

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

УМУМИЙ ВА НООРГАНИК КИМЁ ИНСТИТУТИ

УМАРОВ ФАХРИДДИН ШАРОБИДДИНОВИЧ

**НООРГАНИК ГИЛЛИ-СЛАНЕЦЛАР ВА МЕТАЛЛУРГИЯ САНОАТИ
ЧИҚИНДИЛАРИДАН ФОЙДАЛАНИБ, КЛИНКЕР ТАРКИБИНИ
ИШЛАБ ЧИҚИШ**

02.00.13 – Ноорганик моддалар ва улар асосидаги материаллар технологияси

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

Тошкент – 2021

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси автореферати мундарижаси

Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)

Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)

Умаров Фахриддин Шаробиддинович

Ноорганик гилли сланецлар ва металлургия саноати чиқиндиларидан фойдаланиб клинкер таркибини ишлаб чиқиш.....3

Умаров Фахриддин Шаробиддинович

Разработка составов клинкера с использованием неорганических глинистых сланцев и отходов металлургической промышленности..... 21

Umarov Faxriddin Sharobiddinovich

Development of clinker compositions using inorganic clay shales and waste from the metallurgical industry.....39

Эълон қилинган илмий ишлар рўйхати

Список опубликованных работ

List of published works.....42

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

УМУМИЙ ВА НООРГАНИК КИМЁ ИНСТИТУТИ

УМАРОВ ФАХРИДДИН ШАРОБИДДИНОВИЧ

**НООРГАНИК ГИЛЛИ-СЛАНЕЦЛАР ВА МЕТАЛЛУРГИЯ САНОАТИ
ЧИҚИНДИЛАРИДАН ФОЙДАЛАНИБ, КЛИНКЕР ТАРКИБИНИ
ИШЛАБ ЧИҚИШ**

02.00.13 – Ноорганик моддалар ва улар асосидаги материаллар технологияси

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

Тошкент – 2021

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси хузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2020.2.PhD/Т642 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Умумий ва ноорганик кимё институтида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (Ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифасида www.ionx.uz ва «ZiyoNet» Ахборот таълим порталида (www.ziynet.uz) жойлаштирилган.

Илмий раҳбар:

Қодирова Зулайхо Раимовна
кимё фанлари доктори, профессор

Расмий оппонентлар:

Сейтназаров Атаназар Рейпназарович
техника фанлари доктори

Касимова Гўзал Анваровна
техника фанлари номзоди, доцент

Етакчи ташкилот:

Урганч Давлат Университети

Диссертация ҳимояси Умумий ва ноорганик кимё институти хузуридаги илмий даража берувчи DSc.02/30.12.2019.К/Т.35.01 рақамли Илмий кенгашнинг «9» 08 2021 йил соат 10⁰⁰ да ўтадиган мажлисида бўлади (Манзил: 100170, Тошкент ш., М.Улуғбек кўчаси 77-а. Тел.: (+99871) 262-56-60, факс: (99871) 262-79-90, e-mail: ionxanruz@mail.ru).

Диссертация билан Умумий ва ноорганик кимё институтининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (5- рақам билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100170, Тошкент ш., М.Улуғбек кўчаси 77-а. Тел.: (+99871) 262-56-60, e-mail: ionxanruz@mail.ru).

Диссертация автореферати 2021 йил «26» 07 куни тарқатилди.

(2021 йил «26» 07 даги № 5 рақамли реестр баённомаси)



Б.С.Закиров
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш раиси, к.ф.д., проф.

Д.С.Салиханова
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш котиби, т.ф.д.

С.А.Абдурахимов
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш қошидаги илмий семинар раиси, т.ф.д., проф.

КИРИШ (Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Ҳозирги вақтда дунёда кимё саноатини жадал ривожланиши ва бозор муносабатларига ўтиши қурилиш мақсадларида ишлатиладиган боғловчи материалларнинг турли кўринишларини ишлаб чиқариш учун хомашё материалларини танлашда тубдан ўзгарган ҳолда ёндошиш талаб этилади. Боғловчи материалларнинг, жумладан турли мақсадларда ишлатиладиган цементнинг асосий истеъмолчилари бўлиб, қурилиш, нефтьгаз, металлургия, энергетика, кимё ва бир қатор саноат соҳалари ҳисобланади. Шунга боғлиқ равишда уларнинг эҳтиёжини таъминлаш учун ноанъанавий хомашё ва иккиламчи ресурслар асосида паст ҳароратда пишадиган, талаб даражасидаги портландцемент клинкерини олиш технологиясини ишлаб чиқиш алоҳида аҳамиятга эга.

Жаҳон миқёсида, минерал хомашёнинг альтернатив манбалари асосида портландцементнинг самарадор таркибларини яратиш ҳамда уларни ишлаб чиқаришда энергия ва ресурстежамкор технологияларини такомиллаштириш бўйича илмий изланишлар олиб борилмоқда. Бу борада, цемент клинкерини пишириш учун хомашё омуктасида борадиган юқори ҳароратли физик-кимёвий жараёнларни аниқлаш, минерал ҳосил бўлиш жараёнига таъсир этувчи тўйиниш коэффициентини ва силикат модулини ва хомашё аралашмасидаги СаОни ўзлаштирилишини асослаш, хомашё аралашмасининг мақбул таркиби асосида ишлаб чиқилган клинкернинг минералогик таркиби ва хоссаларини ҳамда турли тўйиниш коэффициентини ва силикат модулига эга портландцемент хомашё аралашмасининг мақбул таркибини ва термик ишлов бериш ҳароратини аниқлаш, гилли сланецлардан фойдаланиб портландцемент клинкерини ишлаб чиқаришнинг мақбул режимларини ишлаб чиқиш, ишлаб чиқилган хомашё аралашмасининг мақбул таркибидан олинган портландцементнинг физик-механик хоссаларини аниқлаш, ишлаб чиқилган клинкер мақбул таркиби асосидаги цемент тошининг турли муддатларда қотишидаги гидратация жараёнини асослашга алоҳида эътибор берилмоқда.

Республикамизда маҳаллий ноанъанавий минерал хомашё манбалари ва иккиламчи ресурслар асосида паст ҳароратда пишадиган портландцемент клинкерини олиш технологиясини ишлаб чиқиш бўйича кенг қамровли чора тадбирлар амалга оширилиб, муайян илмий ва амалий натижаларга эришилмоқда. Ўзбекистон Республикаси ривожлантиришнинг ҳаракатлар стратегиясининг тўртинчи йўналиши бўйича «илмий-тадқиқот ва инновация фаолиятини рағбатлантириш илмий ва инновация ютуқларини амалиётга жорий этишнинг самарали механизмларини яратиш»¹ га қаратилган муҳим вазибалар белгилаб берилган. Бу борада маҳаллий ноанъанавий хомашё, жумладан гилли сланецлар ва иккиламчи ресурслар асосида пастҳароратда

¹ Ўзбекистон Республикаси Президентининг ПФ-4947 «2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини ривожлантиришнинг бешта устувор йўналишлари бўйича Ҳаракатлар стратегияси» тўғрисидаги фармони.

пишадиган талаб даражасидаги цемент олиш технологиясини ишлаб чиқиш муҳим аҳамият касб этади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида тўғрисидаги Фармони ва 2018 йил 07 майдаги ПҚ-3698-сон «Иқтисодиёт тармоқлари ва соҳаларига инновацияларни жорий этиш механизмларини такомиллаштириш бўйича қўшимча чора-тадбирлар тўғрисида», 2019 йил 23 майдаги, ПҚ-4335-сон «Қурилиш материаллари саноатини жадал ривожлантиришга оид қўшимча чора-тадбирлари тўғрисида» ва «ПҚ-3236-сон «2017-2021 йилларда кимё саноатини ривожлантириш дастури тўғрисида»ги Қарорлари, шунингдек мазкур соҳада қабул қилинган меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни бажаришга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг Республика фан ва технологиялари ривожланиши устувор йўналишларига боғлиқлиги. Мазкур тадқиқот республика фан ва технологиялар ривожланишининг VII. «Кимё технологиялари ва нанотехнологиялар» устувор йўналишига мувофиқ ҳолда бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Чоп этилган манбаларда минерал хомашё ва иккиламчи ресурслар асосида портландцемент клинкери таркиблари ва олиш технологияларига, цемент хомашё аралашмасининг пишиш ҳароратини пасайтиришга, ҳамда уларнинг физик-механик ва технологик хоссаларини яхшилашга бағишланган масалалар кенг ёритилган. Россия Федерациясининг, жумладан Цементни илмий-текшириш ва синаш лабораторияларида (Москва) акад. В.В. Тимашев, проф.Т.В. Кузнецова, Санкт-Петербург Давлат технологик университетида Н.Ф. Федоров, С.А.Суворов раҳбарликларида клинкер пишиши ва гидратация жараёнларидаги фазавий ўтишлар ҳамда Белгород Давлат технология университетида И.Г. Лугинина, Ш.М. Раҳимбаев раҳбарлигида цемент тошини қотиши бўйича, чуқур фундаментал тадқиқотлар олиб борилган. А.Н. Классен томонидан табиий материаллар ва турли ишлаб чиқариш чиқиндилари асосида цемент клинкери хомашё таркибини ишлаб чиқишга ва технологик хоссаларини ўрганишга бағишланган бир қатор амалий тадқиқотлар олиб борилган. Жанубий Козоғистон Давлат Университети «Цемент, керамика ва шиша технологияси» кафедрасида проф. Б.Таймасов, Т.Ф. Худякова раҳбарлигида турли кўринишдаги боғловчи материаллар ишлаб чиқаришнинг инновацион технологияларини яратиш ва уларнинг физик-механик хоссаларини ўрганиш бўйича кенг тадқиқотлар олиб борилмоқда.

Ўзбекистон Республикасида ҳам, жумладан ЎзР ФА Умумий ва ноорганик кимё институтида акад.И.С.Канцельский, проф. Н.А.Сиражиддинов, проф. М.Искандарова, З.П.Пулатов раҳбарликларида табиий, ноанъанавий хомашё ва иккиламчи ресурслар асосида цемент клинкери хомашё аралашмасини ишлаб чиқиш бўйича бир қатор илмий-тадқиқот ишлари олиб борилган. Тошкент кимё-технология институтида

проф. Т.А. Атакузиев, Н.Х. Талиповлар раҳбарлигида фосфогипсдан фойдаланиб, сульфоцемент клинкери хомашё аралашмасини ишлаб чиқиш бўйича тадқиқотлар ва турли ишлаб чиқариш чиқиндилари асосида минерал кўшимчаларни излашга бағишланган ишлар олиб борилмоқда.

Шундай қилиб, ушбу йўналишда, кўпгина тадқиқотлар олиб борилган бўлиб, аммо, чоп этилган ишларда, маҳаллий кўмирли гилли сланецлар асосида талаб даражасидаги портландцемент хомашё аралашмасини таркибини яратиш ва уларнинг паст ҳароратда пишадиган технологиясини ишлаб чиқаришнинг технологик, амалий, иктисодий ва экологик тадқиқотлари жиҳатидан маълумотлар етарли эмас.

Диссертация тадқиқотининг бажарилган илмий-тадқиқот муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Умумий ноорганик кимё институти илмий-тадқиқот ишлари режасига мувофиқ №К5-040 «Кўмирли-гилли сланецлар асосида қурилиш материалларининг ресурстежовчи таркиблари ва ишлаб чиқариш технологиясини яратиш» (2012-2014 йй.) мавзусидаги амалий лойиҳа доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади Деванасой кўмирли-гилли сланецлари ва металлургия чиқиндиларидан фойдаланиб, портландцемент клинкери таркибини ва олишнинг ресурстежовчи технологиясини ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

фойдаланилаётган Деванасой гилли сланецлари ва қайта ишланган тошқол чиқиндиларининг кимё-минералогик ва технологик хоссаларини аниқлаш;

Деванасой гилли сланеци асосида портландцемент клинкери учун турли тўйиниш коэффициентлари (ТК) ва силикат модулига (η) эга икки компонентли ва уч компонентли хомашё аралашмасинининг ҳисоби;

ишлаб чиқилган хомашё таркибларини кўйдиришнинг мақбул технологик режимларини аниқлаш ва танлаш;

ишлаб чиқилган мақбул таркибларда, кўйдиришнинг турли ҳарорат оралиғида кальций оксиди ($\text{CaO}_{\text{эркин}}$) ўзлаштириш кинетикаси ва портландцемент минералларини ҳосил бўлиш жараёнларини тадқиқ этиш;

қотишнинг турли муддатларида Деванасой гилли сланеци асосидаги цемент тоши минералларининг гидратация жараёнларини тадқиқ этиш;

ишлаб чиқилган мақбул таркибдаги меъёрий шароитда қотган цементларнинг физик-механик хоссаларини аниқлаш;

ишлаб чиқилган цементнинг хоссаларини ишлаб чиқаришда синаш йўли билан тадқиқот натижаларини апробациядан ўтказиш ва ундан ишлаб чиқаришда фойдаланилгандаги самарадорли ТКни аниқлаш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида Деванасой кони кўмирли гилли сланецлари, «Ўзметкомбинат» АЖ пўлат қуйишдаги тошқол чиқиндиси, Олмалик ТКМК АЖ мис эритишдаги қайта ишланган тошқоли, Жиззах оҳақтошлари ва тажриба намуналари олинган.

Тадқиқотнинг предметини цемент тоши тажриба намуналарининг лаборатория тадқиқотида ва ишлаб чиқаришда синаш йўли билан физик-кимёвий ва технологик хоссаларини ўрганиш, хомашё мақбул таркибларини ва уларни олишнинг технологик режимларини аниқлаш ташкил этган.

Тадқиқотнинг усуллари. Диссертацияда замонавий физик-кимёвий аналитик, дифференциал-термик, рентген фазавий, электрон-микраскопик ва портландцемент ишлаб чиқариш технологиясида қабул қилинган анъанавий физик-механик синаш усуллардан фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

Деванасой кони гилли сланецидан портландцемент клинкери ишлаб чиқаришда асосий компонент сифатида фойдаланиш имкониятлари илмий асосланган ва турли тўйиниш коэффициенти (ТК) ва силикат модулига (η) эга бўлган портландцемент клинкери хомашё аралашмасининг мақбул таркиблари ишлаб чиқилган;

ишлаб чиқилган портландцемент хомашёси таркибида минерал ҳосил бўлиши, анъанавий клинкер олиш жараёнига (1400-1450°C) нисбатан 50-70°C паст ҳароратда (1350-1380°C) жадал бориши аниқланган;

ишлаб чиқилган уч компонентли портландцемент клинкери асосида олинган цемент тошининг турли муддатдаги гидратацияси ва $\text{CaO}_{\text{эркин}}$ миқдори ўзгаришининг кинетикаси аниқланиб, кальций гидросиликат, гидроалюминат ва гидроферритлари ҳосил бўлишидаги кимёвий реакция жараёнлари аниқланган;

гилли сланец ва металлургия тошқолидан фойдаланиб, хомашё аралашмасининг мақбул таркибидан олинган портландцементнинг физик-механик хоссалари, ҳамда математик моделлаштириш усули ёрдамида, цемент тошининг бир йил давомидаги гидратация ва қотиш жараёнлари аниқланган.

