқилишга мустаҳкамлигини оширди. Базавий цемент ПЦ-Д0 ва 5% МК қўшимчали цементни 28 суткадаги мустаҳкамлик кўрсаткичлари ўртасидаги фарқ сиқилишга 7,3 МПа ни ташкил этди (2-жадвал). МКни 7% гача киритиш бошланғич муддатларда цементни мустаҳкамлигини кескин оширди, мустаҳкамлик 28-суткада таркибида 5% МК сақлаган цемент даражасида бўлди. МК миқдорини 10% дан 20% гача ошириш қўшимчали цементнинг мустаҳкамлигини тескари томонга ўзгартирди, яъни, дастлабки муддатларда (3 сут.) намуналарнинг мустаҳкамлик кўрсаткичлари пасайиши кузатилди. Ўзаро таъсирлашувнинг мураккаб физик-кимёвий жараёнлари ҳамда «тўйилган клинкер-гипс- микрокремнезем-сув» тизимидаги гидратланиш ўзгаришлари шаклланаётган цемент композитини аста-секин зичлашишига олиб келди ва қотишнинг кейинги муддатларида, баъзан ҳатто ПЦ-Д0 никидан ҳам юқори бўлган мустаҳкамликка эга бўлишини ва 28-суткага келиб, цемент тошининг мустаҳкамлигини эгилишга (8,67 МПа) ҳам, сиқилишга (55,3 МПа) ҳам кескин ўсишини таъминлади.

2-жадвал

**МКнинг портландцемент мустаҳкамлик кўрсаткичларига таъсири**

Компонентлар номи ва нисбати (масс.%):	В/Ц	Намуналарнинг эгилиш/сиқилишдаги мустаҳкамлик чегараси (МПа)
--	-----	--

ПЦ клинкер	Гипс	МК		3 сут.	7 сут.	28 сут.
<b>«Uz-Shindong Silicon»* ҚК МЧЖ МК</b>						
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
<b>«Ўзметкомбинат» АЖ МК</b>						
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	6,2/42,7
75	5	20	0,36	3,4/12,7	4,4/21,8	6,3/40,8

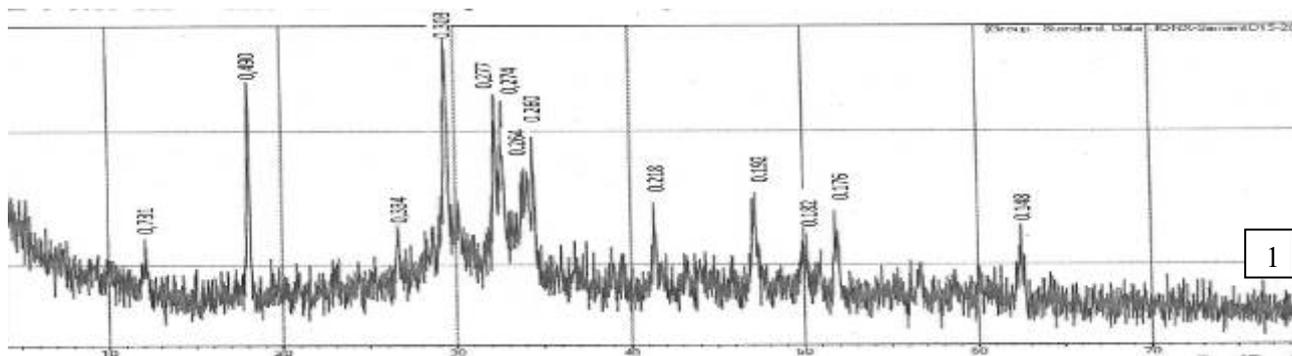
МК миқдори 15-20%га етганда цемент мустаҳкамлигининг бироз пасайиши кузатилди, бироқ унинг кўрсаткичи (47,3-45,5 МПа)га тенг бўлиб, ушбу муддатларда гидравлик фаоллиги 41,2 МПа бўлган ПЦ-Д0 никидан сезиларли даражада юқори бўлди. Бундай самара, кимёвий сув боғланиши тезлиги, пайдо бўлаётган ҳосилаларнинг фаза таркиби ва гидратланаётган «туйилган клинкер-гипс-микрокремнезем-сув» тизимида шаккланаётган цемент тоши структураси аниқланганида тасдиқланганидек, цемент тоши ғовақлари МКнинг сферасимон заррачалари билан тўлиши ҳисобига таъминланади. Бу заррачалар қўшимча равишда гидросиликат ивиқлар ҳосил бўлишига ва улардан нинасимон кристаллар ўсиб, чатишишига кўмаклашади, ва бунда цемент тошининг капилляр ғовақлилиги ва ўтказувчанлиги сезиларли даражада камаяди (3-жадвал, 1-ва 2-расмлар).

### 3-жадвал

**Кимёвий боғланган сув миқдорини цементни қотиш муддатига боғлиқ ҳолда ўзгариши**

№	Цементлар белгиланиши	Намуналардаги кимёвий боғланган сув миқдори (%)						
		Қотиш муддати, сут						
		0	1	3	7	28	60	90
1	ПЦ-Д0	2,4	13,29	13,43	12,41	12,87	14,30	14,27
2	ПЦ-Д15 с МК	3,05	16,18	14,05	14,50	16,12	18,98	17,52

3-жадвал маълумотларига кўра, 15% МК қўшимча сувни гидратли янги ҳосилаларга боғланишини тезлаштиради, рентген-фазавий таҳлил маълумотларига кўра улар базавий портландцемент гидратацияси маҳсулотларидан морфологик жиҳатдан фарқ қилмайди. Улар ўртасидаги фарқ фақатгина Са(ОН)<sub>2</sub> нинг тезкор ютилиши ва боғланиши ҳисобига бўлади.



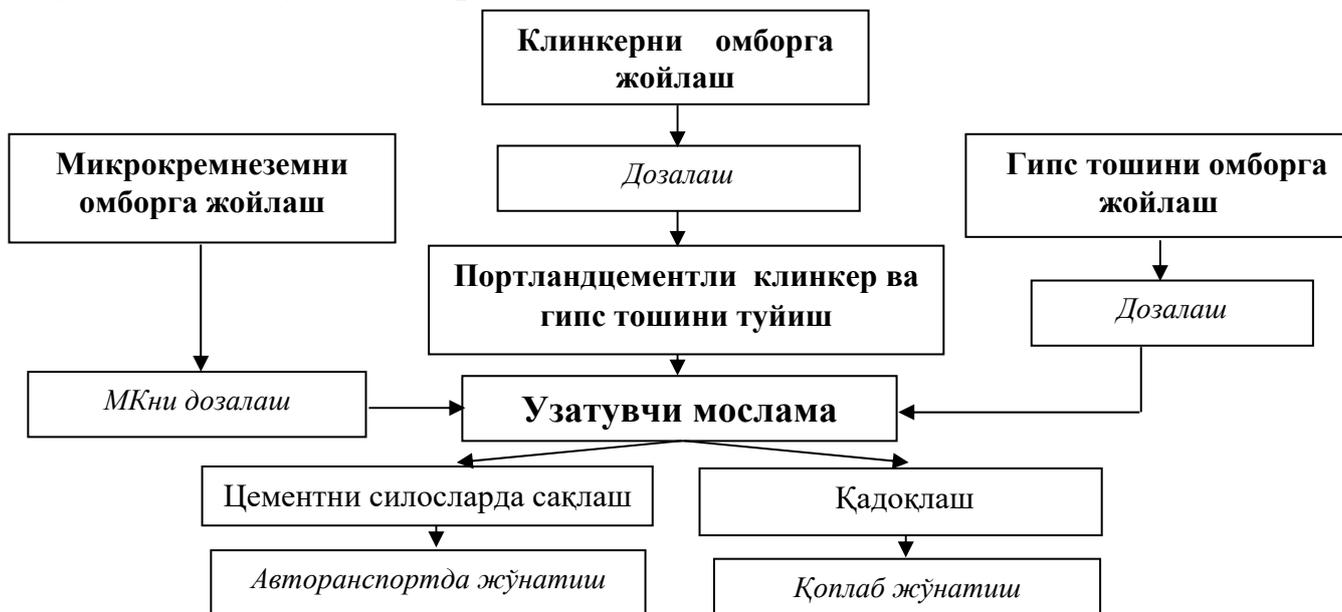
**1-расм. Цемент тошининг 28 сутка қотишдан кейинги дифрактограммаси (1) ва унинг 28 (2) ва 90 сутка (3) қотган синик юзасининг тузилиши**

Тоберморит туридаги гидросиликатли структураларнинг 1- ва 2-расмлардаги каби гидратли ҳосилаларини қўшимчали цементларда катта миқдорда ҳосил бўлиши цемент тошини зичлантиради, бу эса, ўз навбатида, цемент таркибидаги фаоллиги юқори бўлган клинкер миқдорининг камайганига қарамай, қўшимчали цементнинг физик-механик кўрсаткичлари юқори бўлишини таъминлайди.

МК ўта майин таркибли материал бўлганлиги сабабли, уни клинкер ва гипс тоши билан бирга қўшиб туйишга ҳожат қолмайди (2-расм). Шу сабабли, МК қўшимчали цемент олишни таклиф этилаётган технологик схемаси қўшимча учун дозаторли хампани ўрнатилиш жойини ўзгартиришни кўзда тутуди, яъни дозаторли хампа зўлдирли тегирмондан туйилган клинкер ва гипсдан иборат ПЦ-Д0 цемент кукуни чиқиш жойига ўрнатилади ва у ердан цемент билан биргаликда узатувчи транспорт қурилмасига келиб тушади. Бу ерда аралашма сиқилган ҳаво ёрдамида аралаштирилиб, сақлаш учун цемент силосларига юборилади.

**«Ўзбекистоннинг опокасимон жинси қўшилган портландцементлар таркибини оптималлаштириш ва олиш технологиясини ишлаб чиқиш»** деб номланган тўртинчи бобда «Зиёвутдин-3» кони «Чуқурсой» участкасининг опокасимон жинсларидан фойдаланиб олинган цементларнинг физик-механик ва физик-кимёвий тадқиқотлари натижалари ёритилган. Опокасимон жинсни ўртачалаштирилган намунасида асосий оксидларнинг миқдори қуйидагича (% , масса ҳисобида):  $\text{SiO}_2$  - 47,70,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  - 9,42,  $\text{CaO}$  - 10,48.

Кальций оксидининг (CaO)-10,48% миқдорда ва к.м.й.-15,78% ташкил этиши маҳаллий опокасимон жинсларда кремнеземдан ташқари таркибида карбонатли жинслар мавжуд эканлигидан далолат беради (4-жадвал). Опокасимон жинсининг фаоллиги Стьюдент мезони бўйича МХ талабларига мувофиқ ( $t=4,6 > 2,07$ ) эканлиги аниқланди ва бу кўрсаткич O'z DSt 901-98 талабларига мос келганлиги туфайли, ундан умумқурилиш портландцементлари ишлаб чиқаришда қўшимча сифатида фойдаланиш мумкин деган хулоса чиқарилди.



2-расм. МК қўшимчали цемент ишлаб чиқиш технологик схемаси

4-жадвал

Опокасимон жинсининг кимёвий таркиби

Номланиши	Оксидларнинг масса улуши, %							
	к.к.й.	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	ва бошқ.
Намуна № 1	16,66	43,32	7,65	3,59	14,24	1,18	2,54	10,9
Намуна № 2	14,89	52,22	11,19	1,99	6,72	3,44	1,52	9,20
<b>Ўртача намуна</b>	<b>15,78</b>	<b>47,77</b>	<b>9,42</b>	<b>2,79</b>	<b>10,48</b>	<b>2,31</b>	<b>2,03</b>	<b>8,67</b>

Қўшимчали цементлар олиш учун ПЦ клинкери, гипс тоши ва 10 дан 40% гача миқдорда опокасимон жинс қўшилган хом ашё шихталарининг майдаланиш қобилияти опокасимон жинсининг миқдори бўйича пропорционал равишда ўзгариб бориши аниқланди, яъни қўшимча миқдори 20% бўлганда майдаланиш жараёни ПЦ-Д0 га нисбатан бир мунча яхшиланди: опокасимон жинс миқдори 20%, 25% ва 30%, майдалаш вақти 40 минут бўлганда, туйилиш майинлигининг №008 рақамли элакда қолган қолдиқ билан аниқланган миқдори тегишлича 8,0%; 8,0% ва 8,5% ни ташкил этди. Қўшимча миқдори 10% ва 15% бўлган цементларда қолдиқ миқдори ПЦ-Д0 ники каби бўлиб, 10% ташкил этди. Опокасимон жинс миқдорини 40% га ошириш аралашмани майдаланишини бир мунча қийинлаштирди.

5-жадвал маълумотларига кўра, олинган цементларда асосий оксидлар миқдори қуйидаги чегарада бўлди:  $\text{SiO}_2$ -20,88 дан 30,98% гача;  $\text{Al}_2\text{O}_3$ - 4,68 дан 6,48% гача;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ - 3,25 дан 3,67% гача;  $\text{CaO}$ - 40,55% дан 61,67% гача;  $\text{MgO}$ - 2,51 дан 2,72% гача. Цементлар таркибидаги  $\text{SO}_3$  миқдори (2,54-3,27)% ни ташкил этди ва бу кўрсаткич ГОСТ 10178-91, 31108-2003 ва ГОСТ 22266-94 талабларига мувофиқ келади. Тажриба портландцементларининг физик-механик хоссаларини ўрганиш шуни кўрсатдики, таркибида 10÷40% гача қўшимча бўлган цементларни тишлашиш муддати ПЦ-Д0 цементниқидан деярли фарқ қилмади.

