

**ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ  
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.27.06.2017.Т.04.01  
РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**УМУМИЙ ВА НООРГАНИК КИМЁ ИНСТИТУТИ**

**АТАБАЕВ ФАРРУХ БАХТИЯРОВИЧ**

**ИККИЛАМЧИ МИНЕРАЛ ХОМАШЁ РЕСУРСЛАРИ АСОСИДА  
ЭНЕРГИЯ СИҒИМИ КАМ КЛИНКЕРЛАР ВА ЦЕМЕНТЛАР ОЛИШ  
ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ**

**02.00.15 - Силикат ва қийин эрийдиган нометалл материаллар технологияси**

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

**Тошкент - 2018**

**Фан доктори (DSc) диссертацияси автореферати мундарижаси**  
**Оглавление автореферата диссертации доктора наук (DSc)**  
**Content of the abstract of dissertation doctor of science (DSc)**

**Атабаев Фаррух Бахтиярович**

Иккиламчи минерал хомашё ресурслари асосида энергия сиғими кам  
клинкерлар ва цементлар олиш технологиясини ишлаб чиқиш..... 3

**Атабаев Фаррух Бахтиярович**

Разработка технологии получения малоэнергоёмких клинкеров и цементов на  
основе минеральных вторичных сырьевых ресурсов..... 27

**Atabaev Farrukh Bakhtiyarovich**

Development of technology for production of low-energy clincers and cements on  
the basis of mineral secondary raw material resources ..... 53

**Эълон қилинган ишлар рўйхати**

Список опубликованных работ  
List of published works..... 57

**ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ  
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.27.06.2017.Т.04.01  
РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**УМУМИЙ ВА НООРГАНИК КИМЁ ИНСТИТУТИ**

**АТАБАЕВ ФАРРУХ БАХТИЯРОВИЧ**

**ИККИЛАМЧИ МИНЕРАЛ ХОМАШЁ РЕСУРСЛАРИ АСОСИДА  
ЭНЕРГИЯ СИҒИМИ КАМ КЛИНКЕРЛАР ВА ЦЕМЕНТЛАР ОЛИШ  
ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ**

**02.00.15 - Силикат ва қийин эрийдиган нометалл материаллар технологияси**

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

**Тошкент - 2018**

**Фан доктори (DSc) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2017.2.DSc/T118 рақами билан рўйхатга олинган**

Докторлик диссертацияси Умумий ва ноорганик кимё институтида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифасида ([www.tkti.uz](http://www.tkti.uz)) ҳамда “Ziyonet” Ахборот таълим порталида ([www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz)) жойлаштирилган.

**Илмий маслаҳатчи:**

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

**Расмий оппонентлар:**

**Рахимов Рахимбой Атажанович**  
техника фанлари доктори, профессор

**Тўлаганов Абдуқобил Абдунабиевич**  
техника фанлари доктори, профессор

**Таймасов Бахитжан**  
техника фанлари доктори, профессор

**Етакчи ташкилот:**

**Тошкент архитектура-қурилиш институти**

Диссертация ҳимояси Тошкент кимё-технология институти ҳузуридаги DSc.27.06.2017.T.04.01 рақамли Илмий кенгашнинг 2018 йил «.....» ..... соат ..... даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100011, Тошкент шаҳар, Шайхонтоҳур тумани, А.Навоий кўч., 32. Тел. (99871) 244-79-20; факс: (99871) 244-79-17; e-mail: [tkti\\_info@edu.uz](mailto:tkti_info@edu.uz))

Докторлик диссертацияси билан Тошкент кимё-технология институти Ахборот ресурс марказида танишиш мумкин (..... рақами билан рўйхатга олинган). Манзил: Тошкент шаҳар, Шайхонтоҳур тумани, А.Навоий кўчаси, 32. Тел.: (99871)244-79-20

Диссертация автореферати 2018 йил «.....»..... куни тарқатилган.  
(2018 йил «.....» ..... даги № ..... рақамли реестр баённомаси).

**С.М. Туробжонов**

Илмий даража берувчи илмий кенгаш  
раиси, т.ф.д., профессор

**А.С. Ибодуллаев**

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

**М.Х. Арипова**

Илмий даража берувчи илмий кенгаш  
кошидаги илмий семинар раиси, т.ф.д.,  
профессор

## КИРИШ (Фан доктори (DSc) диссертацияси аннотацияси)

**Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурияти.** Бугунги кунда дунёда қурилиш саноати жадал ривожланиши туфайли цементга бўлган эҳтиёж кучаймоқда. Шу жиҳатдан қурилиш материаллари ишлаб чиқариш саноатининг устувор вазифаларидан бири цемент ишлаб чиқариш ҳажмини кўпайтиришдан иборат. Бу ўринда цемент сифатини яхшилаш, технологик жараёнларни такомиллаштириш, маҳсулот таннархини арзонлаштиришга катта эътибор қаратилмоқда.