Тадқиқотнинг амалий натижаси қуйидагилардан иборат:

махаллий минерал хомашё ва иккиламчи ресурслардан, жумладан Деванасой гилли сланец ва металлургия тошқол чиқиндиларидан цемент клинкери таркибини яратиш ва улардан ишлаб чиқаришда фойдаланиш имкониятлари яратилган;

ишлаб чиқилган хомашё таркибидаги клинкер минералларининг ҳосил бўлиш жараёнига таъсир этувчи суюқлантирувчи ва минераллаштирувчи қўшимчалар танлаб олинган, ҳамда махаллий минерал хомашё ва иккиламчи ресурслар асосида цемент тошининг омукта таркиби мақбуллаштирилди ва олишнинг технологик режимлари ишлаб чиқилган;

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги аналитик, физик-кимёвий таҳлил, лаборатория тажрибалари, ишлаб чиқариш синовлари натижалари, ҳамда портландцемент клинкери ишлаб чиқариш технологиясининг амалдаги стандарт талаблари бўйича аниқланганлиги билан тасдиқланган.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти тошқол чиқиндиларидан фойдаланиб, гилли сланец асосидаги турли тўйиниш коэффициенти (ТК) ва силикат модулига (η) эга цемент тошининг асосий физик-кимёвий, физик-механик ва

технологик хусусиятларининг функционал боғлиқликларини ва гидратацияда юзага келган жараёнларни ва ишлаб чиқилган янги хомашё аралашмасидаги СаОни ўзлаштириш кинетикаларини аниқлашга асос бўлади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти шундаки, илк бор металлургия ишлаб чиқаришдаги тошқол чиқиндилари билан биргаликдаги Девонасой кони гилли сланецлари асосида цемент клинкерининг янги таркиби, олишнинг энергия- ва ресурстежамкор технологик режимлари ишлаб чиқилди ва мақбуллаштирилди, меъёрдаги технологик хоссаларга эга тайёр клинкернинг олиниши уларни ишлаб чиқаришда хомашё базасини нисбатан кенгайтиришга хизмат қилади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Маҳаллий хомашё ва иккиламчи ресурслар асосида цемент клинкери таркиби ва ишлаб чиқариш технологиясини яратиш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

Девонасой гилли сланеци ва «Ўзметкомбинат» АЖнинг пўлат эритишдаги тошқол чиқиндиларидан фойдаланиб, яратилган таркиб асосида олинган портландцемент клинкери «Бекободцемент» АЖнинг «2023-2024 йилларда амалиётга жорий этиш бўйича истиқболли ишланмалар рўйхати»га киритилган («Ўзсаноатқурилишматериаллари» уюшмасининг 2020 йил 18 ноябрдаги 05/15-3616-сон маълумотномаси). Натижада, завод цементи нархидан бир мунча арзон цемент таркибини ишлаб чиқиш имконини берган;

маҳаллий хомашё ва иккиламчи ресурслар асосида портландцемент клинкерини олиш технологияси «Бекободцемент» АЖнинг «2023-2024 йилларда амалиётга жорий этиш бўйича истиқболли ишланмалар рўйхати»га киритилган («Ўзсаноатқурилишматериаллари» уюшмасининг 2020 йил 18 ноябрдаги 05/15-3616-сон маълумотномаси). Натижада, амалдаги стандарт талабига жавоб берувчи М400 маркали портландцемент клинкери олиш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Тадқиқот асосий натижалари 3 та ҳалқаро ва 10 та республика илмий-амалий конференцияларида муҳокамадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Диссертация мавзуси бўйича жами 16 та илмий иш нашр этилган, шулардан Ўзбекистон Республикаси Олий Аттестация Комиссиясининг докторлик диссертациянинг асосий илмий натижаларини чоп этишга тавсия этилган илмий нашрларда 3 та мақола - 1 таси хорижий ва 2 таси республика илмий журналларида чоп этилган.

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

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурияти асослаб берилган, мақсад ва вазифалар, шунингдек, тадқиқотнинг объект ва

предмети ифодаланган бўлиб, Ўзбекистон Республикаси фан ва технологиялари тараққиётининг устивор йўналишларига мослиги келтирилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилинган, олинган натижаларнинг ишончлилиги асосланган, натижаларнинг назарий ва амалий аҳамияти очиқ берилган, тадқиқот натижаларини амалиётга жорий этиш ҳамда чоп этилган ишлар ва диссертациянинг тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг **«Ноанъанавий хомашё ва иккиламчи материаллар асосида портландцемент ишлаб чиқариш технологияси тадқиқининг замонавий ҳолати ва уларни ривожлантиришнинг истиқболлари»** деб номланган биринчи бобида дунёда, жумладан Ўзбекистонда чоп этилган илмий-техник адабиётларда ноанъанавий хомашё ва иккиламчи ресурслар асосида портландцемент клинкерининг таркибини ишлаб чиқиш, физик-кимёвий ва физик-механик хоссалари, олиш усуллари, ишлаб чиқариш технологияси бўйича чоп этилган ишларнинг танқидий таҳлил натижалари келтирилган. Шунингдек, қурилиш материаллари ишлаб чиқаришда турли конлардаги гилли сланец жинсларидан ва бошқа альтернатив хомашё ресурсларидан фойдаланиш бўйича масалалар ҳам кўрилган. Республика гилли сланец жинсларининг мавжуд хомашё конлари тўғрисидаги йиғилган маълумотлар муҳокама қилинган ва умумлаштирилган.

Шундай қилиб, адабиётларнинг танқидий таҳлил натижасида охириги йилларда ресурстежамкор технологиялар асосида портландцемент клинкерининг янги самарадор таркибларини ишлаб чиқиш учун ноанъанавий маҳаллий хомашё материаллари ва иккиламчи ресурсларни тадқиқ этишга қизиқиш нисбатан кучайган бўлиб, улардан имконият даражасида фойдаланиш мақсад қилиб кўрсатилган. Чоп этилган ишларнинг танқидий таҳлили ва муҳокамаси асосида ушбу тадқиқотнинг мақсади ва вазифалари шаклланган.

Диссертациянинг **«Гилли сланец хомашё ва иккиламчи ресурсларнинг физик-кимёвий хусусиятлари. Цемент намунасини тадқиқ этиш усуллари ва тайёрлаш жараёнлари»** деб номланган иккинчи бобида силикат материалларининг физик-кимёвий ва кимё-аналитик таҳлилларининг замонавий услублари, ишлаб чиқилган тажриба намуналарини тайёрлаш ва фазавий таркибларини тадқиқ этиш усуллари, ҳамда силикат қурилиш материалларини физик-механик синаш бўйича умумқабул қилинган амалдаги стандартлари келтирилган.

«Хомашё ва пишган намуналарнинг физик-кимёвий тадқиқи. Гилли сланецлардан фойдаланиб цемент клинкерини мақбул таркибини ишлаб чиқиш. Ишлаб чиқилган аралашмада кинетика, минерал ҳосил бўлиш ва гидратация жараёнлари» деб номланган диссертациянинг учинчи бобида Девонасой гилли сланеци, Жиззах оҳақтош конлари, «Ўзметкомбинат» АЖ ва Олмалик ТКМКларнинг пўлат ва мис эритишдаги тошқол чиқиндиларининг кимё-минералогик таркиблари ва физик-кимёвий хоссаларини тадқиқ этиш натижалари келтирилган (1-жадвал).

Девонасой гилли сланецининг рентгенограммасида (1а-расм) β -кварцга $d=0,424; 0,335; 0,247; 0,197; 0,181$ нм, гилли минерал дала шпатига $d=0,628$;

0,403; 0,398; 0,375; 0,370 нм, ҳамда кальцитга тегишли бўлган чизиклар мавжуд. Рентгенфазавий таҳлил натижалари, гилли сланецда кварцнинг миқдори 60-70 масс.%, қолган гилли ва бошқа минераллар эса таҳминан тенг миқдорда бўлганлигини кўрсатади.

1-жадвал

Хомашё материалларнинг кимёвий таркиби

| Хомашё номи | Оксидларнинг масса миқдори, % | | | | | | КЎЙ, % |
|-------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|-------|------------------|-----------|
| | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | MgO | CaO | R ₂ O | |
| Жиззах оҳақтоши | 1,55 | 0,60 | 0,14 | 0,6 | 53,4 | 0,1 | 42,25 |
| Девонасой гилли сланеци | 64,90 | 15,10 | 6,55 | 2,82 | 2,90 | 3,59 | 3,20 |
| Олмалик ТКМК тошқоли | 31,72 | 6,18 | 52,04 | 3,20 | 3,36 | 2,8 | - |
| «Ўзметкомбинат» тошқоли | 20,11 | 7,25 | 20,42 | 14,20 | 36,07 | 0,3 | 1,25 |

«Ўзметкомбинат» АЖ тошқолининг рентгенфазавий таҳлили унинг асосан геленит билан ҳамма нисбатларда қаттиқ эритма қаторини ҳосил қилиб, аралашган оккерманит ($d=0,287; 0,176; 0,309$ нм), мелилит ($d=0,442; 0,371; 0,306; 0,239; 0,229; 0,177; 0,175; 0,157; 0,154$ нм), мервинит ($d=0,292; 0,284; 0,281; 0,273; 0,274; 0,276; 0,241; 0,226; 0,220; 0,203; 0,190; 0,190$ нм) ва вюситлардан ($d=0,253-0,247; 0,219-0,214; 0,153-0,151$ нм) таркиб топганлигини кўрсатган. Олмалик ТКМК тошқолининг рентгенфазавий таҳлили, унинг гематит ($d=0,269; 0,251; 0,184; 0,169; 0,148; 0,130$), мелилит ва мервинит минералларидан таркиб топганлиги кўрсатган.

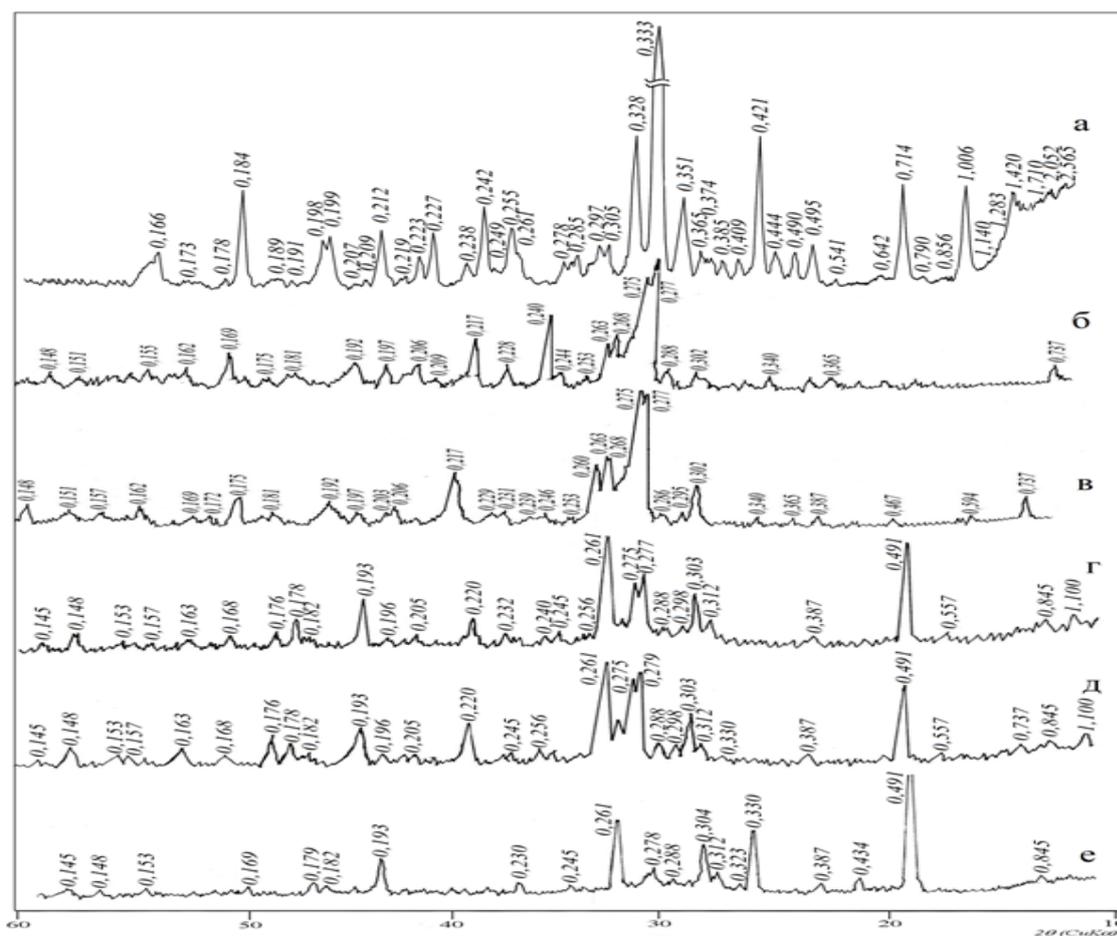
Шундай қилиб, Девонасой гилли сланеци, Жиззах оҳақтош кони «Ўзметкомбинат» АЖ ва и Олмалик ТКМК тошқолларининг кимё-минералогик таркиблари ва физик-кимёвий хусусиятларини таҳлил натижалари улар асосида портландцемент клинкери ишлаб чиқариш учун хомашё таркибини лойиҳалаштиришнинг мавжуд имкониятга эга эканлигини кўрсатади.

Портландцемент хомашё аралашмасининг ҳисоби тўйиниш коэффиценти 0,85 дан 0,92 гача ва силикат модули 2,2 дан 3,2 гача бўлган қийматларда умумқабул қилинган стандарт услубда олиб борилди. Турли силикат модули ва тўйиниш коэффицентига эга тайёрланган икки ва уч компонентли портландцемент хомашё аралашмасининг эриш ҳарорати тадқиқ этилди.

Тўйиниш коэффиценти ва силикат модулига боғлиқ равишда икки компонентли аралашмада эриш ҳароратининг 1290°Сда бошланиши ва 1400°Сда тугаши, уч компонентли аралашмада эса эриш ҳарорати 1300°Сда бошланиши, 1390°Сда тугаши аниқланган.