**5-жадвал**

### Тажриба цементларининг кимёвий таркиби

№	Цементларнинг шартли белгиланиши	Цементдаги оксидларнинг миқдори,% масса бўйича							
		к.к.й.	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{CaO}$	$\text{MgO}$	$\text{SO}_3$	Прочие
1	ПЦ-Д0	1,3	20,88	4,68	3,67	61,67	2,72	2,54	2,46
2	ПЦО-Д10	2,92	23,07	5,14	3,57	56,39	2,67	2,71	3,53
3	ПЦО-Д15	3,71	24,39	5,36	3,52	53,74	2,65	2,80	3,83
4	ПЦО-Д 20	4,48	25,39	5,57	3,46	51,12	2,62	2,87	4,55
5	ППЦО-Д 25	5,25	27,01	5,82	3,41	48,47	2,59	2,96	4,49
6	ППЦО-Д 30	5,98	28,33	6,04	3,35	45,82	2,56	3,04	4,88
7	ППЦО-Д 40	7,52	30,98	6,48	3,25	40,55	2,51	3,27	5,46

Қўшимча миқдори 25%, 30% ва 40% бўлган цементларни тишлашиши, қўшимча билан бирга цементга кирган лойли минералларнинг миқдори ҳам ортиши сабабли, ПЦ-Д0 га нисбатан бир оз секинлашади.

6-жадвал маълумотларига кўра, 10% опокасимон жинсли қўшимчали ПЦО-Д10 маркали цементнинг 7 ва 28 суткадаги мустаҳкамлик кўрсаткичлари ПЦ-Д0 дан бирмунча баланд. Маълумки, таркибида 10% гача миқдорда чўкиндили қўшимча сақлаган портландцементлар ГОСТ 10178-85 бўйича умумқурилиш цементлари ҳисобланади. Шу сабабли 10% опокасимон жинсли қўшимча сақлаган ҳамда қотишнинг 28-суткасида сиқилишга мустаҳкамлиги 42,9 МПа ( $438 \text{ kgf/cm}^2$ ) бўлган ПЦО-Д10 маркали портландцемент 400 маркали деб тавсифланди ва шартли равишда ПЦ 400-Д20 деб белгиланди.

**Қўшимчали портландцементларни физик-механик хоссаларининг опокасимон жинслар миқдорига боғлиқхолда ўзгариши**

Цементнинг шартли белгиланиши	Қоришманинг С/Ц	Конус бўйича ёйилиши, mm	Эгилиш ва сиқилишда мустаҳкамлик чегараси, (МПа),%				МХ бўйича цемент маркаси
			7d		28d		
			Рэг.	Рсиқ.	Рэг.	Рсиқ.	
ПЦ-Д0	0,39	113	5,27	26,1	6,45	$\frac{42,8}{100}$	400
ПЦО-Д10	0,39	113	5,20	27,9	6,58	$\frac{43,8}{102}$	400
ПЦО-Д15	0,39	113	48,8	27,0	7,03	$\frac{42,3}{98,8}$	400
ПЦО-Д20	0,44	110	5,20	24,3	6,35	$\frac{40,0}{93,0}$	400
ППЦО-Д25	0,50	110	5,82	21,6	4,15	$\frac{26,0}{60,7}$	Мувофиқ эмас
ППЦО-Д30	0,52	110	2,81	18,1	3,97	$\frac{24,9}{58}$	Мувофиқ эмас
ППЦО-Д40	0,56	107	2,25	11,0	3,15	$\frac{16,7}{39,0}$	Мувофиқ эмас

Мустаҳкамлик чегараси бўйича 15 дан 20% гача опокасимон жинсли қўшимча сақлаган ПЦО-Д15, ПЦО-Д20 цементларнинг гидравлик фаоллиги «400» маркани таъминлайди ва ГОСТ 22266-94 талабларига мувофиқ, шартли белгиланиши ССПЦ 400-Д20 минерал қўшимчали сульфатбардош портландцементлар сифатида тавсифланади.

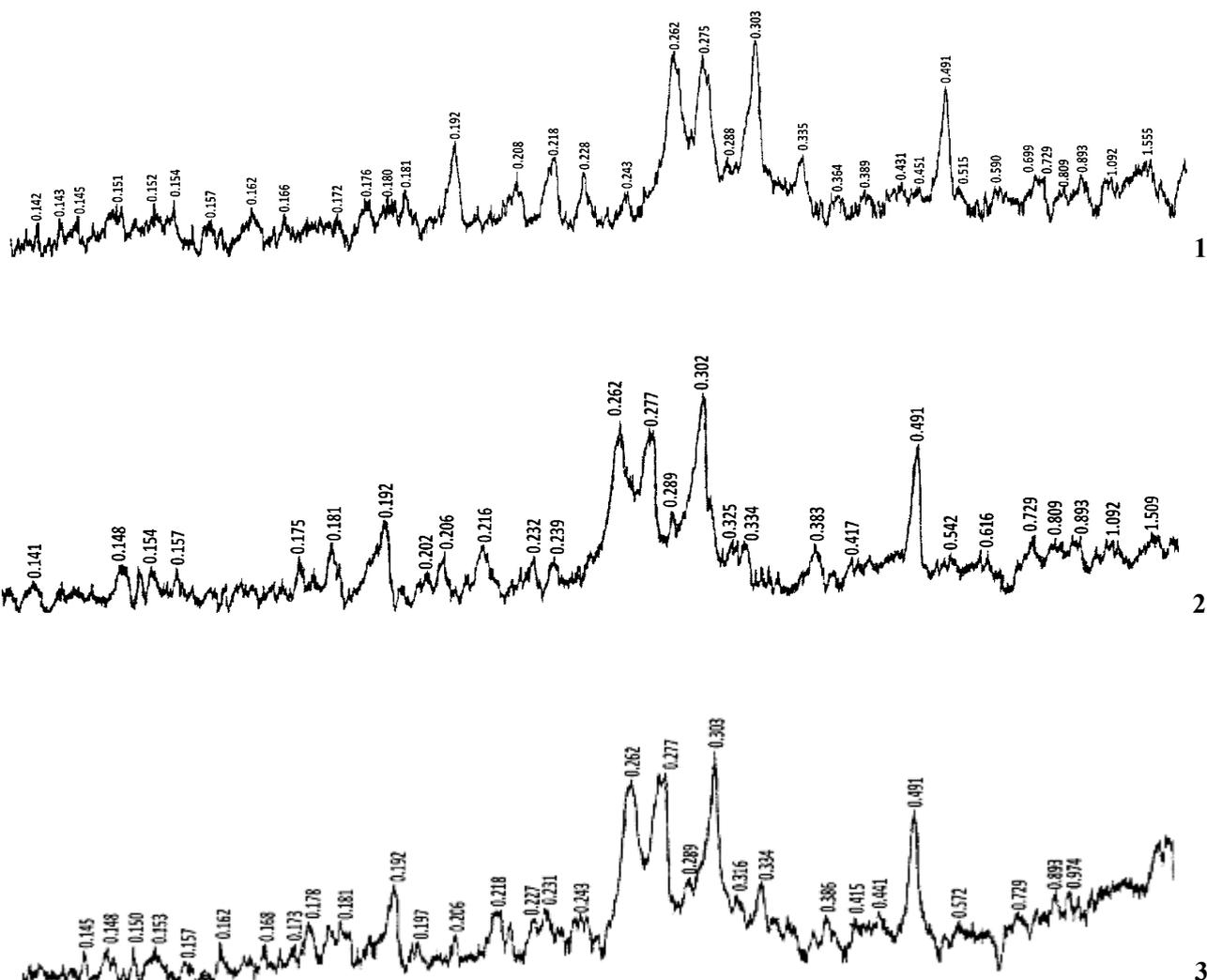
Цементлар таркибидаги опокасимон жинс миқдорини 25%, 30%, 40% ошириш уларнинг мустаҳкамлик кўрсаткичларини пасайишига олиб келди, бу кўрсаткичлар тегишлича 26,0 МПа, 24,9 МПа, 16,7 МПа ни ташкил этди ва ГОСТ 22266-94 пуццоланли ПЦ ларга қўйган талабларга мувофиқ келмайди.

Цемент тоши таркибидаги клинкернинг улуши 15-20% га камайишига қарамай цементларнинг мустаҳкамлиги 400 маркага етиши сабабларини аниқлаш мақсадида, гидратланиш жараёнида юзага келадиган ҳосилалар тури ва цемент тоши микроструктураси шаклланиш генезиси тадқиқ қилинди.

Таркибида 15% опокасимон жинс тутган цементни гидратланиш тезлиги ўрганилганда, кимёвий боғланган сув миқдори МКли цементники билан бир ҳилда эканлиги аниқланди ва бунинг сабаби, иккала қўшимчанинг ҳам пуццолан фаоллиги деярли бир ҳилда эканлиги билан боғланди. Ҳовак тузилишга эга опокасимон жинслар  $C_3S$  гидролизланиши натижасида ажралиб чиқаётган  $Ca(OH)_2$  ни суюқ фазадан жадал ютиб, цементни гидратланиш жараёнини жадаллаштиради ва гидратли маҳсулотларни катта миқдорда тез ҳосил бўлишини, ҳамда цемент тошининг тезроқ мустаҳкамланишини таъминлайди. Қотиш муддати ортиши билан намуналардаги боғланган сув

микдори аста-секин ортиб бориб, 60-суткага келиб 17,17% га етади, бу эса базавий ПЦ тошидагига нисбатан 3,13% га кўп, 90-суткалик муддатда эса гидратли фазалар таркиби барқарорлашиши туфайли кимёвий боғланган сув микдори бир оз камаяди.

Таркиби 15% опокасимон жинсли цемент дифрактограммасида пайдо бўлган тоберморит гуруҳига мансуб кальций гидросиликатлари ( $d/n=0,303$ ;  $0,228$ ;  $0,218$  nm), кальций гидросульфоалюминатларга хос ( $d/n=0,983$ ;  $0,809$ ;  $0,729$  nm) чизиклар 1-90 сутка мобайнида қотганда ўз ўлчамларини бир оз ўзгартиради (3-расм).

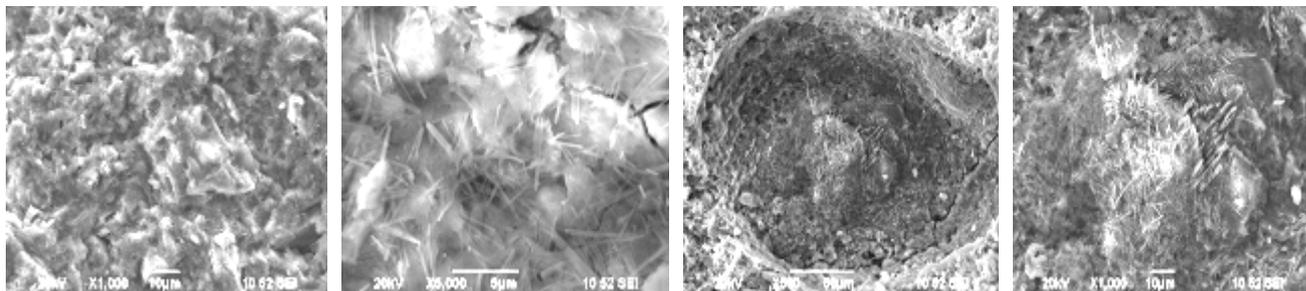


**3-расм. Таркибига 15% опокасимон жинс қўшилган портландцементнинг 1 (1); 28 (2) ва 90 (3) сутка давомида сувда қотгандан сўнгги дифрактограммалари**

Опокасимон жинс қўшилган цемент намуналарини термик ҳолати унинг қотиш муддатларига боғлиқ бўлиб, термик барқарорлик қатори қуйидагича ўзгаради: 1-сут (20,44%); 3-сут (18,29%); 7-сут (20,66%) ва 90-сут (22,08%).

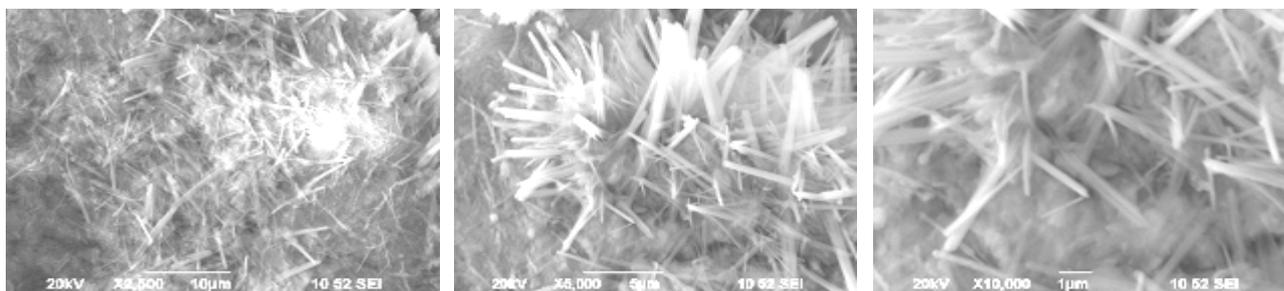
Цемент сув билан қориштирилганда 1 суткадан кейин цемент пастаси тошга айлана бошлайди, унинг синдирилган юзаси турли шаклга ва йўналишга эга, кўплаб ҳаво ғоваклари бўлган ғадир-будир кўринишдан иборат

(4-расм). Гидратланиш маҳсулотлари ивиқсимон массададан иборат бўлиб, ғовакларнинг деворлари атрофида нинасимон кристаллар ўсаётганлиги кузатилади. Янги ҳосил бўлган бундай нинасимон кристаллар қотаётган цемент пастасининг юза қатламларида ҳам пайдо бўлади.