Жаҳон миқёсида энергия сиғими кам клинкерлар ва цементлар олиш технологияларини ишлаб чиқишга алоҳида эътибор қаратилиб, бу борада амалга оширилаётган илмий изланишларда маҳаллий хом ашё ва техноген чиқиндилардан фойдаланиб юқори сифатли цементлар олиш технологиясини ишлаб чиқиш муҳим вазифалардан бири ҳисобланади. Кам энергия сиғимли клинкерлар ва цементлар олиш технологияларини ишлаб чиқишда қатор, жумладан, қуйидаги йўналишларда тегишли илмий ечимларни асослаш зарур: нанотехнология асосида цемент ишлаб чиқаришнинг янги усулларини ишлаб чиқиш; сульфатбардош цементларнинг коррозияга қарши хусусиятларини ошириш; пуццоланли цементларнинг нам шароитда ва сувда қотиш вақтини янада қисқартириш; қўшимчали цементлар олишда композицион қўшимчаларнинг мақбул таркибларини танлаш; оқ ва рангли портландцементлар олиш технологияларини янада такомиллаштириш.

Республикамызда цемент ишлаб чиқариш саноати ривожлантирилиб, ишлаб турган корхоналарни модернизациялаштириш, маҳаллий хом ашёлар асосида цементларнинг янги турларини олиш, республикамыз ҳудудларига мослаштирилган замонавий цемент заводларини қуриш, янги турдаги цементларни экспорт қилишда уларнинг ишлаб чиқариш ҳажмини кўпайтириш каби бир қанча ишлар амалга оширилиб, муайян ютуқларга эришилмоқда. Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида «ишлаб чиқариш соҳаларини ривожлантириш, саноатни модернизация ва диверсификация қилиш, амалиётда кам сарфли энергиятежамкор усулларни қўллаш, цемент ишлаб чиқариш саноатини ривожлантириш, импорт ўрнини алмаштирувчи ва экспортбоп маҳсулотларни тайёрлаш»<sup>1</sup> вазифалари белгилаб берилган. Бу борада, жумладан кам энергия сиғимли клинкер ва цементлар олишда маҳаллий хом ашё ва техноген чиқиндилардан фойдаланиб арзон ва юқори сифатли цементлар ишлаб чиқаришга йўналтирилган илмий-тадқиқотлар муҳим аҳамият касб этади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини 2017-2021 йилларда бешта устувор йўналишлар бўйича ривожлантириш бўйича ҳаракатлар стратегияси», 2017 йил 21 апрелдаги ПҚ-2915-сон Ўзбекистон Республикаси экология ва атроф-

---

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

мухитни муҳофаза қилиш давлат қўмитасининг чиқиндиларнинг ҳосил бўлиши, тўпланиши, сақлаши, ташилиши, утилизация қилиниши, қайта ишланиши, кўмилиши, реализациясини назорат қилиш инспекцияси фаолиятининг ҳуқуқий асослари тўғрисида», 2018 йил 4 майдаги ПҚ-3696-сон «Ички бозорни цемент билан барқарор таъминлаш бўйича қўшимча чора-тадбирлар тўғрисида»ги фармонлари ва қарорлари ҳамда мазкур соҳа фаолиятига тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

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

**Диссертация мавзуси бўйича хорижий илмий тадқиқотлар шархи<sup>2</sup>.** Клинкерлар синтези ва қўшимчали цементлар олишга йўналтирилган илмий изланишлар жаҳоннинг етакчи илмий марказлари ва олий таълим муассасалари, жумладан, Cement Manufacturers Association of India, Sanghi Industries Ltd ва Ultra Tech Ltd (Ҳиндистон), CEMBUREAU–(Бельгия), Heidelberg Cement Group, Bau-Haus Universität ва VDZ-Verein Deutscher Zementwerke (Германия), Россия кимё-технология университети ва Қозон архитектура-қурилиш университети, «Евроцемент груп» (Россия), Жанубий Қозоғистон Давлат университети (Қозоғистон), Aslan Çimento AŞ (Турция), Gambarotta Gschwendt (Италия), Whitehopleman (Англия), CNBM Engineering Co Ltd (Хитой), Тошкент кимё-технология институти, Умумий ва ноорганик кимё институтларида (Ўзбекистон) илмий тадқиқотлар олиб борилмоқда.