Бу эса тошқолларнинг роли ва гилли сланецдаги енгил эрувчан бирикмалардан таркиб топганлиги билан тушунтирилади. Цемент хомашё аралашмасининг эриш ҳароратини аниқлаш натижалари гилли сланецдан фойдаланиб, нисбатан паст ҳароратда портландцемент клинкери олиш мумкинлигини исботлаган.

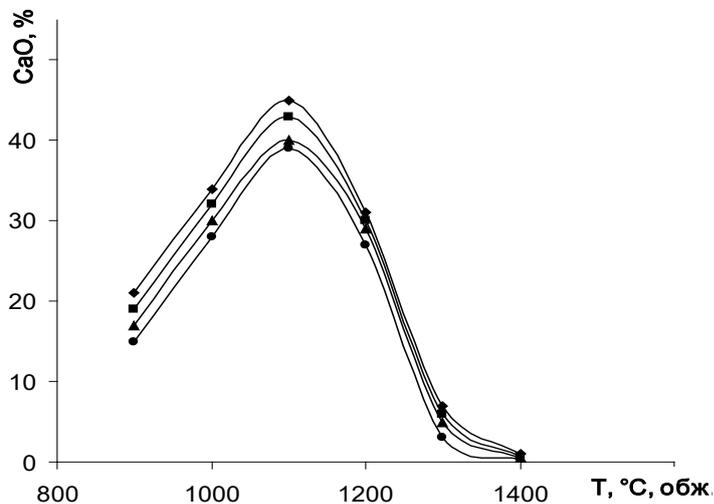
Шуни таъкидлаш лозимки, портландцемент хомашё аралашмасидаги CaO_{эркин} миқдорининг ўзгариши, клинкер минераллари кинетикаси ва ҳосил бўлишининг яқунланишини таҳлил қилиш учун муҳим мезон ҳисобланади.



1-Расм. Девонасой гилли сланеци (а), ТК=0,89; n=2,7 таркибли, 1300°C (б) ва 1400°C да (в) куйдирилган, 3 сутка (г), 28 сутка (д) ва 6 ойда (е) гидратланиб қотган клинкерларнинг рентгенограммалари

2б, 2в-расмда куйдирилган уч компонентли портландцемент хомашё аралашмасидаги минерал ҳосил бўлиш кинетикасини этил-глицерат усулида аниқлашнинг натижалари келтирилган.

2-Расмдан кўриниб турибдики, портландцемент хомашё аралашмасида турли ҳарорат оралигида термик ишлов бериш чоғида боғланмаган $\text{CaO}_{\text{эркин}}$ жадал ўзлаштирилиши кузатилади.



2-Расм. Уч компонентли портландцемент аралашмасида, ТК турли микдорларининг ва $\text{CaO}_{\text{эркин}}$ ўзлаштириш кинетикасига термик ишлов бериш ҳароратининг таъсири %, бунда:

- 1- ТК=0,89 и n = 2,7;
- 2- ТК=0,88 и n = 2,7;
- 3- ТК =0,88 и n = 2,5;
- 4- ТК=0,85 и n = 2,5

900°C дан 1400°C гача бўлган ҳарорат оралигида $\text{CaO}_{\text{эркин}}$ миқдорининг ўзгариш графиги, CaO ўзлаштирилиш жараёнининг 1200°C да бошланиб, нисбатан юқори ҳароратларда 1350-1400°C эса унинг миқдорини 1,0-0,3% гача пасайиши, минерал ҳосил бўлиш жараёнини яқунлашганлиги кўрсатади. Силикат модулининг ортиши, кутилгандек, CaO ни ўзлаштиришга, тўйиниш коэффициентининг 0,55 дан 0,89 гача ортиши эса ортиқча миқдордаги CaO ни ҳосил бўлишига олиб келиб, у ҳам термик ишлов бериш ҳароратининг 1400°C гача ошириганда деярли ўзлаштирилади.

Мақбул таркибдаги олинган клинкерларнинг рентгенфазавий таҳлили (1б ва 1в расмлар) клинкер минераллари ҳосил бўлиши 1200-1300°C ҳароратда бошланганлигини ва ҳарорат ортиши билан боғланмаган CaO миқдорининг секинлик билан камайишини кўрсатади. 900-1000°C даги куйдириш ҳароратида ифодаланган CaO га тегишли бўлган чизикларнинг $d=0,277; 0,240; 0,170; 0,145; 0,138$ нм сезиларли жадаллашади, куйдириш ҳароратининг 1200-1350°C гача ортишида сезиларли камаяди, бу эса CaCO_3 нинг жадал диссоциацияланишини кўрсатади. Куйдириш ҳарорати 1350-1400°C бўлганда улар минимумга эришади ва айрим чизиклари йўқолади, бу билан бир қаторда эса C_3S тегишли бўлган $d=0,302; 0,277; 0,273; 0,260; 0,217; 0,162$ нм ва C_2S га тегишли бўлган $d=0,278; 0,273; 0,240; 0,260; 0,218$ нм чизикларининг ҳосил бўлиши кузатилади. Айрим ҳолатларда C_3S тегишли бўлган чизиклар C_2S тегишли бўлган чизикларнинг устида ётади. Турли тўйиниш коэффициенти, масалан $\text{TK}=0,88; n=2,5$ и $\text{TK}=0,89; n=2,7$ ва силикат модулига эга таркибларда, 1300-1400°C куйдириш ҳароратида CaO нинг унчалик сезиларли бўлмаган калта чизиклари кузатилади, бу эса CaCO_3 нинг максимал диссоциацияланганлигини кўрсатади ва этил-глицерат усули таҳлил ва 1350°C да куйдирилган силикат модули билан амалда тасдиқланади.

Таъкидлаш лозимки, цемент тошини гидратация ва қотиш жараёни унинг эксплуатация хоссаларини таснифловчи асосий омиллардан бири ҳисобланади. Турли тўйиниш коэффициенти ва силикат модулига эга, меъёрий шароитда қотган цемент тошининг рентгенфазавий таҳлили (1г, 1д, 1е-расмлар) гидратация ва гидрат фазаларининг ҳосил бўлиш жараёнини қотиш вақтига боғлиқ равишда боришини кўрсатади.

1 ва 3 сутка давомида қотган намуналарнинг рентгенограммаларида клинкерни фаол гидратациясини кўрсатувчи, $d=0,491; 0,262; 0,193$ нм жадаллашуви вақт ўтиши билан купайиб борадиган Ca(OH)_2 тегишли бўлган чизиклар кузатилади. Шунингдек рентгенограммаларда гидратациянинг асосий маҳсулотларига тегишли бўлган клинкернинг силикат таркибли тоберморитга ўхшаш, уч кальцийли ва икки кальцийли силикатнинг гидратланмаган қисмига тегишли бўлган чизиклар билан устма-уст тушган CSH (В) туридаги кальций силикатининг чизиклари $d=0,303; 0,280; 0,183$ нм кузатилади. Унча баланд бўлмаган Ca(OH)_2 га тегишли бўлган чизиклар қотишнинг бошланғич муддатларида қотиш вақтининг ортиши билан ўсади, бу эса гидратация жараёнини қотишнинг ҳамма даврларида давом этишини исботлайди.

Кимёвий таҳлил натижалари, турли тўйиниш коэффиценти ва силикат модулига эга олинган икки ва уч компонентли портландцемент клинкери асосий компонентларининг миқдори бўйича, амалдаги ишлаб чиқаришдаги цементга тегишли бўлган талабларини тўлалигича қондиришини кўрсатади.

2-Жадвал

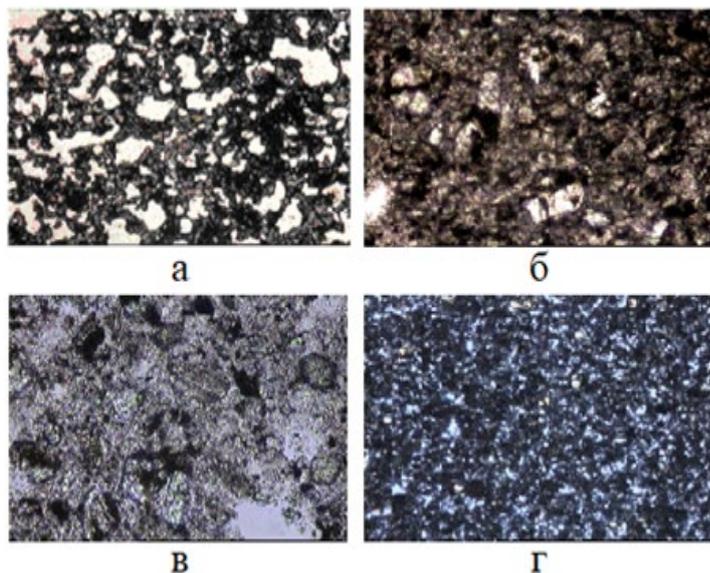
Ишлаб чиқилган клинкер намуналарининг ҳисобланган минералогик таркиблари

| Берилган кийматлар | | Аралашма таркиби, масс.% | | | | Минераллар миқдори, масс. % | | | | Т°С эриш ҳарорати | |
|--------------------|-----|--------------------------|--------------|-------------|------|-----------------------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|------|
| | | Оҳак тош | Гилли сланец | тошқоллар | | C ₃ S | C ₂ S | C ₃ A | C ₄ AF | | |
| ТК | п | | | Ўзмет-комб. | ОТМК | | | | | бош. | туг. |
| 0,84 | - | 77,88 | 22,12 | 0 | 0 | 50,82 | 33,26 | 6,62 | 7,36 | 1290 | 1380 |
| 0,85 | - | 78,07 | 21,93 | 0 | 0 | 54,46 | 31,71 | 5,56 | 7,33 | 1320 | 1420 |
| 0,91 | - | 79,25 | 20,75 | 0 | 0 | 68,09 | 18,49 | 5,43 | 7,09 | 1350 | 1450 |
| 0,85 | 2,5 | 76,67 | 18,83 | 4,5 | 0 | 47,61 | 29,27 | 9,94 | 9,94 | 1290 | 1360 |
| 0,88 | 2,5 | 77,3 | 18,33 | 4,37 | 0 | 54,35 | 22,94 | 9,76 | 9,70 | 1300 | 1390 |
| 0,88 | 2,7 | 78,92 | 18,89 | 2,19 | 0 | 55,27 | 23,11 | 10,84 | 7,90 | 1300 | 1380 |
| 0,89 | 2,7 | 79,10 | 18,73 | 2,17 | 0 | 57,18 | 21,30 | 7,81 | 10,94 | 1320 | 1390 |
| 0,85 | 2,5 | 79,37 | 18,83 | 0 | 1,80 | 47,93 | 20,66 | 9,54 | 10,34 | 1300 | 1400 |
| 0,88 | 2,5 | 79,92 | 18,32 | 0 | 1,76 | 54,48 | 23,48 | 9,37 | 10,15 | 1280 | 1380 |
| 0,90 | 2,5 | 80,26 | 18,01 | 0 | 1,73 | 58,94 | 19,28 | 9,29 | 9,97 | 1280 | 1380 |

Ҳисобланган минералогик таркиб (2-жадвал) ҳам клинкер асосий минералларининг куйидагича бўлишини кўрсатади, масс. %: C₃S=50-58; C₂S=20-33; C₃A=5-10 ва C₄AF=7-10. Бунда ишлаб чиқилган таркибларнинг эриш ҳарорати амалда ишлаб чиқариш шароитида қўлланилаётган таркибнинг эриш ҳарорати билан солиштирилганда 60-70°С паст бўлгани аниқланди.

Куйдирилган таркибларнинг петрографик тадқиқоти (3а- расм) клинкер минералларининг, гексагонал кўринишидаги ва белит кўшилган призма кўринишидаги алитнинг яхши шаклланган кристалларининг ҳосил бўлишини ва бир ҳилда алмашилишини кўрсатади. Белит унча яхши шаклланмаган думалок дона кўринишда кристалланган. Микрофотографияларда эриган фазанинг шаклланмаган агрегатлари кузатилади. Бунда мақбул таркибдан олинган, турли муддатларда қотган цементнинг микрофотографияси (3б, 3в, 3г-расмлар), ҳам гидратациянинг кузатилган бошланғич муддатларида ва уч суткалик қотишида алит ва белит доналарининг юзасида гел кўринишидаги массадан олинган қобикларда кам миқдордаги Са(ОН)₂ гексагонал кристаллари кузатилади.

Гидратация муддатининг ортиши билан 28 суткалик қотишида кўп миқдордаги шаклсиз кўринишга эга бўлган, тартибсиз тўпланган маҳсулоти кузатилади. Ноаниқ тузилишга эга, ювилган гел кўринишидаги кальций гидросиликатларининг тўпланган, ҳамда шаклсиз ва қисман гексагонал шакл кўринишдаги Са(ОН)₂ миқдорининг кўпайган юзалари мавжуд.



3-Расм. $TK=0,89$; $n=2,7$ таркибли Девонасой гилли сланеци асосидаги клинкернинг (а), 3 сутка (б), 28 сутка (в), 3 ой (г) муддатларда қотган гидратланган цемент тошларининг микрофотографиялари, X500

«Мақбул таркибларининг физик-механик хоссалари ва Девонасой гилли сланецлари асосидаги цемент клинкерини ва технологик режимларини ишлаб чиқиш. Тажриба ишлаб чиқариш синови ва жорий этишга тавсиялар» деб номланган диссертациянинг тўртинчи бобида гилли сланецдан фойдаланилган портландцемент клинкери хомашё аралашмаси физик-кимёвий хоссаларини тадқиқ этиш натижалари ва минерал ҳосил бўлиш жараёнлари келтирилган.

Тадқиқот учун $TK=0,85-0,89$ ва $n=2.5-2.7$ эга, №008 элақдаги қолдиғи 8% бўлиб, туйилган табиий гипс қўшилган клинкер асосида цемент тайёрланди. Гидратланган цемент тошини термик таҳлил билан ўрганилганда, янги ҳосил бўлган гидратларни сувсизланишига ва уларнинг кристалл структурасини бўлинишга, ҳамда юқори ҳароратда янги бирикмалар ҳосил бўлишига олиб келувчи реакцияларнинг тегишли эндо ва экзоэффектларни аниқлаш мумкин. Цемент тоши гидратациясини даражасини аниқловчи хусусиятлардан бири бўлиб, улар қотиш жараёнидаги гидрат суви (кимёвий боғланган) миқдорининг ўзгариши ҳисобланади. Термогравиметрик эгри чизиқлари билан дифференциал-термик комплекс таҳлили турли боғловчи материалларда, улардаги гидрат сувининг миқдори, янги ҳосил бўлган кальций гидроксиди миқдори ва кальций карбонатининг мос эффект чегарасидаги масса йўқотишлари бўйича гидратация даражасини аниқлашга имкон беради.