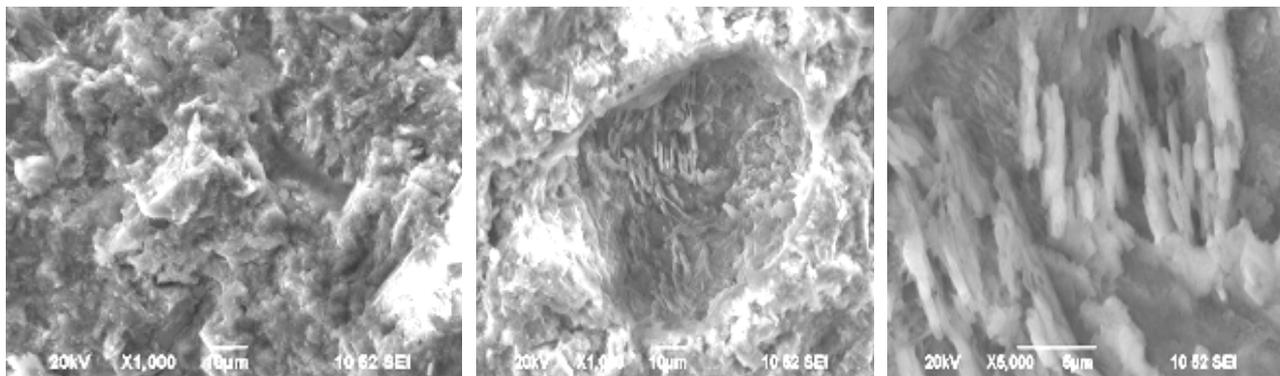
**4-расм. Таркибига 15% опокасимон жинс қўшилган ва 1 сутка давомида қотган цемент тоши синиғи юзасининг рельефи**

Цементни гидратланиш жараёни 3-суткага келиб тезлашади, бунда цемент тошининг скелет кристалл тузилмаси шаклланишида мустақамловчи бирикма сифатида хизмат қилувчи эттрингит катта миқдорда кристалланади. Бунга цемент таркибидаги ғоваклилиги ва ютиш қобилияти юқори бўлган опокасимон жинсли қўшимчанинг мавжудлиги ёрдам беради. Қўшимча суюқ фазага ажралиб чиққан  $\text{Ca}^{2+}$  ионларини жадал ютиб,  $\text{C}_3\text{S}$  гидролизини тезлаштиради, у эса суюқ фазага  $\text{Ca}^{2+}$  ионларининг янги миқдорларини ажратиб чиқаради, улар эса ўз навбатида цемент таркибидаги алюминат ва сульфатлар билан ўзаро таъсирга киришиб, эттрингит кристалларини катта миқдорда ҳосил бўлишига шароит яратади (5-расм).



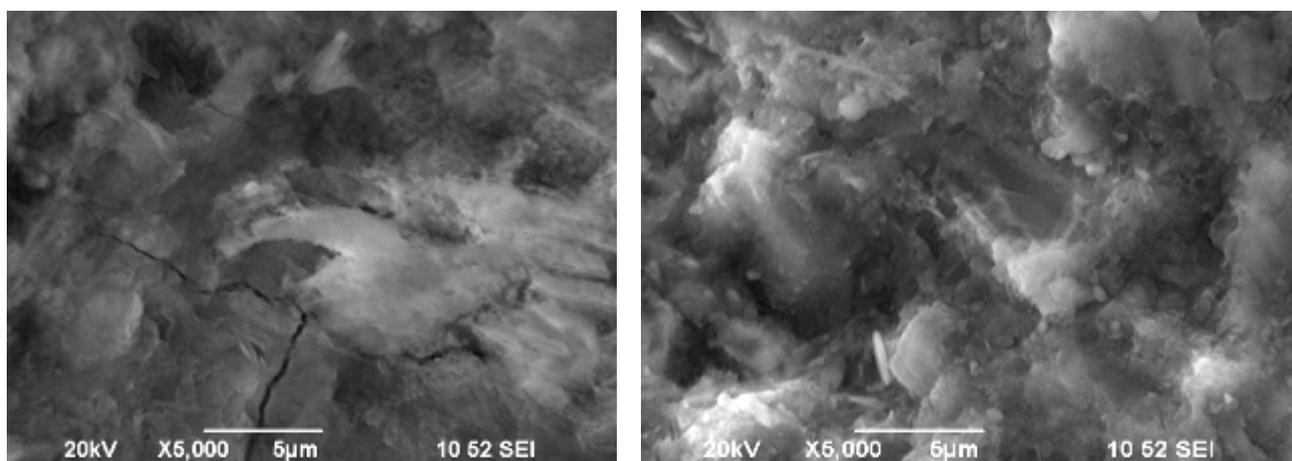
**5-расм. Опокасимон жинсли 3 сутка қотган цемент тошини синиқ юзасининг рельефи**

Цемент тошидаги ғоваклар ва микроёриқлар 7-суткада бирин-кетин ўсиб келаётган ва бетартиб жойлашган кальций гидросульфoалюминатлари ва гидросиликатларининг кристаллари ва кристаллоагрегатлари билан тўлиб боради ва микроёриқларни «ўзини даволаши» жараёни кечади. Бу айниқса 6-расмда яққол тасвирланган бўлиб, ғовакларда игначалар ва юпқа пластинксимон субмикрoкристаллар ўсаётганлиги, уларни турли томонларга йўналганлиги ва кристалл “боғлам”ларни ҳосил қилиб, аста-секин цемент тошини жипслаштираётганлиги кўзга ташланади.



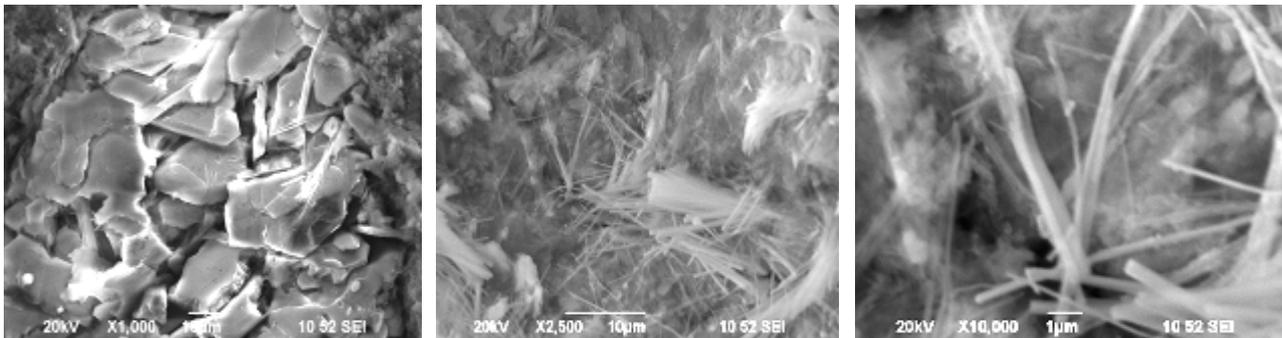
**6-расм. 7 сутка давомида қотган опокасимон жинсли цемент тоши синиқ юзасининг рельефи**

Цемент тошининг микротузилмаси 28-суткага келиб гидратланиш маҳсулотларини битишиб ўсиши ҳисобига кам ғовакли яхлитланган кўринишига эга бўлади (7-расм).



**7-расм. 28 сутка давомида қотган опокасимон жинсли цемент тоши синиқ юзасининг рельефи**

Шу билан бирга, гидратланиш жараёни «пастдан-тепага» тамойили бўйича давом этади ва янгидан-янги кристаллар пайдо бўлиб ва ўсиб, зич жойлашади ҳамда блокланган кўринишдаги мустаҳкам сунъий конгломератни шакллантиради (8-расм). Цемент тоши ғовақларида бетартиб ўсаётган толасимон ва призмасимон кристаллар ва кальций гидросиликатларини ипсимон кристалларидан ҳосил бўлган “боғламлар”, гидроалюмерритни пластинкасимон кристаллари билан қопланган майдонлар ҳам мавжудлиги, сунъий конгломерат структураси зичлашишини ва опокасимон жинсининг гидравлик фаоллиги ПЦ 400-Д0 марказдаги цемент даражасида бўлишини таъминлайди.



**8-расм. Қотиш муддати – 3 ой бўлган цемент тоши синик юзасининг рельефи**

Ишнинг «Цемент ишлаб чиқаришда кремнезем миқдори юқори бўлган қўшимчаларни ишлатиш самарадорлигини асослаш, меъёрий базасини ишлаб чиқиш ва тадқиқот натижаларини жорий қилиш» мавзусидаги бешинчи бобида цемент ишлаб чиқаришда тадқиқот натижаларидан фойдаланишни таъминловчи меъёрий база - МК-85 маркали микрокремнезем учун Т<sub>с</sub>№00186200-12:2019 «Конденсацияланган микрокремнезем. Техник шартлар» ишлаб чиқилиб ва рўйхатдан ўтказилиб, «Ўзметкомбинат» АЖда амалга киритилганлиги, «Цементдаги кремнезем миқдори юқори қўшимчаларни масса улушини ўлчашни бажариш услуги» лойиҳаси ишлаб чиқилиб, «Azia Engineering Progress» МЧЖ томонидан метрологик экспертизадан ўтказилганлиги, «YUGGAZ CEMENT» МЧЖни майдалаш бўлимида опокасимон жинслардан фойдаланиб қўшимчали цементни саноат-тажриба тўпи ишлаб чиқарилганлиги ва ПЦ400-Д20 маркали цемент олиш технологияси жорий этилганлиги, МК ва кремнезем миқдори юқори қўшимчали цементлар ишлаб чиқаришнинг иқтисодий самарадорлиги ҳақидаги маълумотлар келтирилган.

## ХУЛОСАЛАР

1. Илмий-техник адабиётлар ва патент манбаалари маълумотларини таҳлил этиш орқали, ўта майин таркибли МК ва кремнезем миқдори юқори табиий хом ашё материаллардан портландцементга қўшимча сифатида фойдаланиш самарадорлиги изоҳланади.

2. Опокасимон жинслар ва ўта майин таркибли МКни кимёвий-минералогик таркиблари, структураси ва Стьюдент мезони бўйича гидравлик фаоллиги аниқланган ҳамда уларнинг цементга қўшимча сифатида ишлатишга яроқлилиги билан изоҳланади.

3. Гидравлик фаоллиги етарли даражада юқори бўлган портландцементлар олишда 20% гача клинкерни опрокасимон жинслар ва микрокремнезем билан алмаштириш таклиф этилган ва «Uz-Shindong Silicon» ҚК МЧЖ ва «Ўзметкомбинат» АЖ микрокремнеземидан фойдаланиб ПЦ400-Д20 маркали цементларнинг таркиблари тавсия этилган.

4. МК-85 маркали микрокремнеземга Т<sub>с</sub> 00186200-12:2019 «Конденсацияланган микрокремнезем. Техник шартлар» ишлаб чиқилган ва ўта

майин МКдан фойдаланиб қўшимчали цементлар ишлаб чиқариш учун технологик схема тавсия этилган.

5. Цемент таркибидаги кремнеземли қўшимчаларни масса улушини ўлчаш услуги ишлаб чиқилган, метрологик экспертизадан ўтказилган ва амалда қўлланишга тавсия этилган.

6. ПЦ400-Д20 маркали портландцементни 1 тоннасини ишлаб чиқаришга материалларнинг меъёрий сарфи аниқланган ва уни «YUGGAZCEMENT» МЧЖнинг майдалаш бўлинмасида ишлаб чиқариш учун Технологик йўриқнома ишлаб чиқилган ва ушбу корхонада цемент олиш учун тавсия берилган.

7. Цемент ишлаб чиқариш корхоналарида портландцементнинг маркасини туширмаган ҳолда юқори ҳароратда олинадиган клинкерни маълум қисмини ўта майин микрокремнезем ва опокасимон жинслар билан алмаштириб қўлланилиши тавсия этилган.

8. Таркибида 10% МК бўлган Портландцементининг назорат синовлари «Бекободцемент» АЖнинг аккредитацияланган синов лабораториясида ўтказилди. Олинган синовларнинг ижобий натижаларини ҳисобга олган ҳолда, «Бекободцемент» АЖда дисперсланган МК қўшимчалар сифатида ўз ичига олган ПЦ 400-Д20 ишлаб чиқариш технологияси жорий этилди.

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

---

**ИНСТИТУТ ОБЩЕЙ И НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ**

**МУХИТДИНОВ ДИЛШОД ДАВРОНОВИЧ**

**ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ НОВЫХ ВИДОВ ЦЕМЕНТОВ С  
НЕОРГАНИЧЕСКИМИ ДОБАВКАМИ С ВЫСОКИМ СОДЕРЖАНИЕМ  
КРЕМНЕЗЕМА**

**02.00.13 – Технология неорганических веществ и материалов на их основе**

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

**Ташкент – 2020**

**Тема диссертации ученой степени доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрированной в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за B2020.2.PhD/T1717**

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

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

**Научный руководитель:** **Искандарова Мастура Искандаровна**  
доктор технических наук, профессор

**Официальные оппоненты:** **Шамшидинов Исроилжон Тургунович**  
доктор технических наук, профессор

**Искендеров Ахмет Макседбаевич**  
доктор технических наук

**Ведущая организация:** **Ургенчский государственный университет**

Защита диссертации состоится «10» декабря 2020 г. в «10<sup>00</sup>» часов на заседании Разового Научного Совета DSc.02./30.12.2019.K/T.35.01 при Институте общей и неорганической химии Академии наук Республики Узбекистан (адрес: 100174, г.Ташкент, ул. Мирзо Улугбек, 77-а. Тел.: (+99871) 262-56-60; факс: (+99871) 262-79-90, e-mail: [ionxanruz@mail.ru](mailto:ionxanruz@mail.ru)).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Института общей и неорганической химии (Зарегистрированной номер № 21). Адрес: 100174, г.Ташкент, ул. Мирзо Улугбек, 77-а. Тел.: (+99871) 262-56-60; факс: (+99871) 262-79-90

Автореферат диссертации разослан «26» ноября 2020 года  
(протокол реестра № 21 от 26 ноября 2020г.)



**Б.С. Закиров**  
Председатель научного совета по  
присуждению ученых степеней,  
д.х.н., профессор

**Д.С. Салиханова**  
Ученый секретарь научного совета по  
присуждению ученых степеней,  
д.т.н., профессор

**С.А. Абдурахимов**  
Председатель научного семинара  
при научном совете по присуждению  
учёных степеней, д.т.н., профессор

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

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** В мире на сегодняшний день одним из наиболее экономически эффективных направлений в цементной промышленности на сегодняшний день является производство энерго-ресурсосберегающих, смешанных и композиционных портландцементов, способных заменить определенную часть высокотемпературной клинкерной составляющей, без ухудшения его физико-механических и эксплуатационных свойств, с целью обеспечения местного производства цемента добавочным природным сырьем местного происхождения, изучение которого имеет большое значение.

Необходимо проводить в мировом масштабе актуальные научные решения и обоснования для разработки технологии получения высококачественных цементов с использованием новых видов неорганических добавок с высоким содержанием кремнезема по следующим критериям: производство новых типов портландцементов с использованием нетрадиционных минеральных добавок; оптимизация составов добавочных цементов на основе техногенных отходов и совершенствование технологии производства; сокращение времени водного твердения и улучшение строительно-технических свойств пуццолановых цементов; Необходимо проводить исследования по приоритетным направлениям, таким как формирование новых видов композитных цементов:

В нашей республике достигается ряд научных и практических результатов по производству новых видов цемента на основе местного сырья, строительству новых современных цементных заводов, увеличению объемов производства и экспортного потенциала новых видов цемента. С целью дальнейшего развития Республики Узбекистан выработана Стратегия действий, которая определяет следующие задачи: «развитие отраслей производств, модернизация и диверсификация промышленности, применение на практике низкочастотных, энергосберегающих методов, развитие цементной промышленности, производство импортозамещающей и экспортно-ориентированной продукции»<sup>11</sup>. В связи с этим большое значение имеют исследования, направленные на производство дешевых и высококачественных цементов с использованием местного сырья и техногенных отходов, в том числе при производстве низкоэнергетического клинкера и цемента.

Данное диссертационное исследование, в определенной степени, служит выполнению задач, предусмотренных в указе Президента Республики Узбекистан от 7 февраля 2017 г. № ПП-4947 «Стратегия дальнейшего развития Республики Узбекистан», 4 мая 2018 г. № ПП-3696 «О дополнительных мерах по обеспечению стабильного снабжения внутреннего рынка цементом», 2019 г

---

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

Постановления № ПП-4198 от 20 февраля 2019 г. «О мерах по коренному совершенствованию и комплексному развитию отрасли строительных материалов», ПП-4335 от 23 мая 2019 г. «О дополнительных мерах по ускоренному развитию отрасли строительных материалов» а также в других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

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

**Степень изученности проблемы.** Изучением получения портландцементов с высоким содержанием кремнеземных добавок занимались Ihsan Erçin, H. El-Didamony, Darweesh H. H. M., Mahmoud R. A., Yilmaz Bulent, Ediz Nezahat, Degirmenci Nurhayat, Yilmaz Arin, B.V. Тимашев, В.К. Классен, С.С. Канцпольский, Т.Б. Бельских, О.В. Кононова, А.О. Смирнов, М.Я. Бикбау, Б.Т. Таймасов, Ю. А. Онасенко, В. В. Песчанская, В.В. Бабков, А.И. Габитов, Сахибгареев, Т.Б. Бельских, Г. Браун, А.И. Савенков, А.А. Баранова, В.Д. Котляр, М.В. Бахарев, В.Н., Семиндейкин, З.Б. Энтин и другие.

Ученые нашей страны Т.А. Отакузиев, М.И. Искандарова, З.П. Пулатов, Г.М. Рахимова, А.М. Рахимов, А.А. Туляганов, Ф.Б. Атабаев и другие также проводили научные исследования по данной теме.

В результате научных исследований ускорился процесс образования основных минералов в низкоэнергетическом клинкере; стабилизировались характеристики марок портландцементов, полученных на основе техногенных отходов; повысилась прочность композитных цементов; изучен механизм образования новых продуктов при сжигании и добавлении в цемент новых добавок; изучены физико-химические основы образования искусственных конгломератов в цементном камне.

В настоящем ведутся разработки по нижеследующим направлениям: получение новых видов цементов с неорганическими добавками с высоким содержанием кремнезема на основе нанотехнологий; повышение антикоррозионных свойств сульфатостойких цементов; изучение механизмов гидратации пуццолановых цементов в процессе трансформации в бетон; разработка новых составов композиционных цементов на основе сырья вновь открытых месторождений; а также научные исследования по снижению себестоимости цемента.

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

Диссертационное исследование выполнено в соответствии с планом научно-исследовательских работ Института общей и неорганической химии АН РУз в рамках прикладного проекта ПЗ-20170914202- «Разработка технологии получения новых видов цементов с высоким содержанием микрокремнезема и местных кремнеземсодержащих добавок».

**Целью исследования** является, разработка состава и технологии производства нового типа энерго-, ресурсосберегающих портландцементов с использованием в качестве добавок микрокремнезема (МК) и опоковидных пород.

**Задачи исследования:** исследование химико-минералогического состава микрокремнеземных и опоковидных пород, с определением соответствия их гидравлической активности и их пригодности для использования в качестве добавок к цементу;

исследование влияния микрокремнезема и опоковидных пород на физико-механические свойства портландцемента и оптимизация состава портландцементов с их добавкой;

исследование кинетики скорости связывания воды, формирования фазового состава и микроструктуры искусственного конгломерата при твердении вяжущей системы «молотый клинкер-микрокремнезем-гипс-вода» и «молотый клинкер-опоковидная порода-гипс-вода»;

исследование физико-механических свойств портландцементов, полученных с использованием ультрадисперсного микрокремнезема и оптимизация их состава;

разработка технологии производства портландцементов с добавками микрокремнезема;

изучение физико-механических свойств цементов, полученных на основе опоковидных пород, и оптимизация их состава;

представление рекомендации по разработке технологии производства и промышленному применению портландцемента с добавками на основе опоковидных пород.

**Объектом исследования** является микрокремнезем из отходов производства кремниевых сплавов, опоковидные породы Чукурсайского разреза месторождения Зиявутдин-3 и добавочные цементы с их использованием.

**Предметом исследований** является оптимизация составов портландцементов с МК и высококремнезистыми добавками, изучение процессов их гидратации, затвердевания и структурного образования, а также разработка технологий производства добавочного цемента.

**Методы исследования.** Для определения химико-минералогического состава, физико-механических испытаний, изучения процессов формирования и гидратации микроструктуры цементного камня использовались рентгенофазовый, ИК-спектроскопический, дифференциально-термический, электронно-микроскопический методы.

**Научная новизна исследования** состоит из нижеследующего: для получения добавочных цементов с новым составом с добавками из МК и опоковидных пород на основе химико-минералогического состава МК и опоковидных пород и гидроактивности по критериям Стьюдента и их выбор в

качестве цементных добавок, в качестве минеральных добавок для получения новых вяжущих добавок;

оптимизирован состав добавочных цементов за счет взаимосвязи между количеством МК и опоковидных пород в дополнение к количеству в цементе и физико-механическими свойствами цементного камня на основе полученного добавочного портландцемента;

доказано образование искусственного конгломерата с идеальным фазовым составом и структурой в результате определения способности портландцементов, содержащих новые типы добавок, вступать в реакцию с водой;

выявлено образование гидратированных производных при образовании искусственных конгломератов в процессе гидратации добавочных цементов с новой структурой;

доказана корреляция между формированием структуры и физико-химическими изменениями в них и физико-химическими свойствами новых вяжущих добавок.

**Практические результаты исследования** состоят в следующем:

разработаны составы эффективных цементных композиций на основе портландцементов с добавлением МК и опоковидных пород;

разработан новый состав портландцементов марки ПЦ400-Д20 с содержанием в качестве добавок МК и опоковидных пород и технология их производства;

разработаны нормативная база для потребительского использования ультрадисперсного МК - ТУ 00186200-12: 2019 «Микрокремнезем конденсированный. Технические условия»;

разработана технология производства цементов с добавками из опоковидных пород.

**Достоверность результатов исследования.** соответствие и достоверность результатов физико-механических испытаний и масштабных экспериментов действующим международным стандартам, стандартам Республики Узбекистан, сертифицированным приборам и оборудованию, современным физико-химическим методам исследования, рентгеновской, дифференциально-термической, инфракрасной спектроскопической оптике и подтверждено такими методами, как электронно-микроскопический анализ.

**Научная и практическая значимость результатов исследования.**

Научная значимость результатов исследований основана на прочной структуре искусственного конгломерата и формировании высоких физико-механических свойств с установлением законов корреляции «состав-структура-прочность» при замене 20% клинкера в портландцементе на микрокремнезем и опоковидные породы.

Практическая значимость результатов исследования заключается в экономии 20% ценного клинкера, полученного при высоких температурах в

добавочных цементах, увеличении объема производства цемента, снижении затрат, сосредоточении внимания на оздоровлении и улучшении окружающей среды вблизи промышленных предприятий.

**Внедрение результатов исследования.** На основании научных результатов, полученных при разработке технологий производства новых видов цемента с высоким содержанием кремнезема:

Технические условия на ультрадисперсный микрокремнезем МК-85 зарегистрированы в Агентстве «Узстандарт» (Ts 00186200-12:2019). В результате данное техническое условие позволяет контролировать качество продукции и технологический процесс;

Технические условия на клинкерно-композиционные вяжущие для сухих смесей зарегистрированы в Агентстве «Узстандарт» (Ts00295455-48:2018). В результате данное техническое условие позволяет контролировать качество продукции и технологический процесс;

Внедрена в производство технология производства добавочного портландцемента с добавками микрокремнезема (Акт АО «Бекабадцемент» от 15 октября 2020 г. и письмо № ШШ / 1129 от 26 октября 2020 г.). В результате стало возможным сэкономить ценный клинкер, полученный при высоких температурах, и производить добавочный портландцемент в промышленных масштабах;

**Апробация результатов исследования.** Результаты данных исследований прошли обсуждение на 3х международных и 10 национальных научно-технических конференциях.

**Публикация результатов исследования.** По результатам диссертационного исследования всего опубликовано 19 научных трудов. Из них 6 статей, в том числе 6 в научных изданиях, рекомендованных Высшей Аттестационной Комиссией РУз для печати научных результатов докторских диссертаций, из них 4 - в республиканских журналах, 2 - в зарубежных журналах. В Комитет по интеллектуальной собственности поданы заявки на получение патента РУз.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации 120 страниц.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ**

**Во введении** обосновывается актуальность и востребованность выбранной темы исследования, цель и задачи исследования, характеризуются объекты и предмет исследования, отмечено соответствие исследований приоритетным направлениям науки и технологий республики, излагаются научная новизна и практические результаты исследования, раскрываются научная и практическая значимость полученных результатов, внедрение в

практику результатов исследования, сведения по опубликованным работам, структуре и объему диссертации.

В первой главе диссертации **«Состояние и перспектива использования микрокремнезема и кремнеземистых добавок в промышленности строительных материалов»** приводится обзор информации зарубежных и отечественных источников научно-технической и патентной литературы, посвященных разработке составов и технологий получения цементов с добавкой высококремнеземистых материалов, в частности микрокремнезема и опоковидных пород, на основе критического подхода к имеющимся разработкам, выявлены их недостатки и преимущества.

Анализ имеющейся информации в области получения добавочных цементов показал, что активные кремнеземсодержащие добавки типа микрокремнезем, диатомиты, трепелы, опоки, различные вулканические породы, характеризующиеся высокой способностью поглощать известь, заменяя часть клинкерной составляющей, способствуют улучшению физико-механических и строительно-технических свойств цемента и бетона на его основе. Отмечено, что среды микрокремнезем, представленный ультрадисперсным порошком, состоящий из частиц аморфного кремнезема с размером около 0,1 микрона, что во 100 раз меньше, чем зерна цемента среднего размера, имеет среднюю удельную поверхность около 20 м<sup>2</sup>/г, широко используется в строительной индустрии в качестве добавки в цемент, бетон, компонента сухих строительных смесей, сырьевых шихт для получения керамических плиток и т.п. Высокое содержание ультрадисперсного SiO<sub>2</sub>, в основном в виде опал-кristобалитовой фазы, предопределяет высокую пуццолановую активность микрокремнезема при его использовании в составе портландцемента за счет повышения контактной поверхности с частицами клинкерных минералов и усиленного поглощения гидроксида кальция (поглощение извести более 150 мг/л) при твердении ПЦ с образованием гидросиликатов тоберморитовой группы. Это и определяет его предназначение в качестве добавки для получения прочного и долговечного цементного камня и бетона с высокой сульфатостойкостью.

Установлено, что природные кремнеземсодержащие породы, в частности опоки и опоковидные породы, содержащие в своем составе опал-кristобалитовую фазу, по характеру воздействия на процесс твердения портландцемента и цементобетона аналогичны с микрокремнеземом и проявляют высокую реакционную и абсорбционную способность, что служит основанием для их широкого применения в качестве алюмосиликатного компонента сырьевых шихт для получения керамических изделий, вяжущих для производства теплоизоляционных материалов, добавочных цементов, сухих строительных смесей и т.п. Механизм использования опоковидных пород в качестве добавки в цемент и бетон базируется на их высокой адсорбционной способности поглощать известь, которая выделяется при твердении

портландцемента. За счет быстрого отвода ионов  $\text{Ca}^{2+}$  из жидкой фазы за счет поглощения добавкой, имеющей пористую структуру, процесс гидратации портландцементных минералов ускоряется, интенсифицируется химическая реакция по принципу кислотно-основного взаимодействия минералов портландцемента и кремнеземистых добавок, в частности опок, что приводит к уплотнению и упрочнению формирующегося цементного композита.

Отмечено, что с учетом ввода в действие заводов по производству ферросилиция на базе СП ООО «Uz-Shindong Silicon» и АО «Узметкомбинат», возникла необходимость утилизации микрокремнезема, что требует детального исследования его технологических свойств и исходя из полученных результатов рекомендовать его к применению в цементной промышленности с выдачей оптимальных химико-технологических параметров производства добавочных цементов, по качественным показателям соответствующих требованиям НД.