Ишлаб чиқилган таркибдан олинган цемент тошини гидратация ва қотиш жараёнини моделлаштириш мақсадида, $TK=0,89$ ва $n=2,7$ эга, меъерий шароитда 1, 3, 28 ва 90 суткада қотган мақбул таркибдан олинган цемент тоши дифференциал-термик тадқиқ этилди. Натижалар, ҳарорат ортиши давомида тўртта дифференциал эгри чизиқларнинг ҳаммасини ординат ўқи бўйича юқорига қараб сурилиш тенденциясини кўрсатди. Бу эса юқори ҳароратларда ДТТ асосий чизиқларининг кўтарилишига олиб келувчи оксидланиш жараёни оқибатида, ҳаводаги кислород билан намунанинг ўзаро таъсиридан деб тушунтирилади. Ҳамма намуналарда учта асосий эндотермик

эффектлар кузатилади, аммо қотиш вақтига боғлиқ равишда интенсивлиги анчагина фарқ қилади.

Ҳарорат 50-112°C оралигида юзага келган ўртача интенсивликдаги биринчи эндотермик эффект, намунадаги адсорбцион боғланган сувнинг чиқишига ва кальций гидроалюминатининг қисман сувсизланишига боғлиқ бўлади. Иккинчи нисбатан кучли ифодаланган эндотермик эффект 425-559°C ҳарорат оралигида кузатилади. Бу учкальцийли силикат C_3S ва икки кальцийли силикатларнинг C_2S гидратацияси, ҳамда бошланғич кимёвий боғланган сувнинг чиқиши натижасида ҳосил бўлган кальций гидроксидининг $Ca(OH)_2$ дегидратациясини кўрсатади.

Кучсиз ифодаланган, аммо цемент тоши гидратацияси ва қотиш вақтининг ортиши билан ўсадиган учинчи эффект 708-840°C ҳарорат оралигида юзага келади. Бу эндоэффект кальций карбонатини $CaCO_3$ парчаланиш оқибати ҳисобланади.

ДТТ эгри чизикларини солиштирганда биринчи эндотермик эффект гидратация вақтини ортиши билан нисбатан диффузияли бўлиши, нисбатан пасайган кўринишга эгаллигини кўрсатади. Бунда эндотермик эффектнинг ҳарорат интервалини кенгайганлиги кузатилади. Агар 1 ва 2 намуналар учун масса йўқотиши асосан цемент тошининг юза қаватида диссоцияланган адсорбцион сувнинг чиқиши билан аниқланган бўлса, 3 ва 4 намуналарда эса бундан ташқари ички қаватдан адсорбция суви молекуласининг чиқишига ҳам боғлиқлигини кўрсатган.

Бунинг сабаби, қотиш вақтини, шунингдек цемент тошининг ҳажми ортиши, адсорбция сувининг нисбатан чуқур жойлашуви ҳисобланади, шунинг учун, 3 ва 4 намуналарда адсорбция намлигининг иссиқлик билан чиқиши нисбатан кенг ҳарорат оралигини ўз ичига олади. Масалан, бир суткада гидратацияланган намуналар учун биринчи эндоэффектнинг ҳарорат оралиги 73-144°C ҳарорат диапазони билан чегараланади ($\Delta T=71^\circ C$), бунда 90 суткада қотган намуналар учун ушбу қиймат 50-162°C ёки $T=112^\circ C$ ташкил этади.

Меъёрий шароитда 90 сутка давомида қотган цемент тошининг термографик таҳлил натижалари, кинетика ва масса йўқотиш миқдорларининг қотиш вақтига тўғридан-тўғри боғлиқлигини кўрсатади. Бир сутка давомида қотган намуналарнинг гигроскопик сувининг йўқотиши 5,1% ни, 90 суткадаги унинг миқдори эса 7,1% ни ташкил этади. Шунингдек кимёвий боғланган сув қотишнинг биринчи суткаларида 300°Cда 5,9%, 400°Cда 6,5% ва 90 суткада мос равишда 9,1 ва 10,5% ларни ташкил этади.

Меъёрий шароитда турли муддатларда қотган цемент тоши ҳамма тўртта намуналарининг термограммаси биринчи эндоэффект 50-162°C ҳарорат оралигида бўлишини кўрсатган. Кутилганидек, гидратация вақтининг ортиши билан ҳарорат интервали ΔT ва Δm мос равишда масса йўқотиши кўпаяди.

Маълумки, гидратланган цемент тошининг тадқиқ этилаётган намуналарида гидрат сувининг миқдори унинг гидратация даражасини белгиловчи ҳисобланади. Бундан келиб чиққан ҳолда, ҳамма оғирлик

йўқотишлардан иккинчи эффектга тегишли бўлган қисми ажратиш ва боғланган сув миқдоридан олинган ушбу катталикни ўрганилаётган намуналар гидратация даражасини мезони қилиб қўллаш мумкин. Маълумки, қотаётган цемент тошида гидросиликат ва гидроалюминатларнинг янги ҳосил бўлган гидратларини сувсизлантириш 600°C ҳароратгача бўлиб ўтади. Бундан келиб чиққан ҳолда, гидратланган цемент тошидаги кимёвий боғланган сувнинг миқдорини ифодаловчи ушбу ҳарорат оралигида масса йўқотишини аниқлаб, унинг гидратация даражаси тўғрисида фикр юритиш мумкин. Шунини таъкидлаш лозимки, биринчи ва иккинчи эндотермик эффектнинг ҳарорат интервали T ўзаро яхши боғланади.

Логарифмик масштабда ҳарорат интервалининг ΔT ва масса йўқотишининг намуналар гидратация вақтига боғлиқлиги вақт ўтиши бўйича намуналар гидратация қобилятини таснифловчи эканлиги яққол тасвирланади. Танлаб олинган координатларда ўзаро боғлиқлик тўғри чизик бўйлаб ётади ва мавжуд қонуниятни кўрсатади.

Цемент тошини гидратация ва қотиш жараёнида ҳосил бўлган гидрат бирикмаларнинг миқдори ва тури, жумладан турли гидросиликатлар, гидроалюминатлар ва гидроферритлар рентгенфазавий таҳлил усули билан яхши ойдинлаштирилади.

Меъёрий шароитда қотган, турли тўйиниш коэффициенти ва силикат модулига эга цемент тошининг рентгенфазавий таҳлили (1г, 1д, 1е -расмлар) гидратация жараёнини ва гидрат фазаларини ҳосил бўлиши қотиш вақтига боғлиқ равишда боришини кўрсатади. Уч ва олти ой давомида қотган намуналарнинг рентгенограммаларида $d=0,491; 0,262; 0,193\text{нм}$ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ тегишли бўлган ва вақт ўтиши билан интенсивлиги ўсиб борадиган, бу эса клинкернинг фаол гидратациясини ифодаловчи чизиклар кузатилади.

Математик моделлаштириш усулидан фойдаланиб, тадқиқ этилаётган цемент тошини бир йил давомида гидратация ва қотиш жараёнлари моделлаштирилди. Олинган натижалар амалдаги портландцементнинг меъёрий шароитдаги гидратация ва қотиши жараёнларининг маълумотлари билан айнан мос келди.

Шундай қилиб, Девонасой гилли сланеци асосида, Жиззах оҳақтоши, Ўзбекистон металлургия комбинатининг тошқол чиқиндиларидан фойдаланилган клинкер тажрибавий таркибларининг физик-кимёвий хоссаларини ўрганиш билан турли тўйиниш коэффициенти ва силикат модулига эга икки ва уч компонентли тажрибавий портландцемент асосий компонентларининг миқдори бўйича амалдаги ишлаб чиқарилаётган цементга қўйилган талабларни қондириши кўрсатилган.

Юқорида кўрсатилган ишлаб чиқилган портландцемент хомашё аралашмасининг тажриба намуналаридаги ўрганилаётган минерал ҳосил бўлиш жараёнларининг жадаллашганлиги, куйдириш ҳарорати $1400-1450^{\circ}\text{C}$ оралигини ташкил этувчи хомашё аралашмасининг компонентлари билан солиштирганда нисбатан паст ҳароратда ($1350-1380^{\circ}\text{C}$) бориши аниқланган.

Тадқиқ этилаётган аралашмада $\text{CaO}_{\text{эркин}}$ жадал ўзлаштирилиши, Девонасой гилли сланеци таркибидаги енгил эрувчан гилли минералларнинг

«Бекободцемент» АЖнинг Марказий лабораториясида ишлаб чиқариш шароитида ГОСТ 10178-85, ГОСТ 310.1-76, ГОСТ 310.2-76, ГОСТ 310.3-76, ГОСТ 310.4-81лар бўйича ишлаб чиқилган таркибдаги портландцемент физик-механик хоссаларини синаш тажриба ишлари олиб борилди.

Девонасой гилли сланеци асосидаги портландцемент тажриба намуналарининг физик-механик хоссаларини ГОСТ талабларига мос равишда олиб борилган синаш натижалари, тўйиниш коэффициенти 0,88-0,89 ва силикат модули 2,5-2,7 га эга бўлган меъёрий шароитда 28 суткада қотган тажриба намуналарининг мустаҳкамлик хусусиятларининг чўзилишга 6,2-6,6 МПа оралигида ва сиқилишга 41,0-42,2 МПа эга эканлигини кўрсатади (3-жадвал), бу эса амалдаги стандарт талабларга жавоб бериб, М400 маркали портландцементга мос келади.

3-Жадвал

Турли ТК ва n эга цемент тажрибавий таркибларининг физик-механик хоссалари

| Клинкер таркиби | | №008, элак-даги қол-дик, % | Тишлашиш муддатлари, соат-мин. | | Мустаҳкамлик, МПа | | | | | |
|-----------------|-----|----------------------------|--------------------------------|--------|-------------------|-----------|----------------------|-----------|-----------|-----------|
| | | | | | Бўғлатиш ±95°С | | Меъёрий сувли сақлаш | | | |
| ТК | n | | бошла ниши | тугаши | чўзилишга | сиқилишга | 3 сутка | | 28 сутка | |
| | | | | | | | чўзилишга | сиқилишга | чўзилишга | сиқилишга |
| 0,88 | 2,5 | 5,5 | 2-30 | 5-00 | 4,3 | 30,0 | 4,5 | 29,5 | 5,5 | 42,0 |
| 0,88 | 2,7 | 6,0 | 2-40 | 5-00 | 4,3 | 30,5 | 4,6 | 29,0 | 5,2 | 41,5 |
| 0,89 | 2,5 | 5,8 | 2-50 | 5-05 | 4,4 | 29,5 | 4,6 | 29,83 | 5,5 | 41,0 |
| 0,89 | 2,7 | 5,6 | 2-55 | 5-05 | 4,3 | 31,9 | 4,7 | 30,0 | 5,6 | 42,3 |

Йилига 600 минг тонна портландцемент клинкери ишлаб чиқарадиган корхона мисолида, созтупрок ва оғаркани алмаштириш, ҳамда куйдириш ҳароратини пасайтириш ҳисобига, кутилаётган иқтисодий самарадорлик йилига 3,040 млрд. сўмни ташкил қилади.

ХУЛОСАЛАР

Диссертация бажарилишида олинган илмий ва амалий натижалар куйидагича:

1. Девонасай кони гилли сланецининг бошқа компонентлар билан биргаликдаги клинкер хомашё компонентлари асосидаги бошланғич ва куйдирилган намуналарнинг кимё-минералогик, физик-кимёвий хусусиятлари аниқланган. Кимёвий таркиб ва омухта ташкил топган минералларнинг миқдори бўйича портландцемент клинкерини ишлаб чиқариш учун хомашё таркибини лойиҳалаштириш имконини беради.

2. Жиззах оҳактоши ва металлургия ишлаб чиқаришининг тошқолли чиқиндисидан фойдаланилган Девонасой гилли сланецлари асосидаги клинкер тажриба намуналарининг физик-кимёвий хоссалари тадқиқ этилган. Турли тўйиниш коэффициенти ва силикат модулига эга олинган икки ва

учкомпонентли портландцемент, амалдаги ишлаб чиқарилаётган цементга кўйилган талабларни қониктиришини кўрсатган.

3. Ишлаб чиқилган портландцемент тажрибавий хомашё аралашмасида ўрганилаётган минерал ҳосил бўлиш жараёни, куйдириш ҳарорати 1400-1450°C оралиғини ташкил этган анъанавий клинкер олишга нисбатан паст ҳароратда (1350-1380°C) жадал бориши аниқланган.

4. Ишлаб чиқилган портландцемент хомашё аралашмасида боғланмаган кальций оксидининг ($\text{CaO}_{\text{эркин}}$) ўзлаштириш кинетикаси ва минерал ҳосил бўлишлари аниқланган ва $\text{CaO}_{\text{эркин}}$ жадал ўзлаштирилиши гилли сланец таркибидаги суюқланма ҳосил қилувчи минералларнинг, ҳамда металлургия тошқолидаги темир (II) оксидининг таъсири билан изоҳланади.

5. Турли тўйиниш коэффициентлари, силикат модули ва қотиш муддатларига эга ишлаб чиқилган икки ва уч компонентли портландцемент клинкерининг гидратация ва қотиш жараёнлари тадқиқ этилган. Гидратацияда қотиш вақтининг узайиши билан, қотиши ортадиган кальций гидросиликатлари, гидроалюминатлари ва гидроферритлари ҳосил бўлиши аниқланган. Бу эса гидратация жараёнини қотишнинг ҳамма даврларида давом этишини кўрсатган. Математик моделлаштириш усулидан фойдаланиб, ишлаб чиқилган таркибдан олинган цемент тошининг бир йил давомидаги гидратация ва қотиш жараёнини аниқлаш имконини беради.

6. Цемент тошининг хомашё омукта таркиби ва олишнинг технологик режимлари мақбуллаштирилган ва олинган намуналарнинг оддий кўшимчасиз портландцементга кўйилган стандарт талабларга жавоб беришини кўрсатган.

7. «Бекободцемент» АЖ шароитида Девонасой гилли сланеци ва «Ўзметкомбинат» АЖнинг пўлат эритишдаги тошқол чиқиндиси асосида ишлаб чиқилган цемент намуналари тажриба-ишлаб чиқариш синовидан ўтказилган. Натижада, уларнинг физик-механик ва технологик хоссалари бўйича амалдаги стандарт талабларга жавоб бериши ва М400 маркага мос келиши аниқланган. Девонасой гилли сланецларидан фойдаланиб олинган портландцементларнинг оптимал таркибларини музлашга чидамлилиги ГОСТ 10060-2012 бўйича текширилганда, ҳамма намуналар 300 циклдан ортиқ музлаб эришга чидамлилиги кўрсатилди. «Бекободцемент» АЖ шароитида яратилган таркибни портландцемент клинкери ишлаб чиқаришига жорий этилгандаги кутилаётган иқтисодий самарадорлик йилига 3,040 млрд. сўмни ташкил этган.