Выявлено, что в результате поисковых работ геологов, на границе Самаркандской и Навоийской областей на месторождении «Зиаэтдин-3» обнаружены залежи кварц-полевошпатовых песков, опоковидных пород и песков с опокой и для уточнения возможности их использования в качестве кремнеземсодержащей добавки в цемент также необходимо проведение масштабных физико-механических и физико-химических исследований с выдачей заключения об их соответствии требованиям НД с разработкой практических рекомендаций по оптимальным химико-технологическим параметрам производства цементов с их использованием, что и обосновывает выбор направления, цель, задачи и предмет диссертационного исследования.

Во второй главе диссертации **«Химико-минералогические характеристики и технологические свойства исходных материалов и методика проведения исследований»** приведены химико-технологические параметры и свойства исходных материалов: портландцементного клинкера АО «Кизилкумцемент», АО «Бекабадцемент», гипсового камня Бухарского месторождения, микрокремнезема СП ООО «Uz-Shindong Silicon» и АО «Узметкомбинат», опоковидных пород участка «Чукурсай» месторождения «Зиаэтдин-3».

Установлено, что химический состав микрокремнезема СП ООО «Uz-Shindong Silicon» характеризуется преимущественным содержанием  $\text{SiO}_2$ , которое составляет 92,71%, а 7,29% примесей представлены оксидами  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{R}_2\text{O}$  и  $\text{MnO}_2$ . Микрокремнезем АО «Узметкомбинат» характеризуется таким же химическим составом ( $\text{SiO}_2$ -92,70%) лишь с разницей по содержанию оксида алюминия, щелочных оксидов и сульфатов. На основе полученных данных рентгенофазового, спектрометрического, ДТА и электронной микроскопии сделано заключение о целесообразности проведения технологических испытаний по определению влияния ультрадисперсного микрокремнезема на физико-механические свойства портландцемента с целью

разработки рекомендаций для промышленной апробации энергоэкономичных составов и технологии получения высококремнеземистых добавочных цементов с повышенной устойчивостью к сульфатной солевой агрессии.

Установлено, что химический состав средней пробы опоковидных пород представлен преимущественным содержанием оксидов: кремния ( $\text{SiO}_2$ ) - 47,70%, алюминия ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) - 9,42%, кальция ( $\text{CaO}$ ) - 10,48%. Присутствие оксида кальция ( $\text{CaO}$ ) в количестве - 10,48%, и величина значения п.п.п.-15,78%, указывает на то, что в местной опоковидной породе, помимо кремнезема, содержатся примеси карбонатного вещества. На спектрах элементов опоковидной породы участка «Чукурсай» месторождения «Зиаэтдин-3» наблюдается высокая концентрация кислорода, кремния, кальция и алюминия. В малых концентрациях присутствуют железо, калий, натрий и магний. Фазовый состав пробы опоковидной породы представлен преимущественным содержанием диопсида: кальций - магниевый силикат  $\text{CaMg}(\text{Si}_2\text{O}_6)$  и аморфного кремнезема в виде опала  $\text{SiO}_2 \times n\text{H}_2\text{O}$ . Присутствуют примеси кальцита  $\text{CaCO}_3$ , магнетита  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , мусковита  $\text{KA13 Si}_3\text{O}_{10} (\text{OH})_2$  и др. На электронных микрофотографиях с поверхности скола опоковидных пород, четко выявляется шероховатая микро глобулярная структура, состоящая из частиц различных размеров и разнообразных форм, среди которых преобладают короткие призматические и реже - таблитчатые кристаллы, их промежутки заполнены плотной зернистой массой, на их поверхности встречаются чешуйчатые образования. Сравнительный анализ дифрактограмм исследуемой опоковидной породы с дифрактограммами опок Вольского, Шевченковского и Степан-Разинского месторождений Украины позволил сделать заключение о том, что опоковидная порода участка «Чукурсай» месторождения «Зиаэтдин-3» относится к группе глинистых опок и ее химическая активность по поглощению извести составляет 130 mg/g, что позволяет рекомендовать ее к применению в качестве добавки в цемент.

Третья глава диссертации, озаглавленная **«Разработка технологии получения добавочных цементов с использованием отхода производства кремниевых сплавов-микрокремнезема»** содержит результаты по определению гидравлической активности микрокремнезема и исследованию его влияния на физико-механические и физико-химические свойства портландцемента. Экспериментально установлено, что значение гидравлической активности микрокремнезема по критерию Стьюдента, определенная по методике ГОСТ 25094-94 «Добавки активные минеральные для цементов. Методы испытаний» составило  $t=13,47$ , что больше его регламентированного значения  $t=2,07$  по O'z DSt 901-98 «Добавки для цементов. Активные минеральные добавки и добавки - наполнители. Технические условия» конец схватывания и водостойкость микрокремнезем по показателям конца схватывания и водостойкости также удовлетворяет требованиям, предъявляемых к активным минеральным добавкам.

Следовательно, его можно отнести к группе активных минеральных добавок, пригодных к применению в качестве добавки в цемент.

Для формирования состава добавочных цементов использованы портландцементный клинкер АО «Бекабадцемент», МК АО «Бекабадцемент» гипсовый камень Бухарского месторождения (табл.1)

**Таблица 1**

**Химический состав исходных материалов**

Наименование материала	Массовая доля оксидов, %								
	п.п.п.	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	R <sub>2</sub> O	Пр.
ПЦ клинкер АО «Бекабадцемент»	17,04	50,25	7,90	2,70	11,26	1,77	0,51	-	8,64
Микрокремнезем АО «Узметкомбинат»	2,61	92,70	0,76	1,08	0,28	0,22	0,37	1,58	0,42
Гипсовый камень	H <sub>2</sub> O (400°C) 19,1	1,52	0,13	0,14	33,04	0,20	43,46	-	2,55

Введение до 20% микрокремнезема оказывает положительное влияние на физико-механические свойства портландцемента, повышая его прочность как на изгиб, так и на сжатия. Разница в показателях прочности базового цемента ПЦ-Д0 и цемента с добавкой 5% МК в 28-суточном возрасте составляет на сжатие 7,3 МПа (табл.2). Увеличение количества вводимого МК до 7% в начальные сроки резко повышает прочность портландцемента, а к 28 суткам она остается на уровне цемента, содержащего 5% МК. С увеличением дозировки МК от 10 до 20% картина формирования прочностных показателей добавочного цемента резко изменяется в обратную сторону, т.е. в начальные сроки (3 сут.) отмечается снижение прочностных показателей образцов. Совокупность сложных физико-химических процессов взаимодействия и гидратационного превращения в системе «молотый клинкера-гипсовый камень-микрокремнезем-вода» приводит к постепенному уплотнению формирующегося цементного композита, который в более поздние сроки твердения приобретает высокую прочность, иногда превышающей прочности ПЦ-Д0. К 28 сут. прочность цементного камня резко увеличивается как на изгиб (8,67 МПа, так и на сжатие (55,3 МПа). При содержания МК 15-20% отмечено некоторое снижение прочностных показателей цементов, однако, они значительно выше (47,3-45,5 МПа) показателей прочности ПЦ-Д0, марочная прочность которого к этому сроку составляет 41,2 МПа.

## Влияние МК на прочностные показатели портландцемента

Наименование и соотношение компонентов (масс.%):			В/Ц	Предел прочности образцов при изг/сж. (МПа), через:		
ПЦ клинкер	Гипс	МК		3 сут	7 сут	28 сут
<b>Микрокремнезем СП ООО «Uz-Shindong Silicon»*</b>						
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
<b>МК АО «Узметкомбинат»</b>						
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

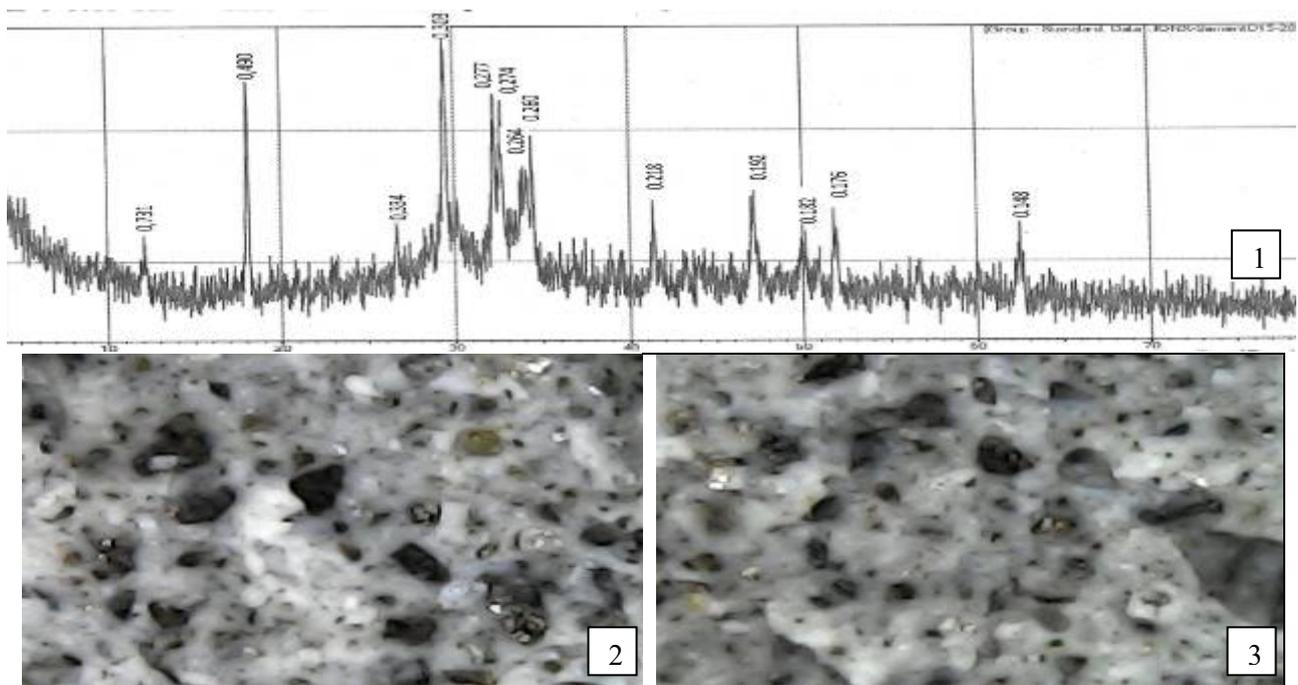
Такой эффект, как установлено определением скорости связывания химической воды, фазового состава и структуры гидратирующейся системы «молотый клинкера-МК-гипс-вода», обеспечивается за счет заполнения пор цементного камня сферическими микрочастицами МК, способствующими дополнительному образованию гидросиликатного геля, что значительно уменьшает капиллярную пористость и проницаемость цементного камня (табл. 3, рис. 1 и 2).

Таблица 3

Сравнительное изменение количества химически связанной воды в зависимости от вида и сроков твердения цементов

№	Обозначение цементов	Количество связанной воды (%) в образцах, твердевших в течение (сут):						
		0	1	3	7	28	60	90
1	ПЦ-Д0	2,4	13,29	13,43	12,41	12,87	14,30	14,27
2	ПЦ-Д15 с МК	3,05	16,18	14,05	14,50	16,12	18,98	17,52

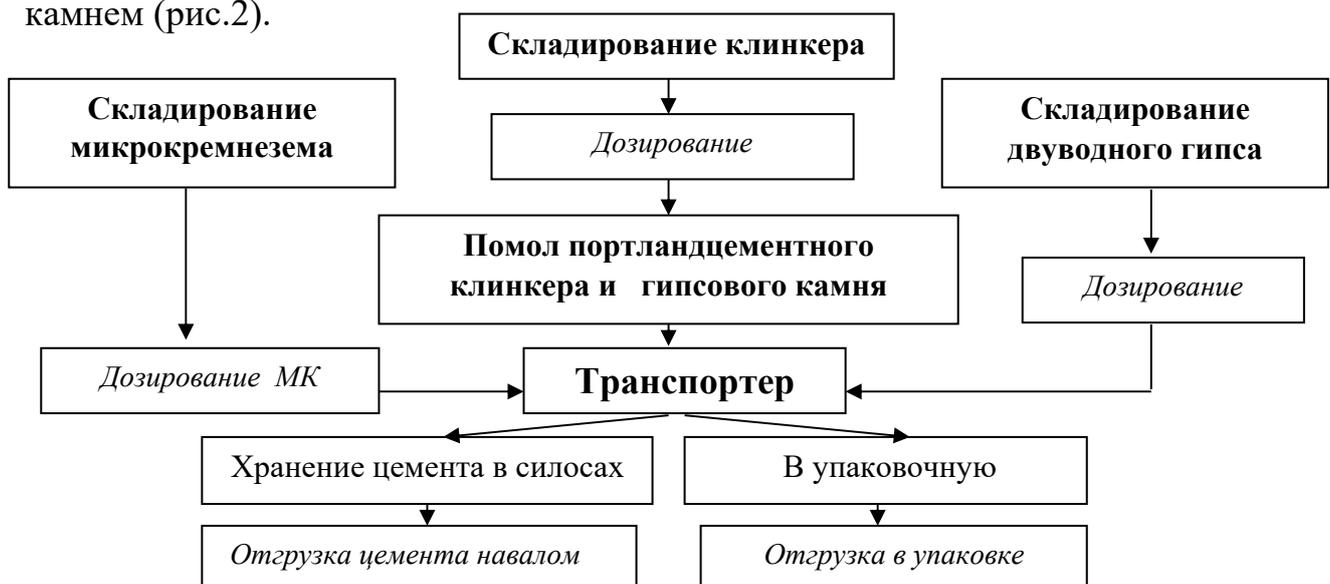
По данным табл. 3, добавка 15% МК ускоряет связывание воды в гидратные новообразования, которые по данным рентгенофазового анализа, не имеют морфологических отличий от продуктов гидратации базового портландцемента. Разница заключается только в том, что за счет ускоренного



**Рисунок 1. Дифрактограмма цементного камня через 28 сут (а) и рельеф поверхности его скола через 28 (2) и 90 сут (3) твердения.**

поглощения и связывания  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , такие же гидратные новообразования гидросиликатных структур тоберморитового типа, как показано на рис. 1 и 2, в добавочных цементах образуются в большем количестве и они повышают плотность и снижают проницаемость цементного камня, что в свою очередь, несмотря на уменьшение высокоактивной клинкерной составляющей, обеспечивает его высокие показатели физико-механических свойств, устойчивости против воздействия мороза и агрессивных минеральных солей.