8. Шундай қилиб, цемент ишлаб чиқаришда хомашё базасини кенгайтирган ва экология муаммосини ечган ҳолда, турли тўйиниш коэффициентлари ва силикат модулига эга Девонасой гилли сланеци асосида М400 маркага мос келган портландцемент клинкери олиш учун хомашё аралашмасининг мақбул таркибларини ишлаб чиқиш имконини берган.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSC 02/30.12.2019.К/Т.35.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ПРИ ИНСТИТУТЕ ОБЩЕЙ И
НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ**

ИНСТИТУТ ОБЩЕЙ И НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ

УМАРОВ ФАХРИДДИН ШАРОБИДДИНОВИЧ

**РАЗРАБОТКА СОСТАВОВ КЛИНКЕРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
НЕОРГАНИЧЕСКИХ ГЛИНИСТЫХ СЛАНЦЕВ И ОТХОДОВ
МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

02.00.13-Технология неорганических веществ и материалов на их основе

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

Ташкент – 2021

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за номером B2020.2.PhD/T642

Диссертация выполнена в Институте общей и неорганической химии АН РУз.
Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице Научного совета и Информационно-образовательном портале «ZiyoNet» по адресу (www.ziyo.net.uz.)

| | |
|-------------------------------|--|
| Научный руководитель: | Кадырова Зулайхо Раимовна доктор химических наук, профессор |
| Официальные оппоненты: | Сейтназаров Атаназар Рейпназарович доктор технических наук Касимова Гўзал Анваровна кандидат технических наук, доцент |
| Ведущая организация | Ургенчский государственный университет |

Защита состоится «9» 08 2021 г. в 10⁰⁰ часов на заседании Научного совета DSc.02/30.12.2019..K/T.35.01 при Институте общей и неорганической химии по адресу: 100170, г. Ташкент, ул. Мирзо Улугбека 77а. Тел.: (99871) 262-56-60; email: ionxanruz@mail.ru

Диссертация зарегистрирована в библиотеке Института общей и неорганической химии за № 5, с которой можно ознакомиться в ИРЦ (при Институте общей и неорганической химии по адресу: 100170, г. Ташкент, ул. Мирзо Улугбека 77а. Тел: (99871) 262-56-60)

Автореферат диссертации разослан «26» 07 2021 года.

(реестр протокола рассылки № 5 от «26» 07 2021 г.)



Б.С.Закиров

Председатель научного совета по присуждению
учёной степени доктора наук, д.х.н., проф.

Д.С.Салиханова

Ученый секретарь научного совета по присуждению
ученой степени доктора наук, д.т.н.

С.А.Абдурахимов

Председатель Научного семинара при Научном совете
по присуждению учёной степени доктора наук, д.т.н., проф.

ВВЕДЕНИЕ (Аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В настоящее время во всем мире с интенсивным развитием химической промышленности и становлением рыночных отношений требуется коренное изменение подхода к подбору сырьевых материалов для производства различных видов вяжущих материалов строительного назначения. Основными потребителями вяжущих материалов, в частности цементов различного назначения, являются ряд промышленных отраслей, такие как строительная, нефтегазовая, металлургическая, энергетическая, химическая и т. д. В связи с этим, для обеспечения их потребностей, производство портландцемента на основе нетрадиционных сырьевых и вторичных ресурсов имеет особое значение.

В этом направлении в мировом масштабе проводятся научные изыскания и уделяется особое внимание созданию эффективных составов портландцемента на основе альтернативных источников минерального сырья, а также совершенствованию энерго- и ресурсосберегающих технологий при их производстве, высокотемпературным физико-химическим процессам, протекающим в сырьевой шихте для спекания цементного клинкера, обоснованию влияния коэффициента насыщения и силикатного модуля на процессы минералообразования и усвоения CaO сырьевых смесей, изучению минералогического состава и физико-химических свойств клинкеров, разработанных на основе оптимальных составов сырьевых смесей, установлению оптимальных составов и температур термообработки портландцементной сырьевой смеси с различным коэффициентом насыщения и силикатным модулем, разработке оптимальных режимов производства портландцементных клинкеров с использованием глинистых сланцев, определению физико-механических свойств портландцемента, полученных из оптимальных составов разработанных сырьевых смесей, изучению процессов гидратации в различные сроки твердения цементного камня на основе оптимальных составов разработанных клинкеров.

В Республике проводятся широкомасштабные мероприятия и достигаются определенные научные и практические результаты по разработке технологии получения портландцементного клинкера низкотемпературного обжига на основе местных нетрадиционных источников минерально-сырьевых и вторичных ресурсов. По четвертому направлению Стратегий действия по дальнейшему развитию Республики Узбекистан, определены главные задачи, направленные по «созданию эффективных механизмов внедрения в практику поощрения научно-исследовательской и инновационной деятельности»¹. В этом плане приобретает особое значение разработка технологий получения цементного клинкера низкотемпературного обжига на основе нетрадиционных, в частности глинистых сланцев и получение востребованных составов портландцементного клинкера на основе местных сырьевых и вторичных ресурсов.

¹ Указ Президента Республики Узбекистан «Стратегия действий по пяти приоритетным направлениям развития Республики Узбекистан в 2017-2021 годах»

Данное диссертационное исследование в определенной степени способствует выполнению задач, предусмотренных в Указах Президента Республики Узбекистан УП-4947 от 7 февраля 2017 года «Стратегия действий по пяти приоритетным направлениям развития Республики Узбекистан в 2017-2021 годах» и Постановлениями Президента Республики Узбекистан ПП -3698 от 7 мая 2018 года «О дополнительных мерах по совершенствованию механизмов внедрения инноваций в отрасли и сферы экономики», ПП-4335 от 23 мая 2019 года «О дополнительных мерах по ускоренному развитию промышленности строительных материалов» и ПП-3236 от 23 августа 2017 года «О программе развития химической промышленности на 2017-2021 годах», а также в других нормативно-правовых документах, принятых по данной сфере.

Соответствие исследований приоритетным направлениям развития науки и технологий в республике. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий Республики Узбекистан. VII «Химическая технология и нанотехнологии».

Степень изученности проблемы. В опубликованных источниках широко освещены вопросы, посвященные разработке составов и технологий получения портландцементных клинкеров на основе минерально-сырьевых и вторичных ресурсов, снижению температуры спекания цементных сырьевых смесей, также улучшению их физико-механических и технологических свойств. В лабораториях Российской Федерации, в частности НИИЦемент (Москва) под руководством акад. В.В.Тимашева, проф. Т.В.Кузнецовой, Санкт-Петербургском Государственном технологическом Университете под руководством Н.Ф.Федорова, С.А.Суворова проводились глубокие фундаментальные исследования фазовых превращений при обжиге клинкера и процессы гидратации и твердения цементного камня, Белгородском государственном технологическом университете под руководством проф. И.Г. Лугининой, Ш.М.Рахимбаева. А.Н. Классен проводятся ряд прикладные исследования, посвященные разработке сырьевых составов цементного клинкера на основе природных материалов и отходов различных производств и исследованию технологических свойств. В Южно-Казахстанском Государственном Университете на кафедре «Технология цемента, керамики и стекла» под руководством проф. Б.Таймасова, Т.Ф.Худяковой проводятся обширные исследования по разработке инновационных технологий производства различных видов вяжущих материалов и изучению их физико-механических свойств.

В Республике Узбекистан, в частности в научно-исследовательских лабораториях Института общей и неорганической химии АН РУз, под руководством акад. И.С.Канцельпольского, проф. Н.А.Сиражиддинова, проф. М.Искандаровой, З.П.Пулатова также проводились ряд научно-исследовательских работ по разработке сырьевых смесей цементных клинкеров на основе природных, нетрадиционных сырьевых и вторичных ресурсов. В Ташкентском химико-технологическом институте под руководством проф. Т.А.Атакузиева, Н.Х.Талипова проведены исследования по разработке

сырьевых смесей сульфоцементного клинкера с использованием фосфогипса и работы, посвященные поиску минеральных добавок на основе отходов различных производств.

Таким образом, в этом направлении проводились множество исследований, однако в опубликованных работах мало информации по разработке сырьевых составов востребованного портландцементного клинкера на основе местных углисто-глинистых сланцев и пониженной температурной обжига и технологии их производства, с технологическими, практическими, экономическими и экологическими исследованиями.

Связь темы диссертации с научно-исследовательскими работами, выполняемыми в организации, где выполняется диссертация. Диссертационная работа выполнена в соответствии с тематикой государственного проекта Института общей и неорганической химии по теме: К5-040 «Разработка ресурсосберегающих составов и технологии производства строительных материалов на основе углисто-глинистых сланцев» (2012-2014гг.).

Цель исследования состоит из разработки сырьевого состава и ресурсосберегающей технологии получения портландцементного клинкера с использованием Деванасайского углисто-глинистого сланца и металлургических отходов.

Задачей исследования является определение химико-минералогических и технологических свойств, используемых Деванасайского глинистых сланцев и переработанных шлаковых отходов;

Расчет состава двух и трехкомпонентных сырьевых смесей для портландцементного клинкера с различным КН (коэффициентом насыщения) и (η) силикатным модулем на основе Деванасайского глинистого сланца;

определение и подбор оптимальных технологических режимов обжига разработанных сырьевых составов;

исследование кинетики усвоения оксида кальция ($\text{CaO}_{\text{своб.}}$) и процессов образования портландцементных минералов в разработанных оптимальных сырьевых составах при обжиге в различных интервалах температур;

исследование процессов гидратации минералов цементного камня на основе Деванасайского глинистого сланца в различных сроках твердения.

определение физико-механических свойств оптимальных составов разработанных цементов в нормальных условиях твердения;

апробация результатов исследований путем проведения производственных испытаний свойств разработанного цемента и определение эффективности его использования в производстве.

В качестве объектов исследования взяты пробы углисто глинистых сланцев Деванасайского месторождения, сталеплавильных шлаковых отходов АО «Узметкомбинат», медеплавильных переработанных шлаков АО Алмалыкского ГМК и Джиззакских известняков.

Предмет исследования состоит из определения физико-химических и технологических свойств опытных образцов цементного камня, установления оптимальных сырьевых составов и технологических режимов их получения

путем выполнения лабораторных исследований и производственных испытаний.

Методы исследований. В диссертации использованы современные физико-химические методы такие как химико аналитические, дифференциально-термические, рентгенофазовые, электронно-микроскопические и традиционные физико-механические испытания принятые в технологии производства портландцемента.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

научно обоснованы возможности использования глинистых сланцев Деванасайского месторождения в качестве основного компонента при производстве портландцементного клинкера и разработаны оптимальные составы портландцементной клинкерной сырьевой смеси с различным коэффициентом насыщения (КН) и силикатным модулем (η);

установлено, что в разработанных составах портландцементной сырьевой смеси образование минералов происходит интенсивно при относительно пониженных на 50-70 °С температурах (1350-1380 °С), по сравнению с традиционным процессом получения клинкера (1400-1450°С).

установлена гидратация цементного камня, полученного на основе трехкомпонентного портландцементного клинкера в различные сроки и кинетика изменения количества $\text{CaO}_{\text{св}}$ и процессы реакции образования кальциевых гидросиликатов, гидроалюминатов и гидроферритов,

определены физико-механические свойства портландцемента, полученного из оптимального состава сырьевой смеси с использованием глинистого сланца и металлургического шлака, а также, с помощью метода математического моделирования определены процессы гидратации и твердения цементного камня в течение года.

Практические результаты исследования заключаются в следующем: показана возможность использования отечественных минерально-сырьевых и вторичных ресурсов, в частности Деванасайских глинистых сланцев и металлургических шлаковых отходов для разработки состава цементных клинкеров и их производства;

подобраны плавнеобразующие и минерализующие добавки, влияющие на процесс образования клинкерных минералов в разработанных портландцементных сырьевых составах, а также оптимизированы сырьевые составы и разработаны технологические режимы получения цементного камня на основе отечественных минерально-сырьевых и вторичных ресурсов;

Достоверность результатов исследований подтверждены результатами аналитических, физико-химических анализов, лабораторных экспериментов, опытно производственных испытаний и соответствием требованиям действующих стандартов технологии производства портландцементного клинкера.

Научная и практическая значимость результатов исследований.

Научная значимость результатов исследований заключается в обосновании и установлении функциональных зависимостей основных физико-химических, физико-механических и технологических характеристик

цементного камня на основе глинистых сланцев, с использованием различных шлаковых отходов при различных коэффициентах насыщения (КН) и силикатного модуля (η), а также выявленные процессы, происходящие при гидратации, и кинетики усвоения СаО в разработанных новых сырьевых смесях.

Практическая значимость результатов исследования послужило разработке и оптимизации новых составов, энерго- и ресурсосберегающих технологических режимов получения цементного клинкера на основе глинистых сланцев Деванасайского месторождения в сочетании со шлаковыми отходами металлургического производства, с нормируемыми технологическими свойствами полученных готовых клинкеров, что значительно способствует расширению сырьевой базы их производства.

Внедрение результатов исследований. На основе полученных научных результатов по разработке состава и технологии производства цементного клинкера на основе местных сырьевых и вторичных ресурсов:

получение портландцементного клинкера на основе разработанного состава, с использованием Деванасайских глинистых сланцев и сталеплавильных шлаковых отходов АО «Узметкомбинат» включен список перспективных разработок, внедряемых в 2023-2024гг. в АО «Бекабадцемент (Справка Ассоциация «Узсаноаткурилишматериаллари» №05/15-3616 от 18 ноября 2020 года). В результате дало возможность разработать состав цемента, значительно дешевле по цене с заводскими цементами;

технология получения портландцементного клинкера на основе отечественных сырьевых и вторичных компонентов включен в список перспективных разработок, внедряемых в 2023-2024гг. в АО «Бекабадцемент гг. (Справка Ассоциация «Узсаноаткурилишматериаллари» №05/15-3616 от 18 ноября 2020 года). В результате даст возможность получить портландцементный клинкер марки М400, отвечающий требованиям действующего стандарта.

Апробация результатов исследования. Результаты данного исследования были обсуждены на 3 международных и 10 республиканских научно-практических конференциях.

Публикация результатов исследования. По теме диссертации опубликованы всего 16 научных работ. Из них 3 научные статьи, в том числе 1 в зарубежном журнале и 2 в республиканском, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертаций.

Структура и объём диссертации. Структура диссертации состоит из введения, четырех глав, заключения, список использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 111 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснована актуальность темы, определены цель и задачи проводимых исследований, отмечена научная новизна и практическая значимость работы.

В первой главе диссертации «Современное состояние исследований технологий производства портландцемента на основе нетрадиционных сырьевых и вторичных материалов и перспективы их развития» проведен анализ результатов опубликованных работ, в научно - технической отечественной литературе и стран СНГ, также за рубежом, по вопросам разработки составов, физико-химических и физико-механических свойств, способов получения, технологии производства портландцементного клинкера на основе нетрадиционных сырьевых материалов и вторичных ресурсов. Также рассмотрены вопросы по использованию глинистых сланцевых пород различных месторождений и других альтернативных сырьевых ресурсов в производстве строительных материалов. Обсуждена и обобщена собранная информация о наличии существующих минерально-сырьевых месторождений глинистых сланцевых пород Республики.

Таким образом, в последние годы значительно усилился интерес к исследованию нетрадиционных сырьевых материалов и вторичных ресурсов для разработки новых составов портландцементного клинкера.

Во второй главе диссертации «Физико-химические характеристики глинистых сланцевых сырьевых и вторичных ресурсов. Методы исследования и процессы приготовления цементного образца» приведены методы физико-химического и химико-аналитического анализа силикатных материалов, методы приготовления и исследования фазовых составов, разработанных опытных образцов, а также общепринятые действующие стандарты по физико-механическим испытаниям силикатных строительных материалов.

В третьей главе диссертации «Физико-химические исследования сырьевых и спеченных образцов. Разработка оптимальных составов цементного клинкера с использованием глинистых сланцев. Кинетика, процессов минералообразования и гидратации в разработанных смесях» приводятся результаты исследований химико-минералогического состава и физико-химических свойств глинистых сланцев Деванасайского, известняка Джизакского месторождения, сталеплавильных и медеплавильных шлаков АО «Узметкомбинат» и АО Алмалыкского ГМК (табл.1).

Таблица 1

Результаты химического анализа исходных материалов

| Наименование | Массовое содержание оксидов, % | | | | | | ППП, % |
|----------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|-------|------------------|-----------|
| | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | MgO | CaO | R ₂ O | |
| Известняк Джизак | 1,55 | 0,60 | 0,14 | 0,6 | 53,4 | 0,1 | 42,25 |
| Глинистый сланец Деванасай | 64,90 | 15,10 | 6,55 | 2,82 | 2,90 | 3,59 | 3,20 |
| Шлак Алмалыкского ГМК | 31,72 | 6,18 | 52,04 | 3,20 | 3,36 | 2,8 | - |
| Шлак «Узметкомбинат» | 20,11 | 7,25 | 20,42 | 14,20 | 36,07 | 0,3 | 1,25 |

На рентгенограммах Деванасайского глинистого сланца (рис.1а.) имеются наличие линии, соответствующие β-кварцу d=0,424; 0,335; 0,247;

0,197; 0,181; нм, линии $d=0,628$; 0,403; 0,398; 0,375; 0,370 нм соответствующие глинистым минералам -полевой шпат и др., а также линии соответствующие кальциту $d=0,383$; 0,303; 0,228; 0,209; 0,191 нм и др. Результаты рентгенофазового анализа показали, что в глинистых сланцах преобладает кварц до 60-70%, а остальные глинистые и другие минералы примерно в равных количествах.

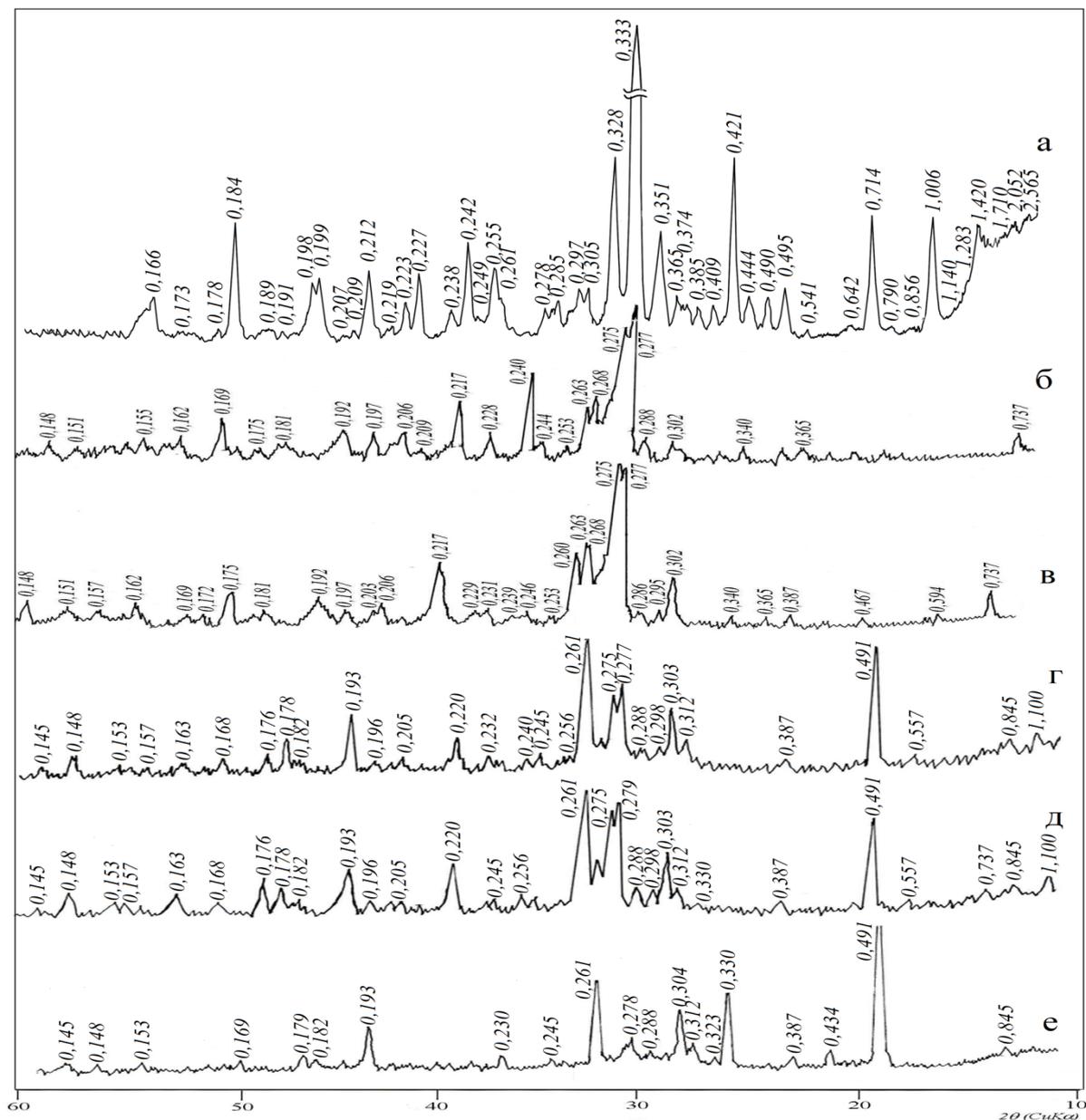


Рис.1. Рентгенограммы: Деванасайского глинистого сланца – (а), клинкеров состава $KH=0,89$; $n=2,7$, обожженных при $1300^{\circ}C$ (б), $1400^{\circ}C$ (в), гидратированного 3 сут (г), 28-сут (д) и бмес (е) твердения

Рентгенофазовый анализ шлаков АО «Узметкомбинат» показал что, они в основном состоят из оккерманита ($d=0,287$; 0,176; 0,309 нм) смешанного во всех отношениях с геленитом образуя серию твердых растворов, мелилита ($d= 0,442$; 0,371; 0,306; 0,239; 0,229; 0,177; 0,175; 0,157; 0,154 нм, мервинита ($d= 0,292$; 0,284; 0,281; 0,273; 0,274; 0,276; 0,241; 0,226; 0,220; 0,203; 0,190; 0,190 нм; и вюсита $d= 0,253-0,247$; 0,219-0,214; 0,153-0,151нм.

Рентгенофазовый анализ шлака АГМК состоит из минералов гематита ($d=0,269; 0,251; 0,184; 0,169; 0,148; 0,130$), мелилита и мервинита.

Таким образом, результаты химико-минералогических составов и физико-химические характеристики - глинистых сланцев Деванасайского, известняка Джизакского месторождений, шлаков АО «Узметкомбинат» и Алмалыкского ГМК показали, что имеется реальная возможность спроектировать на их основе сырьевые составы для производства портландцементного клинкера.

Расчет портландцементной сырьевой смеси проводили по общепринятой стандартной методике КН (коэффициент насыщения) от 0,85 до 0,92; и n (силикатный модуль) от 2,2 до 3,2. Были изучена температура плавления приготовленных двух и трехкомпонентных портландцементных сырьевых смесей с различным силикатным модулем и коэффициентом насыщения. Установлено, что температура плавления в двухкомпонентных смесях начало плавления происходит при 1290°C , а конец при 1400°C , а в трехкомпонентных смесях в зависимости от коэффициента насыщения и силикатного модуля начало плавления происходит при 1300°C , а конец плавления происходит при 1390°C по-видимому, здесь сказывается роль шлаков и содержание в глинистом сланце легкоплавких соединений. Результаты определения температуры плавления цементных сырьевых смесей подтвердили, что с использованием глинистых сланцев можно получить портландцементный клинкер при более низких температурах.

При этом следует отметить, что изменение количества $\text{CaO}_{\text{своб.}}$ в портландцементных сырьевых смесях является важным критерием для суждения о кинетике и завершенности образования клинкерных минералов. На рис.2 приведены результаты определения кинетики минералообразования в обжигаемых трехкомпонентных портландцементных сырьевых смесях этилово-глицератным методом.

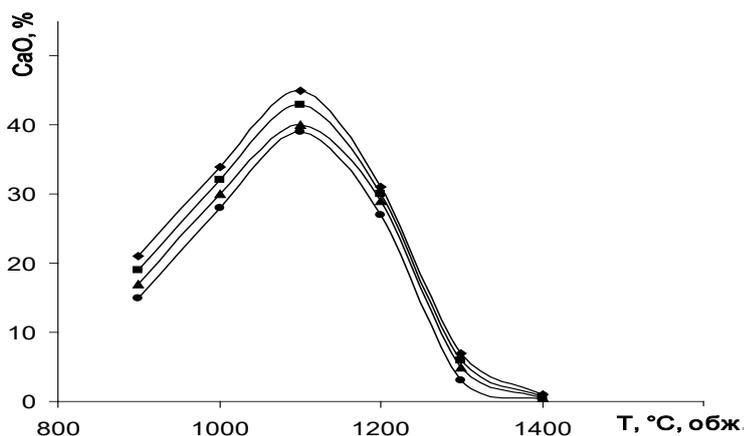


Рис.2. Влияние различных значений КН, и температуры термообработки на кинетику усвоения $\text{CaO}_{\text{своб.}}$ в трехкомпонентных портландцементных смесях, %, где:

- 1-КН=0,89 и $n = 2,7$;**
- 2-КН=0,88 и $n = 2,7$;**
- 3-КН =0,88 и $n = 2,5$;**
- 4 -КН=0,85 и $n = 2,5$.**

Как видно из рис.2 при термообработке в различных интервалах температур портландцементных сырьевых смесях наблюдается интенсивное усвоение свободного $\text{CaO}_{\text{своб.}}$. График изменения содержания $\text{CaO}_{\text{своб.}}$ в интервале температур от 900°C до 1400°C показывает, что процесс усвоения CaO происходит уже при температуре 1200°C , а при более высоких

температурах 1350-1400°C содержание его находится в пределах 1,0-0,3%, указывающее на завершение процесса минералообразования. Увеличение силикатного модуля, как и следовало ожидать, способствует усвоению CaO, а увеличение коэффициента насыщения от 0,85 до 0,89 приводит к образованию излишнего количества CaO, которая с повышением температуры термообработки до 1400°C, также практически усваивается.

Рентгенофазовый анализ полученных клинкеров оптимального состава показал (рис.1б и 1в), что начало образования клинкерных минералов происходит уже при 1200-1300°C и с увеличением температуры наблюдается постепенное уменьшение количества содержания несвязанного CaO. Интенсивность характерных линий, соответствующих CaO - $d=0,277; 0,240; 0,170; 0,145$ и $0,138$ нм, заметно выраженные при температуре обжига 900-1000°C, с увеличением температуры обжига до 1200-1350°C заметно уменьшается, что указывает на интенсивную диссоциацию CaCO₃. При температурах обжига 1350-1400°C они достигают минимума, а некоторые линии полностью исчезают наряду с этим, появляются линии C₃S соответственно $d= 0,302; 0,277; 0,273; 0,260; 0,217; 0,162$ нм и соответственно C₂S $d=0,278; 0,273; 0,240; 0,260$ и $0,218$ нм. В некоторых случаях, линии соответствующие C₃S накладываются на линии соответствующие C₂S. В составах с различным коэффициентом насыщения и силикатным модулем, на пример КН=0,88; $n=2,5$ и КН=0,89; $n=2,7$ при температурах обжига 1300-1400°C наблюдаются незначительные слабые линии CaO, что указывает на максимальную диссоциацию CaCO₃ и полностью подтверждается результатами этилово-глицератного анализа и силикатного модуля (n) обожженных при 1350°C.

Следует отметить, что процессы гидратации и твердения цементного камня является одним из основных факторов, характеризующих его эксплуатационные свойства.

Рентгенофазовый анализ (рис.1г, 1д, 1е) цементного камня с различным коэффициентом насыщения и силикатным модулем, твердевших в нормальных условиях показывает, что процесс гидратации и образование гидратных фаз происходит в зависимости от времени твердения.

На рентгенограммах образцов, твердевших в течение 1 и 3 часа, наблюдаются линии $d= 0,491; 0,262; 0,193$ нм, соответствующие Ca(OH)₂ интенсивность которых увеличивается во времени, что свидетельствует об активной гидратации клинкера. Также на рентгенограммах наблюдаются линии $d=0,303; 0,280; 0,183$ нм, соответствующие основному продукту гидратации силикатных составляющих клинкера тоберморитоподобному гидросиликату кальция типа CSH (В), которые прикрываются линиями негидратированной частью трехкальциевого и двухкальциевого силиката. Линии соответствующие Ca(OH)₂, незначительные в начальные сроки твердения возрастают с увеличением времени твердения, что свидетельствует о том, что процесс гидратации продолжается весь период твердения.

Результаты химического анализа показали, что по содержанию основных компонентов полученные двух и трехкомпонентные опытные портландцементные клинкера с различным коэффициентом насыщения и силикатного модуля в полнее удовлетворяют требования, предъявляемые к производственным цементам. Расчетный минералогический состав (табл.2) так же показал, что основные клинкерные минералы находятся в пределах, масс. %: $C_3S=50-58\%$; $C_2S=20-33$; $C_3A =5-10$ и $C_4AF=7-10$. При этом температура плавления разработанных составов на $60-70^{\circ}C$ ниже, по сравнению с температурой плавления составов, применяемых в обычных производственных условиях.