Из-за того, что МК является ультрадисперсным материалом, он не нуждается в дополнительном помоле совместно с клинкером и гипсовым камнем (рис.2).



**Рисунок 2. Технологическая схема производства цемента с МК**

В связи с этим, предлагаемая нами технологическая схема получения добавочного цемента с МК предусматривает изменение место установки бункера с дозатором для добавки, т.е. бункер с дозатором устанавливается у выхода цементного порошка из шаровой мельницы, где он поступает на транспортирующую установку, куда подается сжатый воздух для аэрации и отправки цементного порошка на хранение в цементные силоса.

Четвертая глава диссертации «**Оптимизация состава и разработка технологии получения портландцемента с опоковидными породами Узбекистана**» включает в себя физико-химические исследования и технологические испытания опоковидных пород участка «Чукурсай» месторождения «Зиаэтдин-3» и цементов с их использованием. Для проведения технологических испытаний по определению влияния опоковидной породы на физико-механические свойства бездобавочного общестроительного цемента, определяли химический состав его усредненной пробы, подготовленной путем объединения десятка геологических проб, отобранных из разных мест и из разных глубин участка «Чукурсай» месторождения «Зиаэтдин-3». Установлено, что химический состав средней пробы опоковидных пород представлен преимущественным содержанием оксидов: кремния ( $\text{SiO}_2$ ) - 47,70%, алюминия ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) - 9,42%, кальция ( $\text{CaO}$ ) - 10,48%. Присутствие оксида кальция ( $\text{CaO}$ ) в количестве - 10,48%, и величина значения п.п.п.-15,78%, указывает на то, что в местной опоковидной породе, помимо кремнезема, содержатся примеси карбонатного вещества (табл.4).

**Таблица 4**

**Химический состав опоковидной породы**

Наименование	Содержание массовой доли оксидов, %							
	п.п.п.	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{CaO}$	$\text{MgO}$	$\text{SO}_3$	Прочие
Проба № 1	16,66	43,32	7,65	3,59	14,24	1,18	2,54	10,9
Проба № 2	14,89	52,22	11,19	1,99	6,72	3,44	1,52	9,20
<b>Средняя проба</b>	<b>15,78</b>	<b>47,77</b>	<b>9,42</b>	<b>2,79</b>	<b>10,48</b>	<b>2,31</b>	<b>2,03</b>	<b>8,67</b>

Определена пригодность опоковидной породы по активности требованиям НД по критерию Стьюдента. Значение критерия Стьюдента составило  $t=4,6 > 2,07$ , что соответствует требованиям O'z DSt 901-98 и, следовательно, она выдержала испытание на активность по прочности и возможно ее использование в качестве активной минеральной добавки при производстве общестроительных портландцементов.

Для получения добавочных портландцементов готовили различные по составу сырьевые шихты, включающие ПЦ клинкер, гипсовый камень и опоковидную породу, содержание которой в смеси составило от 10 до 40%. Способность сырьевых шихт к размалыванию изменяется пропорционально количеству вводимой в цемент опоковидной породы. При содержании 20%

опоковидной породы, процесс помола по сравнению с ПЦ-Д0 несколько улучшается: тонкость помола, определяемая по остатку на сите с сеткой № 008, цементов с 20%, 25% и 30% опоквидной породы, при продолжительности измельчения 40 min, составила 8,0%; 8,0 и 8,5% соответственно, тогда как, базовый ПЦ Д0, и цементы с 10% и 15% добавкой характеризуются остатками 10,0%. Повышение количества вводимой опоквидной породы до 40% приводит к некоторому затруднению процесса измельчения материала.

**Таблица 5**

**Химический состав опытных цементов**

№	Условное обозначение цементов	Содержание в цементе оксидов, % по массе							
		п.п.п.	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	Прочие
1	ПЦ-Д0	1,3	20,88	4,68	3,67	61,67	2,72	2,54	2,46
2	ПЦО-Д10	2,92	23,07	5,14	3,57	56,39	2,67	2,71	3,53
3	ПЦО-Д15	3,71	24,39	5,36	3,52	53,74	2,65	2,80	3,83
4	ПЦО-Д 20	4,48	25,39	5,57	3,46	51,12	2,62	2,87	4,55
5	ППЦО-Д 25	5,25	27,01	5,82	3,41	48,47	2,59	2,96	4,49
6	ППЦО-Д 30	5,98	28,33	6,04	3,35	45,82	2,56	3,04	4,88
7	ППЦО-Д 40	7,52	30,98	6,48	3,25	40,55	2,51	3,27	5,46

В соответствии с данными табл. 5, в зависимости от вещественного состава содержание основных оксидов в опытных портландцементов колеблется в пределах: кремния (SiO<sub>2</sub>) - от 20,88 до 30,98%; алюминия (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) - от 4,68 до 6,48%; железа (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) - от 3,25 до 3,67%; кальция (CaO) - от 40,55% до 61,67%; магния (MgO) - от 2,51 до 2,72%. Содержание ангидрида серной кислоты (SO<sub>3</sub>) во всех опытных портландцементов соответствует требованиям ГОСТ 22266-94 и составляет (2,54-3,27)%

Изучение физико-механических свойств опытных портландцементов, содержащих 10, 15, 20, 25, 30, 40% добавки опоквидной породы показали, что Сроки схватывания опытных портландцементов с добавкой опоки до 20% (ПЦО-Д10, ПЦО-Д15, ПЦО-Д20) практически не отличаются от контрольного цемента ПЦ-Д0. Портландцементы, содержащие 25%, 30% и 40% (ППЦО-Д25, ППЦО-Д30, ППЦО-Д40) обладают несколько замедленными по сравнению с ПЦ-Д0 сроками схватывания в связи с пропорциональным увеличением содержание глинистых минералов вводимой добавкой, которые приводит к замедлению начала и конца схватывания цементов.

В соответствии с данными табл. 6, прочностные показатели опытного портландцемента ПЦО-Д10 с добавкой 10% опоквидной породы в возрасте 7 и 28 суток твердения несколько превышают показатели прочности базового ПЦ. Известно, что по ГОСТ 10178-85 портландцементы, содержащие добавку

осадочного происхождения в количестве до 10%, являются цементами общестроительного назначения.

**Таблица 6.**

**Изменение физико-механических свойств добавочных портландцементов в зависимости от содержания опоковидных пород**

Условное обозначение цемента	В/Ц рас-твора 1:3	Рас-пływ конуса mm	Предел прочности при изгибе и сжатии, kgf/cm <sup>2</sup> (MPa),%				Марка цемента по НД
			7d		28d		
			Риз	Рсж	Риз	Рсж	
ПЦ-Д0	0,39	113	52,70	261	64,50	$\frac{428}{100}$	400
ПЦО-Д10	0,39	113	52,00	279	65,79	$\frac{438}{102}$	400
ПЦО-Д15	0,39	113	48,84	270	70,3	$\frac{423}{98,8}$	400
ПЦО-Д20	0,44	110	52,00	243	63,53	$\frac{400}{93,0}$	400
ППЦО-Д25	0,50	110	58,20	216	41,49	$\frac{260}{60,7}$	Не соотв.
ППЦО-Д30	0,52	110	28,12	181	39,73	$\frac{249}{58}$	Не соотв.
ППЦО-Д40	0,56	107	22,5	110	31,50	$\frac{167}{39,0}$	Не соотв.

Поэтому опытный портландцемент ПЦО-Д10, содержащий 10% опоковидной породы и обладающий к 28 суткам прочность при сжатии 42,9 МПа (438 kgf/cm<sup>2</sup>), характеризуется маркой 400 с условным обозначением ПЦ 400-Д20. По пределу прочности при изгибе и сжатии к 28 суткам портландцементы ПЦО-Д15, ПЦО-Д20, содержащие от 15 до 20% опоковидной породы, соответствуют марке «400» и, согласно требованиям ГОСТ 2266-94, классифицируются как сульфатостойкие портландцементы с минеральными добавками с условным обозначением ССПЦ 400-Д20.

Введение 25%, 30%, 40% опоковидной породы привело к снижению прочностных показателей портландцементов, значения которых составили 260 kgf/cm<sup>2</sup>, 249 kgf/cm<sup>2</sup>, 167 kgf/cm<sup>2</sup> соответственно, что не соответствует требованиям, предъявляемым ГОСТ 22266-94 к пуццолановым ПЦ, что является следствием отрицательного влияния глинистых минералов, содержащихся в опоковидной породе.

Для выяснения причины достижения марочной прочности цементного камня, несмотря на уменьшение доли клинкерной составляющей на 15-20%, проводили комплекс физико-химических исследований процессов гидратации, состава новообразований и генетических закономерностей формирования микроструктуры при их твердении.

Определение скорости гидратации цемента с 15% опоковидной породой по количеству химически связанной воды показало, что она идентична со скоростью процесса гидратации добавочного цемента, содержащего добавку микрокремнезема, что объясняется почти одинаковой их пуццолановой активностью. Благодаря пористой структуре, опоковидные породы интенсивно поглощают известь из жидкой фазы, которая выделяется при твердении цемента в результате гидролиза  $C_3S$  и тем самым, интенсифицируя процесс гидратации цемента, обеспечивает ускоренное образование гидратных продуктов в большом количестве, и следовательно - набор прочностных показателей цементного камня. С возрастом твердения количество связанной воды в образцах постепенно увеличивается, достигнув 17,17% к 60-сут, что на 3, 13% больше, чем в камне базового ПЦ, а к 90-сут количество химически связанной воды несколько уменьшается в связи со стабилизацией состава гидратных фаз.

При твердении цемента с 15% опоковидной породой, на уровне дифракционного фона интенсивность линий гидросиликатов кальция тоберморитовой группы  $d/n=0,303; 0,228; 0,218$  нм, а также небольшой интенсивности линии при  $d/n=0,983; 0,809; 0,729$  нм, характерные для гидросульфалюминатов кальция, в течение 1-90 сут. незначительно меняют свою интенсивность (рис.3).

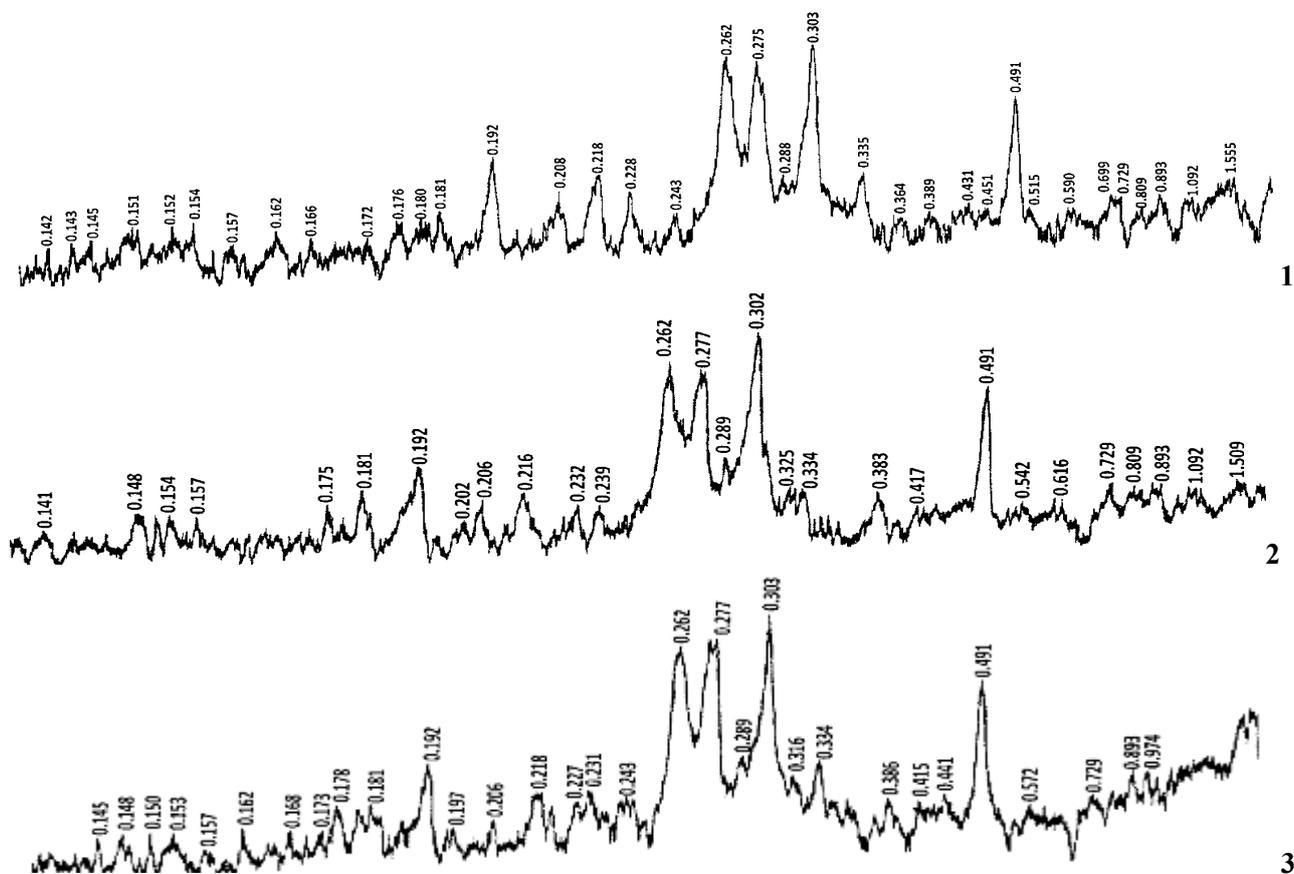
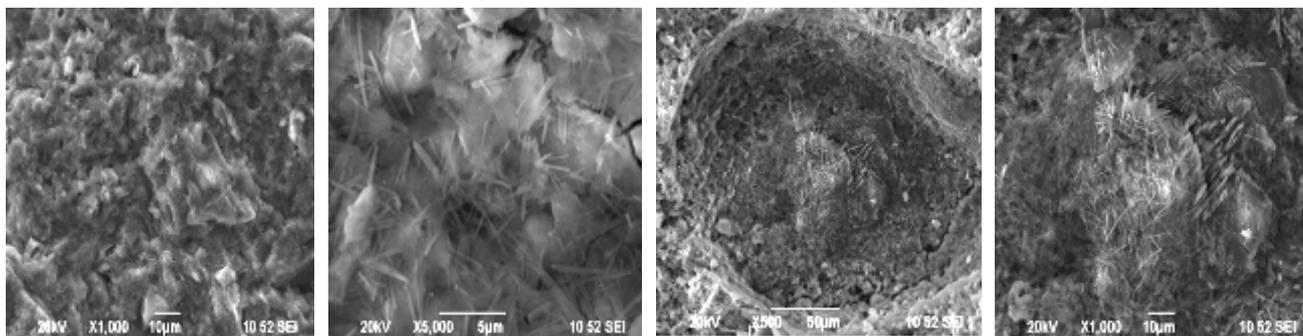