Таблица 2

**Расчетный минералогический состав образцов
разработанных клинкеров**

| Заданные значения | | Состав смеси, масс. % | | | | Содержание минералов, масс. % | | | | Т°С плавления | |
|-------------------|-----|-----------------------|--------------|-------------|------|-------------------------------|--------|--------|---------|---------------|------|
| | | Известняк | Глин. Сланец | Шлаки | | C_3S | C_2S | C_3A | C_4AF | | |
| КН | п | | | Узмет-комб. | АГМК | | | | | Нач. | Кон. |
| 0,84 | - | 77,88 | 22,12 | 0 | 0 | 50,82 | 33,26 | 6,62 | 7,36 | 1290 | 1380 |
| 0,85 | - | 78,07 | 21,93 | 0 | 0 | 54,46 | 31,71 | 5,56 | 7,33 | 1320 | 1400 |
| 0,91 | - | 79,25 | 20,75 | 0 | 0 | 68,09 | 18,49 | 5,43 | 7,09 | 1350 | 1400 |
| 0,85 | 2,5 | 76,67 | 18,83 | 4,5 | 0 | 47,61 | 29,27 | 9,94 | 9,94 | 1290 | 1380 |
| 0,88 | 2,5 | 77,3 | 18,33 | 4,37 | 0 | 54,35 | 22,94 | 9,76 | 9,70 | 1300 | 1390 |
| 0,88 | 2,7 | 78,92 | 18,89 | 2,19 | 0 | 55,27 | 23,11 | 10,84 | 7,90 | 1310 | 1380 |
| 0,89 | 2,7 | 79,10 | 18,73 | 2,17 | 0 | 57,18 | 21,30 | 7,81 | 10,94 | 1320 | 1390 |
| 0,85 | 2,5 | 79,37 | 18,83 | 0 | 1,80 | 47,93 | 20,66 | 9,54 | 10,34 | 1280 | 1380 |
| 0,88 | 2,5 | 79,92 | 18,32 | 0 | 1,76 | 54,48 | 23,48 | 9,37 | 10,15 | 1280 | 1380 |
| 0,90 | 2,5 | 80,26 | 18,01 | 0 | 1,73 | 58,94 | 19,28 | 9,29 | 9,97 | 1300 | 1400 |

Петрографические исследования обожженных составов (рис.3а) показывают, образование и равномерное чередование клинкерных минералов хорошо оформленные кристаллы алита в виде гексагональных и призматических форм с включениями белита. Белит выкристаллизован в виде округлых плохо оформленных зерен. В микрофотографиях также наблюдаются бесформенные агрегаты расплавленной фазы. При этом микрофотографии цементов из оптимальных составов (рис..3б, 3в, 3г), твердевших в различные сроки, также показывают, что в начальные сроки гидратации и к трем суткам твердения наблюдаются незначительное количество гексагональных кристаллов $Ca(OH)_2$, на поверхности зерен алита и белита наблюдаются оболочки из гелеобразных масс.

С увеличением срока гидратации к 28 суткам твердения наблюдается большое количество продуктов конгломератного скопления, имеющих бесформенный вид. Имеются участки скопления гелеобразных

гидросиликатов кальция с размытой неопределенной структурой и увеличение количества $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в виде бесформенных агрегатов и частично в гексагональной форме.

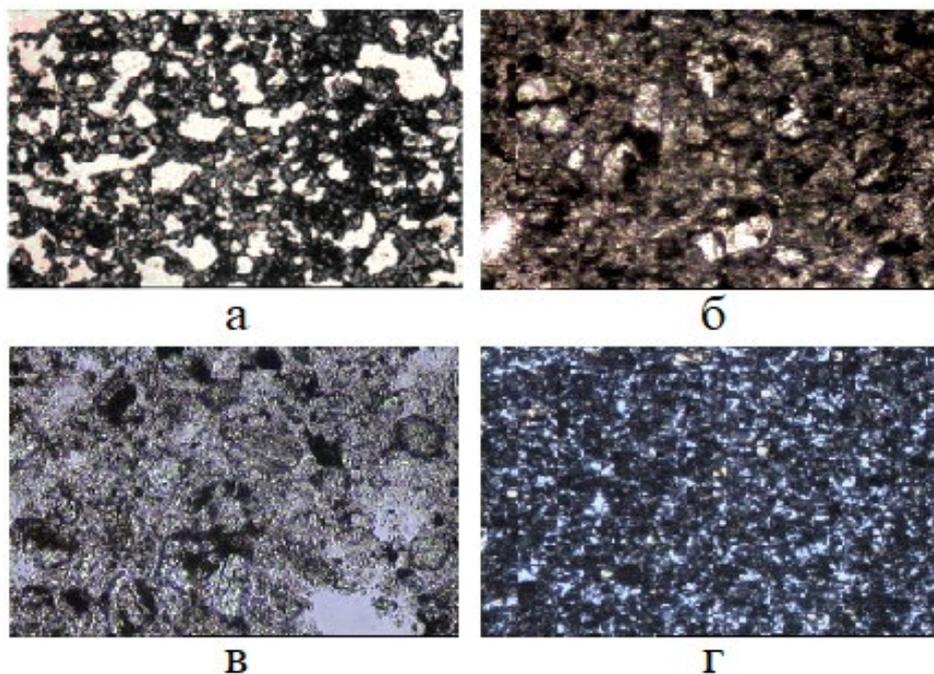


Рис.3. Микрофотографии клинкера на основе Деванасайского глинистого сланца состава $\text{KH}=0,89$; $n=2,7$ - (а) и гидратированного цементного камня (б)-твердевшего 3 сутки, (в)- 28 сут. (г)- 3 месяца, увеличение 500х.

В четвертой главе диссертации «Физико–механические свойства оптимальных составов и разработка технологических режимов производства цементного клинкера на основе Деванасайских глинистых сланцев. Опытно-производственные испытания и рекомендации к внедрению» приведены результаты исследований физико-химических свойств и процессов минералообразования в сырьевых смесях портландцементного клинкера с использованием глинистых сланцев.

Для исследований нами приготовлены цементы на основе клинкеров с $\text{KH}=0,85-0,89$ и $n=2.5-2.7$ с добавкой природного гипса, помол до остатка 8% на сите №008. При исследовании гидратированного цементного камня термическим анализом можно определить характерные эндо и экзо эффекты реакций, вызванные обезвоживанием гидратных новообразований и разрушением их кристаллической структуры, а также образованием новых соединений при высоких температурах. Одним из характеристик степени гидратации цементного камня является изменение содержания гидратной (химически связанной) воды в процессе его твердения. Дифференциально-термический анализ в комплексе с термогравиметрическими кривыми позволяет определять степень гидратации различных вяжущих материалов по содержанию в них гидратной воды, а также количество некоторых новообразований гидроксида кальция и карбоната кальция по потере массы в пределах соответствующего эффекта.

Проведено дифференциально-термическое исследование цементного камня из оптимального состава с $KH=0,89$ $n=2,7$, твердевшего в нормальных условиях 1, 3, 28 и 90 суток с целью моделирования процессов гидратации и твердения цементного камня из разработанных составов. Результаты показали, что все четыре дифференциальные кривые, по мере увеличения температуры, имеют тенденцию к смещению вверх по оси ординат. Это объясняется следствием взаимодействия образца с кислородом воздуха при повышенных температурах вследствие окислительных процессов, который приводит к подъему базовой линии ДТА. Во всех образцах наблюдаются три основные эндотермические эффекты, однако их интенсивность значительно отличается в зависимости от времени твердения.

Первый эндотермический эффект средней интенсивности, проявляющийся в интервале температур $50-112^{\circ}\text{C}$ связан с удалением адсорбционно связанной воды из образцов и частичным обезвоживанием гидроалюминатов кальция.

Второй наиболее сильно выраженный эндотермический эффект, наблюдается в области температур $425-559^{\circ}\text{C}$. Он характеризует дегидратацию гидроксида кальция $\text{Ca}(\text{OH})_2$, образовавшегося вследствие гидратации трехкальциевого силиката C_3S и двухкальциевого силиката C_2S , а также удалением первоначально химически связанной воды.

Третий, слабовыраженный эффект, но усиливающийся с возрастанием времени гидратации и твердения цементного камня проявляется в интервале температур $708-840^{\circ}\text{C}$. Этот эндоэффект является следствием разложения карбоната кальция CaCO_3 .

Сравнение кривых ДТА показывает, что первый эндотермический эффект с возрастанием времени гидратации становится более диффузным, то есть имеет относительно более размытый вид. При этом наблюдается расширение температурного интервала эндотермического эффекта. Если для образцов 1 и 2 потеря массы в основном определялась удалением адсорбционной воды, дислоцированных преимущественно на поверхностных слоях цементного камня, то для образцов 3 и 4, вероятно, также характерно удаление еще и молекул адсорбционной воды из внутренних слоев. Причиной этого является более глубокое внедрение адсорбционной воды, с возрастанием времени твердения, в объем цементного камня и вероятно поэтому, тепловое удаление адсорбированной влаги охватывает более широкий интервал температур в образцах 3 и 4. Например, для образца с суточным временем гидратации температурный интервал первого эндоэффекта ограничен диапазоном температуры $73-144^{\circ}\text{C}$, где ($\Delta T = 71^{\circ}\text{C}$), то же значение для образца твердения 90 суток составляет $50-162^{\circ}\text{C}$, или $T=112^{\circ}\text{C}$.

Результаты термографического анализа цементного камня, твердевшего в нормальных условиях, до 90 суток показали, что кинетика и количество потери массы находится в прямой зависимости от времени твердения. Так в образцах твердевших одни сутки потеря гигроскопической воды составляет 5,1%, а к 90 суткам доходит до 7,1%. Также и химически связанная вода

впервые сутки твердения при 300°C составляет 5,9%, а при 400°C составляет 6,5%, а к 90 суткам соответственно 9,1% и 10,5%.

Термограмма всех четырех образцов цементного камня, твердевших в различные сроки при нормальных условиях, показывает первый эндоэффект в интервале температур 50-162°C. Как и следовало ожидать с возрастанием времени гидратации увеличивается температурный интервал ΔT и соответственно потеря массы Δm .

Известно, что содержание гидратной воды в исследуемых образцах гидратированного цементного камня является характеристикой степени его гидратации. Исходя из этого, можно выделить из всех весовых потерь ту долю, относящуюся только ко второму эффекту и применить эту полученную величину содержания связанной воды как критерий степени гидратации исследуемых образцов. Как известно, обезвоживание гидратных новообразований гидросиликатов и гидроалюминатов в твердеющем цементном камне происходит до температуры 600°C. Исходя из этого определяя потерю веса в пределах этой температуры, выражающую содержание химически связанной воды в гидратированном цементном камне мы можем судить о степени его гидратации. При этом следует отметить, что температурный интервал ΔT первого и второго эндотермического эффекта хорошо коррелируются между собой. Зависимости интервала температур ΔT от времени гидратации образцов в логарифмическом масштабе и потеря веса образцов от времени гидратации наглядно иллюстрирует характер гидратационной способности образцов по истечении времени. В выбранных координатах корреляционная зависимость хорошо укладывается на прямую линию и показывает существующую закономерность.

Количество и вид гидратных соединений, такие как различные гидросиликаты, гидроалюминаты и гидроферриты, образующиеся в процессе гидратации и твердения цементного камня хорошо выявляются методом рентгенофазового анализа.

Используя метод математического моделирования проведена попытка смоделировать процесс гидратации и твердения испытуемого цементного камня в течение одного года. Полученные результаты полностью согласовались с данными процесса гидратации и твердения обычного портландцемента в нормальных условиях.

Таким образом, изучением физико-химических свойств опытных составов клинкеров на основе Деванасайского глинистых сланцев с использованием Джизакского известняка и шлаковых отходов Узбекского металлургического комбината показано, что по содержанию основных компонентов полученные двух и трехкомпонентные опытные портландцементы с различным коэффициентом насыщения и силикатного модуля удовлетворяют требования, предъявляемые к производственным цементам. Установлено, что изучаемый процесс минералообразования в разработанных вышеуказанных опытных образцах портландцементных сырьевых смесях происходит интенсивнее и при более низких температурах

(1350-1380°C), по сравнению с сырьевыми смесями компонентами, где температура обжига составляет в пределах температуры 1400-1450°C.

Интенсивное усвоение $\text{CaO}_{\text{своб.}}$ в изучаемых смесях на наш взгляд можно объяснить влиянием низкоплавких глинистых минералов, содержащихся в Деванасайском глинистом сланце, а также присутствием определенного количества закиси железа (FeO) в шлаках металлургического комбината.

Результаты испытаний сроков схватывания и равномерность изменения объема цементных паст из опытных составов показали, что водопотребность и сроки схватывания испытываемых составов находятся в пределах допустимых требованиями ГОСТ 310.3-76 для обычных портландцементов.

Результаты испытаний на сжатие, образцов после гидротермальной обработки, показывают, что испытываемые составы набирают до 50-60% марочной прочности. Например, составы 1-3 имеют прочность на сжатие от 21 до 23 МПа, а состав 4 до 21 МПа, а к 28 суткам твердения во влажной среде прочность на сжатие образцов всех составов соответствует марке 400. Преимуществом разработанной технологии является в установлении возможности получения портландцементного клинкера с пониженной температурой на 90-70°C по сравнению с существующими процессами при использовании Деванасайского глинистого сланца и металлургических шлаков совместно с Джизакским известняком. Технологическая схема производства портландцементного клинкера в производственных условиях на основе Деванасайского глинистого сланца (рис.4.) приведены ниже.



Рис.4. Технологическая схема производства портландцементного клинкера на основе Деванасайского глинистого сланца

Проведены опытные испытания физико-механических свойств разработанного состава портландцемента в производственных условиях Центральной лаборатории АО «Бекабадцемент» согласно ГОСТ 10178-85, ГОСТ 310.1-76, ГОСТ 310.2-76, ГОСТ 310.3-76, ГОСТ 310.4-81.

Результаты испытания физико-механических свойств опытных образцов портландцемента на основе Деванасайского глинистого сланца, проведенные согласно требованиям ГОСТ показали, что при коэффициенте насыщения от 0,88-0,89 и силикатного модуля 2,5-2,7 опытные образцы показывают прочностные характеристики при 28 суточном твердении в нормальных условиях на изгиб в пределах 6,2- 6,6 МПа, а на сжатие в пределах 41,0-42,2 МПа (табл.3.), то есть отвечают требованиям существующих стандартов и соответствуют марке портландцемента М400.

Таблица 3

Физико-механические свойства опытных составов цементов с различным КН и n

| Состав клинкера | | Остаток на сите №008, % | Сроки схватывания, час-мин. | | Прочность, МПа | | | | | |
|-----------------|-----|-------------------------|-----------------------------|-------|----------------|--------|----------------------------|--------|----------|--------|
| | | | | | Пропарка ±95°C | | Нормальное водное хранение | | | |
| КН | n | | начало | конец | изгиб | сжатии | изгиб | сжатии | изгиб | сжатии |
| | | | | | | | 3 сутки | | 28 суток | |
| 0,88 | 2,5 | 7,5 | 2-20 | 3-40 | 4,7 | 31,8 | 4,8 | 30,4 | 6,5 | 42,2 |
| 0,88 | 2,7 | 8,5 | 2-30 | 3-50 | 4,5 | 31,5 | 4,6 | 29,3 | 6,2 | 41,0 |
| 0,89 | 2,5 | 8,0 | 2-30 | 3-50 | 4,6 | 31,0 | 4,7 | 29,8 | 6,5 | 41,8 |
| 0,89 | 2,7 | 8,0 | 2-25 | 3-50 | 4,5 | 31,9 | 4,9 | 30,0 | 6,6 | 42,0 |

При годовой производительности предприятия 600 тыс. тонн портландцементного клинкера ожидаемый экономический эффект от замены лесса и огарок, а также за счет снижения температуры обжига составит: более 3,040 млрд.сум в год.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При выполнении диссертационной работы получены следующие основные научные и практические результаты:

1. Определены химико-минералогические, физико-химические характеристики сырьевых и обожженных образцов на основе глинистых сланцев Деванасайского месторождения в сочетании с другими компонентами сырьевой смеси клинкера. Установлена реальная возможность проектирования сырьевых составов для производства портландцементного клинкера, согласно химического состава и содержания минеральных составляющих шихт.

2. Изучены физико-химические свойства опытных составов клинкеров на основе Деванасайского глинистых сланцев с использованием Джизакского известняка и шлаковых отходов металлургических производств. Показано,

что полученные двух и трехкомпонентные портландцементы с различным коэффициентом насыщения и силикатным модулем удовлетворяют требования, предъявляемые к производственным цементам.

3. Установлено, что изучаемый процесс образования минералов в разработанных вышеуказанных опытных портландцементных сырьевых смесях происходит интенсивнее и при более низких температурах (1350-1380°C), по сравнению с сырьевыми смесями с традиционными материалами, где температура обжига в пределах 1400-1450°C.

4. Установлена кинетика усвоения свободного оксида кальция ($\text{CaO}_{\text{своб.}}$) и процессы образования минералов в разработанных портландцементных сырьевых смесях и показано, что интенсивное усвоение $\text{CaO}_{\text{своб.}}$ можно объяснить влиянием плавнеобразующих минералов, содержащихся в глинистом сланце, а также присутствием определенного количества двухвалентного железа в металлургических шлаках.

5. Изучены процессы гидратации и твердения разработанных двух и трехкомпонентных портландцементных клинкеров с различными коэффициентами насыщения, кремнеземистого модуля и сроках твердения. Установлено, что при гидратации образуются гидросиликаты, гидроалюминаты и гидроферриты кальция, количество которых возрастают с увеличением времени твердения, что свидетельствует о том, что процесс гидратации продолжается весь период твердения. Используя метод математического моделирования показан процесс гидратации и твердения цементного камня из разработанных составов в течение одного года.

6. Оптимизированы сырьевые шихтовые составы и технологические режимы получения клинкера и показаны, что полученные образцы цемента выдерживают стандартные требования, предъявляемые к обычным бездобавочным портландцементом.

7. Проведено опытно-производственное испытание цементных образцов, разработанных на основе Деванасайского глинистого сланца и сталеплавильных шлаковых отходов АО «Узметкомбинат» в условиях АО «Бекабадцемент». Установлено, что они по своим физико-механическим и технологическим свойствам отвечают требованиям действующих стандартов и соответствуют марке портландцемента М400. Испытание на морозостойкость по ГОСТ 10060-2012, оптимальных составов портландцемента с использованием Деванасайских глинистых сланцев показал, что все испытываемые образцы выдерживают более 300 циклов замораживания и оттаивания. Ожидаемой экономической эффективности от внедрения разработанного состава для производства портландцементного клинкера в условиях АО «Бекабадцемент» составляет 3,040 млрд сум в год.

8. Таким образом, доказана возможность разработки оптимальных составов сырьевых смесей на основе Деванасайского глинистого сланца с различными коэффициентами насыщения и силикатного модуля и получения на их основе портландцементного клинкера, соответствующего марке М400, что приводит к расширению сырьевой базы цементных производств и решает проблему экологии.

**SCIENTIFIC COUNCIL ON AWARDING OF SCIENTIFIC DEGREE DSC
02/30.12.2019.K/T.35.01 AT INSTITUTE OF
GENERAL AND INORGANICAL CHEMISTRY**

INSTITUTE OF GENERAL AND INORGANIC CHEMISTRY

UMAROV FAXRIDDIN SHAROBIDDINOVICH

**DEVELOPMENT OF CLINKER COMPOSITIONS USING
INORGANIC GLAY SHALES AND WASTE FROM THE
METALLURGICAL INDUSTRY**

02.00.13 - Technology of inorganic and materials on their basis

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

Tashkent-2021

The dissertation subject of Doctor of Philosophy (PhD) is registered at Supreme Attestation Commission of the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan in number B2020.2.PhD/T642

Dissertation was carried out at the Institute of General and Inorganic Chemistry.

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

Research supervisors:

Kadyrova Zulayho Raimovna
doctor of chemical sciences, professor

Official Opponents:

Seytnazarov Atanazar Reypnazarovich
doctor of technical science

Kasimova Guzal Anvarovna
candidate of technical science,
associate professor

Leading organization

Urgench State University

Defense will take place on « 9 » 08 2021 at 10⁰⁰ o'clock at the meeting of single scientific council DSc.02/30.12.2019.K/T.35.01 under Research Center Institute of General and inorganic Chemistry. Address: 77a, Mirzo Ulugbek Street, Mirzo Ulugbek District, 100170, Tashkent, tel.: (99871) 262-56-60, e-mail: ionxanruz@mail.ru

Dissertation can be reviewed at the Information-resource Centre Institute of General, (its registered number is № 5) Address: 77a, Mirzo Ulugbek Street, Mirzo Ulugbek District, 100170, Tashkent, tel.: (99871) 262-56-60.

Abstract of dissertation was mailed by «26» on 07 2021 year

(mailing report № 5 on «26» 07 2021 year).



B.S.Zakirov

Chairman of scientific council on awarding of scientific degree, d.t.s., prof.

D.S.Salikhonova

Scientific secretary of scientific council on award of scientific degree, d.t.s., prof.

S.A.Abduraximov

Chairman of scientific seminar at scientific council on awarding of scientific degree, d.t.s., prof.

INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

The aim of the research work The aim of the study is to develop a raw material composition and resource-saving technology for producing Portland cement clinker using Devanasai coal-clay shale and metallurgical waste.

The subject of the research work: The objects of study are the carbonaceous shale of the Devanasai deposit, steelmaking slag waste of Uzmetkombinat JSC, processed copper smelting slag of the Almalyk MMC and Jizzakh limestone.

The scientific novelty of dissertational research consists in the following:

the possibilities of using the clay shale of the Devanasai deposit as the main component in the production of Portland cement clinker have been scientifically substantiated, and the optimal compositions of the Portland cement clinker raw mixture with different saturation coefficient (KN) and silicate modulus (η) have been developed;

It was found that in the developed compositions of the Portland cement raw mixture, the formation of minerals occurs intensively at temperatures relatively low by 50-70 °C (1350-1380 °C), in comparison with the traditional process of obtaining clinker (1400-1450 °C).

the hydration of cement stone obtained on the basis of three-component Portland cement clinker at various times and the kinetics of the change in the amount of CaO_f and the reaction processes for the formation of calcium hydrosilicates, hydroaluminates and hydroferrites were established,

determined the physical and mechanical properties of Portland cement obtained from the optimal composition of the raw mixture using shale and metallurgical slag, and also, using the method of mathematical modeling, the processes of hydration and hardening of cement stone were determined during the year.

Implementation of the research results. Based on the scientific results obtained on the development of the composition and technology for the production of cement clinker based on local raw materials and secondary resources:

production of Portland cement clinker on the basis of the developed composition, using Devanasai clay shale and steelmaking slag waste of Uzmetkombinat JSC, a list of promising developments introduced in 2023-2024 is included. in JSC "Bekabadcement" (Association "Uzsanoatqurilishmaterialari" №05/15-3616 dated November 18, 2020). As a result, it made it possible to develop a cement composition that is much cheaper than factory cements;

the technology for producing Portland cement clinker based on domestic raw and secondary components is included in the list of promising developments introduced in 2023-2024. in JSC "Bekabadcement gg. (Reference of the Association "Uzsanoatqurilishmaterialari" №05/15-3616 dated November 18, 2020). As a result, it will make it possible to obtain Portland cement clinker grade M400 that meets the requirements of the current standard.

The structure and volume of the thesis. The structure thesis consists of an introduction, four chapters, conclusion, the list of the used literature and applications. The volume of the thesis is 111 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; part I)

1. Усманов Х.Л., Эркабаев Ф.И., Кадырова З.Р., Умаров Ф.Ш. Исследование Деванасайского глинистого сланца для разработки состава цементного клинкера. Узб. хим. журн., 2010, № 5, С.27-30. (02.00.00. № 6).
2. Усманов Х.Л., Кадырова З.Р., Эркабаев Ф.И., Умаров Ф.Ш. Кинетика усвоения СаО в портландцементных сырьевых смесях, на основе глинистых сланцев. Узб. хим. журн., 2011, № 6, С. 19-22. (02.00.00. № 6).
3. Умаров Ф.Ш., Нимчик А.Г., Усманов Х.Л., Кадырова З.Р. Термографическое исследование процессов гидратации цемента с глинистыми сланцами. Universum: Химия и биология, Москва, 2019, В.11(65), С.14-20. (02.00.00. № 1).

II бўлим (II часть; part II)

4. Кадырова З.Р., Усманов Х.Л., Эркабаев Ф.И., Умаров Ф.Ш., Ходжаев Н.Т. Возможности использования глинистых сланцев Деванасайского месторождения в качестве сырьевого компонента цементного клинкера. Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века, журнал Технологии бетонов, Россия, Москва, 2010, № 5-6, С. 38-42.
5. Умаров Ф.Ш. Кўмир-гилли-сланецли таркибларда портландцемент минераллари хосил бўлиши жараёнларини ўрганиш. Ўзбекистон Республикаси Фанлар Академияси Умумий ва ноорганик ктмё институти Ёш олимларнинг “Юқори технологик ишланмалар ишлаб чиқаришга” мавзусидаги илмий-амалий анжумани. Тошкент., 2010. 66-68 бб.
6. Усманов Х.Л., Кадырова З.Р., Эркабаев Ф.И., Умаров Ф.Ш., Мухамедбаев А.А. Влияние термообработки на процесс усвоения СаО в портландцементных сырьевых смесях содержащих глинистый сланец. «Аналитик кимёнинг долзарб муаммолари» III-Респуб.илмий-амалий анжумани материаллари, Термез, 2010, С.303-304.
7. Умаров Ф.Ш., Усманов Х.Л., Эркабаев Ф.И., Кадырова З.Р., Ходжаев Н.Т. Возможность использования углистых - глинистых сланцев Деванасайского месторождения в производстве вяжущих материалов. Материалы Респуб.научн-техн.конф. «Композиционные материалы на основе техногенных отходов и местного сырья: состав, свойства и применение. 2010, 15-16 апреля.Т, ГУП «Фан ва тараққиёт», С.172-174.
8. Умаров Ф.Ш., Кадырова З.Р., Усманов Х.Л., Мухамедбаев А.А. Переработанные шлаки меде-плавильного производства АГМК – ценное сырьё для производства портландцемента. Мат Межд.научно-техн.конф. «Современные техника и технологии горно-металлургической отрасли и пути их развития» Навои, 2010, С.110-111.

9. Кадырова З.Р., Усманов Х.Л., Эркабаев Ф.И., Умаров Ф.Ш. Влияние глинистых сланцев Деванасайского проявления на процесс образования портландцементных минералов. Сухие строительные смеси, 2011, №6, С.22-23.
10. Кадырова З.Р., Усманов Х.Л., Эркабаев Ф.И., Умаров Ф.Ш. Физико-механические свойства цементов, полученных на основе Деванасайских глинистых сланцев. Сбор.трудов Респ. научн.техн.конф. «Актуальные проблемы инновационных технологий химической, нефтегазовой и пищевой промышленности», Ташкент, ТашХТИ, 2011, С.205-206.
11. Умаров Ф.Ш., Усманов Х.Л., Ниязова Ш.М., Кадырова З.Р., Эркабаев Ф.И. Энергосберегающий состав цемента на основе местных материалов и шлаковых отходов. Материалы I-го Республиканского научно-практического семинара с участием иностранных специалистов «Производство строительных материалов и изделий с использованием отходов промышленности», Т, ТАСИ, 2011, С.145-149.
12. Умаров Ф.Ш., Кадырова З.Р., Усманов Х.Л., Эркабаев Ф.И., Кадирова Ф.Д. Гидратация цементов, полученных на основе Деванасайского глинистого сланца. Сб.мат.респ.конф.«Инновационные разработки и перспективы развития химической технологии силикатных материалов».Ташкент 2012 г. С.279-280.
13. Umarov F.Sh., Kadyrova Z.R., Usmanov H.L. Physico-chemical processes of cement hydration with using shale. Slovak international scientific journal, Словакия, 2018, vol.1, № 18, P.7-12.
14. Умаров Ф.Ш., Кадырова З.Р., Усманов Х.Л. Физико-механические свойства цемента на основе глинистого сланца Труды XXII Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых учёных. Том II. Томск 2018. С.279-280.
15. Умаров Ф.Ш., Кадырова З.Р., Ниязова Ш.М. Утилизация металлургических шлаков в производстве строительных материалов. Сборн. Межд. научной конф. «Энерго-ресурсоэффективность в интересах устойчивого развития», Россия. Томск, 2018.- С.180-181.
16. Умаров Ф.Ш., Кадырова З.Р., Усманов Х.Л. Расширение сырьевой базы, актуальная проблема промышленности строительных материалов. Мат. I Межд.научн.практ.конф. «Актуальные проблемы внедрения инновационной техники и технологий на предприятиях по производству строительных материалов, химической промышленности и в смежных отраслях». Фергана, 2019, Т.2, С.274-275.

Автореферат «Ўзбекистон кимё журналі» тахририятида тахрирдан ўтказилди.

Бичими: 84x60 ¹/₁₆. «Times New Roman» гарнитураси.
Рақамли босма усулда босилди.
Шартли босма табағи: 3,25. Адади 100. Буюртма № 18/21.

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