Рисунок 3. Дифрактограммы портландцемента, содержащего 15% опоковидной породы, твердевшего 1 (1); 28 (2) и 90 (3) суток в воде

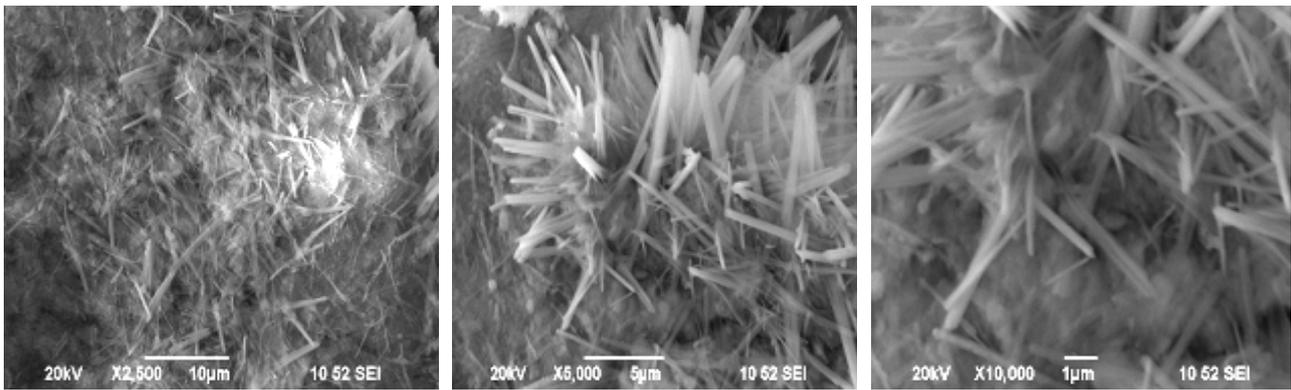
Установлено, что термическое поведение образцов цементов с добавкой опоковидной породы зависит от сроков их твердения, т.е. их термическая устойчивость уменьшается в ряду: 1-сут (20,44%); 3-сут (18,29%); 7-сут (20,66%) и 90-суток (22,08%).

В соответствии с рис. 4, уже через 1 сут. твердения в воде цементная паста превращается в камень, поверхность скола которого представлена шероховатой плоскостью с наличием множества воздушных пор. Составляющие общую массу зерна имеют различную конфигурацию и ориентацию. Наблюдающиеся в гидратирующей системе «цемент-вода» зерна, представленные в виде раковин, являются зернами органических остатков – спикул в опоковидных породах. На фоне затвердевающей массы гелеобразных продуктов гидратации наблюдаются поры, вокруг стенок и на дне которых вырастают игольчатые кристаллы. Такие игольчатой формы кристаллы новообразований появляются и на поверхностных слоях затвердевающей цементной пасты.



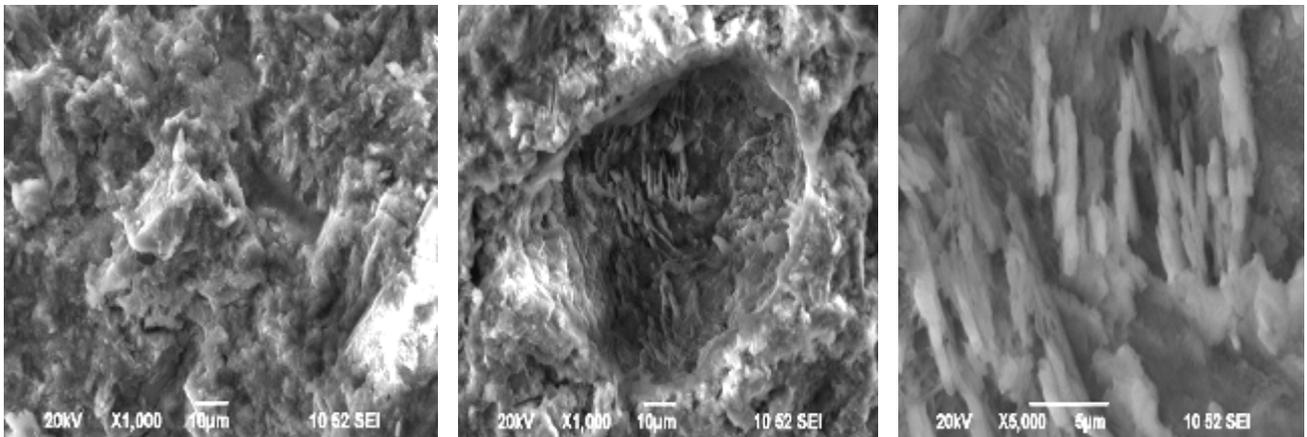
**Рисунок 4. Рельеф поверхности скола камня на основе цемента с 15% опоковидной породы, твердевшей 1 сут**

К 3-сут процесс гидратации цемента протекает интенсивно с образованием большого количества этtringита, который служит армирующим соединением, способствующим созданию скелетной кристаллической структуры цементного камня, чему способствует наличие в составе цемента добавки опоковидной породы, которая характеризуется высокой структурной пористостью и поглощающей способностью. Интенсивно поглощая выделившийся в жидкую фазу ионов  $Ca^{2+}$  добавка ускоряет гидролиз  $C_3S$ , который отдает в жидкую фазу новых порций ионов  $Ca^{2+}$  которые в порах цементного камня, вступая во взаимодействие алюминатными и сульфатными составляющими цемента, образуют большое количество кристаллов этtringита, возникновение и рост которых наглядно показано на рис. 5.



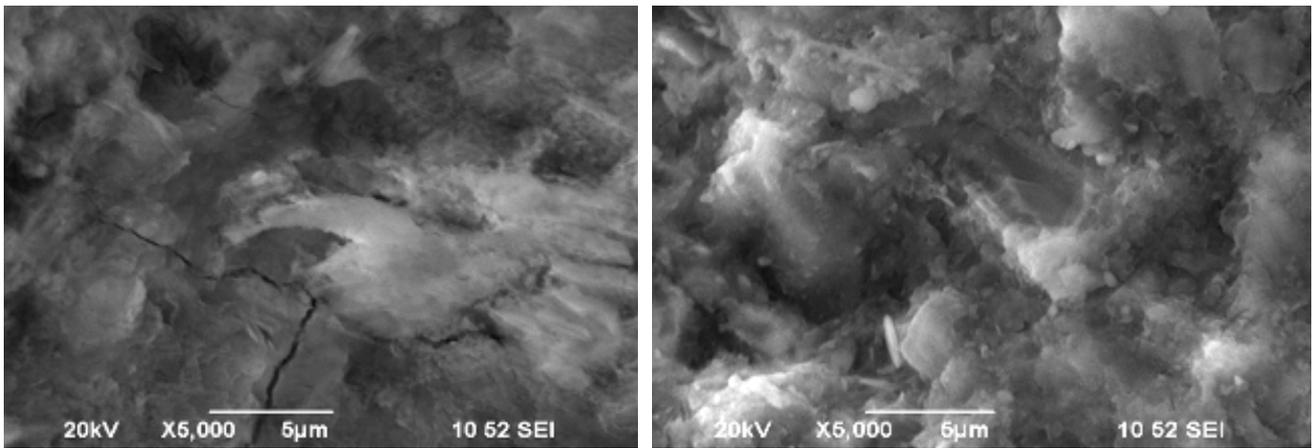
**Рисунок 5. Рельеф поверхности скола камня цемента с опоковидной породой 3-х суточного возраста**

К 7-суткам воздушные поры и микротрещины постепенно заполняются новыми порциями растущих и хаотично располагаемых кристаллов и кристаллоагрегатов гидросульфоалюминатов и гидросиликатов кальция, в результате чего параллельно протекает процесс заполнения пор и «самозалечивание» микротрещин, что ярко иллюстрируется на рис.6, откуда четко видно, как в порах на поверхности мельчайших зерен минералов клинкерной пыли вырастают субмикрораскислаллы в виде иголок и тончайших пластин, и из растущих кристаллов, ориентированных в разных направлениях, образуются друзы из кристаллических сростков и они постепенно заполняют поры и микротрещины цементного камня.



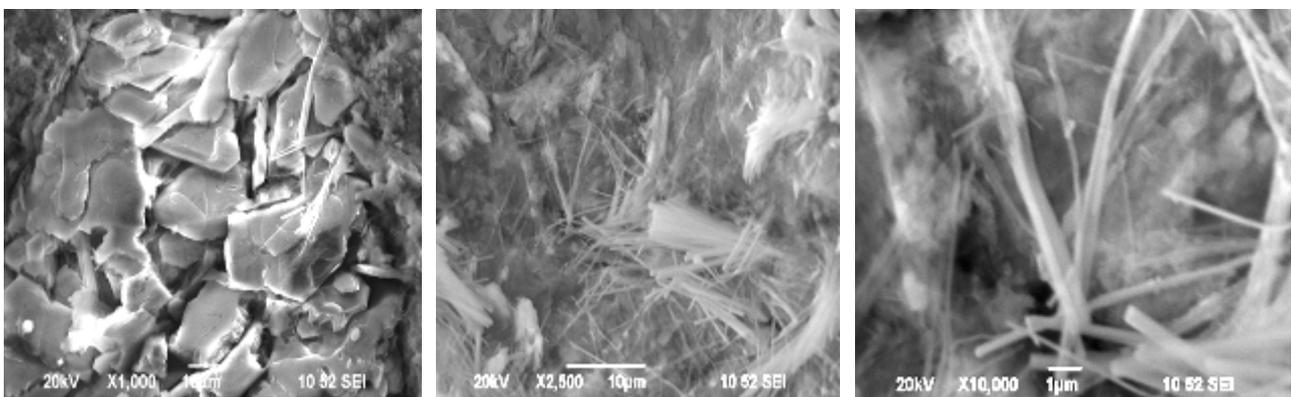
**Рисунок 6. Рельеф поверхности скола камня цемента с опоковидной породой 7-и суточного возраста**

К 28-сут. микроструктура цементного камня представляет собой низкопористую плоскость с шероховатой поверхностью, созданной за срастания кристаллических продуктов гидратации (рис.7).



**Рисунок 7. Рельеф поверхности скола камня цемента с опоковидной породой 28-и суточного возраста**

Вместе с этим, процесс гидратации продолжается по принципу «снизу-вверх»: появляются и растут новые кристаллы, плотно образованные, формируют твердый искусственный конгломерат в блокированной форме. (рис. 8). Неравномерно растущие волокнисто-призматические кристаллы и «связки» гидросиликатов кальция в порах цементного камня, наличие участков, покрытых пластинчатыми кристаллами гидроалюмеррита, плотность структуры искусственного конгломерата и гидравлическая активность опоковидных пород обеспечивает на уровне цемента марки ПЦ 400 Д-О.



**Рисунок 8. Рельеф поверхности скола камня цемента с опоковидной породой. Возраст – 3 мес.**

В пятой главе «Разработка нормативной базы, обоснование эффективности высококремнеземистых добавок в производстве цемента и внедрение результатов исследований» приведены сведения о разработке нормативной базы, обеспечивающей использование результатов исследований на практике производства цемента. Разработаны и зарегистрированы стандарты организаций: на микрокремнезем марки МК-85 Ts 00186200-12:2019 «Микрокремнезем конденсированный. Технические условия», который введен в действие на АО «Узметкомбинат»; «Методика выполнения измерений массовой доли высоко кремнеземистых добавок в цементе», метрологическая

экспертиза которой проведена специалистами ООО «Azia Engineering Progress». Дана информация об опытно-промышленном выпуске и внедрение технологии производства портландцемента марки ПЦ400-Д20 с использованием опоковидных пород участка «Чукурсай» на помольном отделении ООО «YUGGAZ CEMENT», об экономической эффективности технологий использования микрокремнезема и опоковидных пород при выпуске добавочных цементов.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. На основе анализа научно-технической литературы и данных из патентных источников теоретически и практически обоснована эффективность использования природного сырья с высоким содержанием кремнезема и ультрадисперсного МК в качестве добавок к портландцементу.
2. Химико-минералогический состав, структура и гидравлическая активность опоковидных пород и ультрадисперсного МК определяются по критерию Стьюдента и объясняются их пригодностью для использования в качестве добавок к цементу.
3. При получении портландцементов с микрокремнеземом с достаточно высокой гидравлической активностью предлагается до 20% клинкера заменить опоковидными породами и микрокремнеземом, а состав цементов ПЦ400-Д20 рекомендован с использованием микрокремнезема СП ООО «Uz-ShindongSilicon» и АО «Узметкомбинат».
4. Микрокремнезему марки МК-85 TS 00186200-12:2019 «Конденсированный микрокремнезем». Выработаны «Технические условия» и рекомендована технологическая схема для производства цемента с добавками используя ультрадисперсный МК.
5. Разработана методика измерения массовой доли кремнеземных добавок в составе цемента, проведена метрологическая экспертиза и рекомендована к практическому применению.
6. Определен нормативный расход материалов для производства 1 тонны портландцемента ПЦ400-Д20 и разработана Технологическая инструкция на его производство в помольном цехе ООО «ЮГГАЗЦЕМЕНТ» и дана рекомендация к производству цемента на этом предприятии.
7. На цементных заводах рекомендуется использовать некоторую часть клинкера получаемого высокотемпературным способом, с частями ультратонких микрокремнезема и опоковидных пород, без снижения марки портландцемента.
8. Проведены контрольные испытания портландцемента, содержащего 10% МК в аккредитованной испытательной лаборатории АО «Бекабадцемент». С учетом полученных положительных результатов испытаний технология

производства ПЦ400-Д20 содержащий в качестве добавки ультрадисперсный МК, внедрена на АО «Бекабадцемент»

**SCIENTIFIC COUNCIL DSC.02/30.12.2019.K/T.35.01 ON THE  
AWARDING OF SCIENTIFIC DEGREES AT THE INSTITUTE OF  
GENERAL AND INORGANIC CHEMISTRY**

---

**INSTITUTE OF GENERAL AND INORGANIC CHEMISTRY**

**MUKHITDINOV DILSHOD DAVRONOVICH**

**TECHNOLOGY OF OBTAINING NEW TYPES OF CEMENTS WITH  
INORGANIC ADDITIVES WITH A HIGH SILICA CONTENT**

**02.00.13-Technology of inorganic substances and materials based on them**

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

**TASHKENT – 2020**

The title of the doctoral dissertation (PhD) has been registered by the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan with registration numbers of B2020.2.PhD/T1717

The dissertation has been carried out at the Institute of General and Inorganic Chemistry.

The abstract of dissertation in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) is available on the website at [www.ionx.uz](http://www.ionx.uz) and on the website of «ZiyoNET» information-educational portal [www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz)

**Scientific advisor:** **Iskandarova Mastura Iskandarovna**  
Doctor of Technical Sciences, professor

**Official opponents:** **Shamshidinov Isroiljan Turgunovich**  
Doctor of Technical Sciences, professor

**Iskenderov Axmet Maksedbaevich**  
Doctor of Technical Sciences

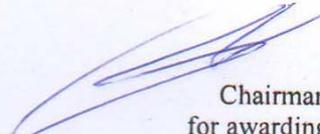
**Leading organization:** **Urgench State University**

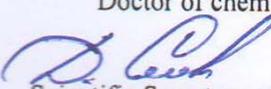
The defense of the dissertation will take place on «10» December 2020 at «10<sup>00</sup>» at the meeting of the Scientific Council DSc.02/30.12.2019.K/T.35.01 at the Institute of general and inorganic chemistry (Address: 100170, Tashkent, st. Mirzo Ulugbek, 77-a. Tel: (+99871) 262-56-60. Fax: 998(71)262-79-90, e-mail: [ionxanuz@mail.ru](mailto:ionxanuz@mail.ru)).

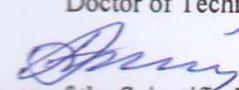
The dissertation has been registered at the Information Resource Centre of the Institute of general and inorganic chemistry under № 21 (Address: 100170, Tashkent, st. Mirzo Ulugbek, 77-a. Tel: (99871)262-56-60).

The abstract of the dissertation has been distributed on «26» november in 2020 year.  
Protocol at the register № 21 dated «26» november 2020 year



  
**B.S. Zakirov**  
Chairman of the Scientific Council  
for awarding of the scientific degrees,  
Doctor of chemical sciences, professor

  
**D.S. Salikhanova**  
Scientific Secretary of the Scientific Council  
for awarding of the scientific degrees,  
Doctor of Technical Sciences, professor

  
**S.A. Abduraximov**  
Chairman of the Scientific Seminar under Scientific  
Council for awarding of the scientific degrees,  
Doctor of Technical Sciences, professor

## INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

**The aim of the study** is to develop the composition and production technology of a new type of energy-saving, resource-saving Portland cements using microsilica (MC) and opoka-like rocks as additives.

**The object of the study** is microsilica from waste of silicon alloys production, opoka-like rocks of the Chukursoy section of the Ziyavutdin-3 field and additional cements with their use.

**The scientific novelty of the research consists of the following:**

to obtain additional cements with a new composition with additives from MC and opoka-like rocks based on the chemical-mineralogical composition of MC and opoka-like rocks and hydroactivity according to Student's criteria and their choice as cement additives, as mineral additives for obtaining new binders;

the composition of additional cements was optimized due to the relationship between the amount of MC and opoka-like rocks in addition to the amount in the cement and the physical and mechanical properties of the cement stone based on the obtained additional Portland cement;

the formation of an artificial conglomerate with an ideal phase composition and structure has been proven as a result of determining the ability of Portland cements containing new types of additives to react with water;

revealed the formation of hydrated derivatives during the formation of artificial conglomerates in the process of hydration of additional cements with a new structure;

the correlation between the formation of the structure and physicochemical changes in them and the physicochemical properties of new binders has been proved.

**Implementation of research results.** Based on scientific results obtained in the development of technologies for the production of new types of cements with a high silica content:

Specifications for ultradispersion microsilica MC-85 are registered with the Uzstandart Agency (Ts 00186200-12: 2019). As a result, this technical condition makes it possible to control the quality of products and the technological process;

Specifications for clinker-composite binders for dry mixes are registered in the Uzstandart Agency (Ts00295455-48: 2018). As a result, this technical condition makes it possible to control the quality of products and the technological process;

The technology for the production of additional Portland cement with microsilica additions has been introduced into production (Act of JSC "Bekabodcement" dated October 15, 2020 and letter No. SHSH / 1129 dated October 26, 2020). As a result, it became possible to save valuable clinker obtained at high temperatures and to produce additional Portland cement on an industrial scale;

**The structure and scope of the dissertation.** The dissertation consists of an introduction, five chapters, a conclusion, a bibliography and annexes. The volume of the dissertation is 120 pages.

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

**I бўлим (I часть; I part)**

1. Iskandarova M.I., Mukhiddinov D.D. Atabaev F. B. «Regulation of the hardening process and structure of formation of portlandcement by the addition of dark breeds of Uzbekistan» / Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems, America, Vol. 12. 07-Special Issue, 2020. – P. 2054-2060. Scopus, № 3 (ИФ 0.4)
2. Mukhiddinov D.D., Iskandarova M.I. Improvement of physical and mechanical properties of portland cement by introduction of prominent rocks of Uzbekistan / IJE | International Journal on Integrated Education -Indonesia Vol. 3. Issue VIII, 2020. – P.200-208. Index Copernicus, № 12, (ИФ 7.42)
3. Мухиддинов Д.Д. Искандарова. М.И., Структурообразование в поликомпонентной системе «молотый клинкер-опоковидная порода-гипс-вода» / Научно-практический журнал «АРХИТЕКТУРА. СТРОИТЕЛЬСТВО. ДИЗАЙН» Ташкент, 2020. -№ 1. –С 50-54. (05.00.00 № 4)
4. Мухиддинов Д.Д. Искандарова. М.И., Пуццолановые цементы с использованием опоковидных пород Узбекистана / Научно-практический журнал «АРХИТЕКТУРА. СТРОИТЕЛЬСТВО. ДИЗАЙН» Тошкент, 2019. № 4. –С 153-157. (05.00.00 № 4)
5. Мухиддинов Д.Д., Искандарова М.И., Какурина Л.М. Физико-химическое исследование местных опоковидных пород как добавок для цемента // «KOMPOZITSION MATERIALLAR» илмий-техникавий ва амалий журнали. Тошкент, 2018. -№ 2. –С. 76-80. (05.00.00 № 13)
6. Мухиддинов Д.Д., Искандарова М.И., Свойства ультрадисперсного микрокремнезема и цементов с его использованием// Ўзбекистон кимё журнали. Тошкент, 2018. -№ 6. –С. 32-40. (02.00.00 № 6)

**II бўлим (II часть; II part)**

7. Мухиддинов Д.Д., Искандарова М.И., Какурина Л.М. Исследование влияния опоковидных пород Узбекистана на свойства портландцемента // Урганч Давлат университети кимё саноатида инновацион технологиялар ва уларни ривожлантириш истиқболлари республика илмий-амалий анжуманининг материаллар тўплами 1-жилд. Урганч, 20-21 апрель 2017. –Б. 33-34.
8. Мухиддинов Д.Д., Искандарова М.И., Какурина Л.М. Утилизация обожженных отходов керамического производства как добавку в цемент цемента // Термиз Давлат университети академик А.Ғ. Ғаниевнинг 85 йиллигига бағишланган “Аналитик кимё фанининг долзарб муаммолари” V республика

илмий-амалий анжумани материаллари тўплами. Термиз, 26-28 апрель 2017 йил. –Б. 119-121.

9. Мухиддинов Д.Д., Искандарова М.И.Абдуллаева Н.М.Технологии производства добавочного цемента из опоковидных пород Узбекистана // «БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ» «Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности» материалы международная научно-техническая конференция молодых ученых. г.Могилев, 25-26 октябрь 2018г. –С. 130.

10. Мухиддинов Д.Д., Искандарова М.И., Абдуллаева Н.М. Высокопрочные цементы с добавкой микрокремнезема в Узбекистан // НТЦ «КОМПОЗИТ NANOTECHNOLOGIYASI» НТЦ ООО «КВ - КОМПОЗИТ» «Янги композицион ва нанокоспозицион материаллар тузилиши, хусусияти ва қўлланилиши» Республика илмий-техникавий анжумани материаллари. Тошкент, 5-6 апрель 2018 йил. –Б. 237-239.

11. Мухиддинов Д.Д., Искандарова М.И., Ахмедова Д.У. Исследование влияния опоковидных пород Узбекистана на физико-механические свойства портландцемента // НТЦ «КОМПОЗИТ NANOTECHNOLOGIYASI» НТЦ ООО «К - КОМПОЗИТ » “Янги композицион ва нанокоспозицион материаллар: тузилиши, хусусияти ва қўлланилиши” Республика илмий-техникавий анжумани материаллари. Тошкент, 5-6 апрель 2018 йил. –Б. 239-241.

12. Мухиддинов Д.Д., Искандарова М.И. Микрокремнезем-супер наполнитель к цементу // «Умидли кимёгарлар-2018» Ёш олимлар, магистрантлар ва бакалавриат талабаларини XXVII - илмий-техникавий анжуманинг мақолалар тўплами. Тошкент, 3-7 апрель 2018 йил. –Б. 243-244.

13. Мухиддинов Д.Д., ИскандароваМ.И., БегжановаГ.Б., Якубжанова З.Б. Композиционно-клинкерное вяжущее с использованием опоковидных пород Узбекистана // “Фан ва таълим интегратсияси” мавзусида инновацион илмий анжуманида халқаро симпозиум. Тошкент, 1-декабр 2018 йил. –Б. 210-212.

14. Мухиддинов Д.Д., ИскандароваМ.И. Исследование возможности получения добавочных цементов с использованием дисперсных кремнеземистых отходов // ЎзРес ФА XXI-аср интеллектуал ёшлар асри мавзусида республика илмий-амалий конференцияси. Тошкент, 29-март 2019 йил. –Б. 144-145.

15. Мухиддинов Д.Д., Искандарова М.И., Миронюк Н.А. Клинкерно-композиционное вяжущее для сухих строительных смесей // Республиканская научно-техническая конференция Ресурсо- и энергосберегающие, экологически безвредные композиционные и нанокоспозиционные материалы. Тошкент, 25-26 апрель 2019г. –С. 118-120.

16. Мухиддинов Д.Д., Искандарова М.И., Атабаев Ф.Б. Rational technology for producing cement from opoka-likerocksof Uzbekistan // 6 th International Conference on Thermophysical and Mechanical Properties of Advanced Materials & 8th Rostocker Symposium on Thermophysical Properties for Technical Thermodynamics, Cesme - Izmir / Turkey, 22-24 September 2019. -P. 52.

17. Мухиддинов Д.Д., Искандарова М.И., Шафоатов С. Технология получения добавочных цементов с использованием микрокремнезема МК-85 АО «Узметкомбинат» // III Международная конференция – симпозиум «Внедрение достижений науки в практику и устранение в ней деятельности коррупции» Ташкент, 30 ноябрь 2019г. –С. 169-172.
18. Мухиддинов Д.Д., Атабаев Ф. Б., Искандарова М.И., Какурина Л.М. «Технология получения портландцемента с добавкой опоковидных пород Узбекистана» // Сборник научных статей по итогам работы Международного научного форума “НАУКА И ИННОВАЦИИ- СОВРЕМЕННЫЕ КОНЦЕПЦИИ”. Москва, 12 марта 2020 г. Т.1. –С. 103-110
19. Атабаев Ф.Б., Искандарова М.И., Мухиддинов Д.Д., Ахмедова Д.У. Ферросилиций ишлаб чиқариш чиқиндиси билан модификацияланиб хоссалари яхшиланган портландцемент олиш технологияси. // “ИЛМ - ФАН ВА ИННОВАЦИОН ЮТУҚЛАРНИ РИВОЖЛАНТИРИШНИНГ ДОЛЗАРБ МУАММОЛАРИ” мавзусидаги I республика масофавий кўп тармоқли илмий-амалий конференция МАТЕРИАЛЛАРИ. Самарканд. 17 август 2020 йил. -Б. 52-56.

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

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

Рақамли босма усулда босилди.

Шартли босма табоғи: 3. Адади 100. Буюртма № 235.

Гувоҳнома № 10-3719

“Тошкент кимё технология институти” босмаҳонасида чоп этилган.

Босмаҳона манзили: 100011, Тошкент ш., Навоий кўчаси, 32-уй.