Жаҳонда цемент ишлаб чиқариш технологиясини такомиллаштиришга оид олиб борилган тадқиқотлар натижасида қатор, жумладан, қуйидаги илмий натижалар олинган: клинкер сифатини ва шу билан цемент хоссаларини яхшилашга йўналтирилган янги русумдаги жиҳозлар яратилган (CNBM Engineering Co Ltd, Хитой); мустаҳкамлиги бўйича жаҳон стандартлари талабларига жавоб берувчи юқори маркали цементларнинг таркиблари ишлаб чиқилган («Евроцемент груп», Россия); электротермофосфорли тошқол миқдори юқори бўлган қўшимчали ва сульфатбардош цементлар ишлаб чиқариш технологиялари ишлаб чиқилган (Жанубий Қозоғистон Давлат университети, Қозоғистон); пуццолан цементлар (Ultra Tech Cement Ltd, Ҳиндистон); карбонат, глинозем ва сулфоалюминат сақлаган қўшимчали махсус турдаги цементларнинг таркиблари ва олиш технологиялари ишлаб чиқилган (Россия кимё-технология университети ва Қозон архитектура-қурилиш университети, Россия); сифати юқори рангли цементлар олиш технологиялари такомиллаштирилган (Cement Manufacturers Association of India, Ҳиндистон); турли хил композицион қўшимчали цементлар ишлаб

<sup>2</sup> Диссертация мавзуси бўйича илмий тадқиқотлар шархи: <http://www.nist.gov>, [www.ukgu.kz/ru](http://www.ukgu.kz/ru), <http://www.cmaindia.org/>, [www.heidelbergcement.com/en](http://www.heidelbergcement.com/en), <https://cembureau.eu>, <https://www.muctr.ru>, [www.ultratech.com/](http://www.ultratech.com/), <https://www.susu.ru/ru>, <https://www.vdzonline.de/>, [www.whitehopleman.com/](http://www.whitehopleman.com/), <https://www.dalmiabharat.com/>, [www.cnbmengineering.cm/](http://www.cnbmengineering.cm/), [www.gambarotta.it/](http://www.gambarotta.it/), [www.bwfgroup.de/](http://www.bwfgroup.de/), [www.sanghiment.com/](http://www.sanghiment.com/), [www.aslancimento.com.tr/](http://www.aslancimento.com.tr/) ва бошқалар бўйича ишлаб чиқилган.

чиқарилган (Aslan Çimento AŞ, Туркия).

Дунёда цемент ишлаб чиқариш технологиясини такомиллаштириш бўйича қатор, жумладан, куйидаги устувор йўналишларда тадқиқотлар олиб борилмоқда: клинкер ишлаб чиқаришда энергия сиғими кам хом ашё аралашмалари таркибини шакллантириш; табиий хом ашёларни тежаш ва минерал техноген чиқиндилардан фойдаланиш; клинкер куйдиришда энергиятежамкор технологияларни ишлаб чиқиш; клинкерни кўп миқдорда тежаш имконини берувчи фаол минерал қўшимчалар таркибини яратиш; қўшимчали, пуццолан ва композицион қўшимчали цементларнинг самарадор таркибларини ва технологияларини ишлаб чиқиш.

**Муаммонинг ўрганилганлик даражаси.** Кам энергия сиғимли клинкерлар ва қўшимчали цементлар олиш бўйича А.А. Пашенко, В.В. Тимашев, Л.М. Шпынова, Т.В. Кузнецова, А.С. Болдырев, И.Н. Борисов, О.А. Мирюк ва И.Г. Лугинина, Е.С. Горшков, В.К. Классен, И.В. Кравченко, Л.Я. Гольдштейн, А. Таеб, S. Faghihi, Muhmood Luckman, Zhao Qinglin, Cheng Xin, S.Cerjan-Stefanovic, М.Г. Гулямов, Т.А. Рагозина, И.С. Канцепольский, М.Я. Бикбау, Т.А. Атакузиев, Б.И. Нудельман, Б.Т. Таймасов, М.И. Искандарова, З.П. Пўлатов, А.А. Тўлаганов ва бошқалар илмий тадқиқотлар олиб борганлар.

Олиб борилган илмий тадқиқотлар натижасида боғловчи моддаларнинг синтези ва гидратланиши аниқланган; цемент тоши микроструктураси шаклланишининг физик-кимёвий асослари ўрганилган; портландцемент клинкерини куйдириш ҳароратини пасайтириш борасида тадқиқотлар баён этилган; таркибида базальт жинслари ишлатилган хом ашё аралашмаси куйдирилганда янги ҳосилаларнинг пайдо бўлиш механизми ўрганилган; қўшимчали цементлар ишлаб чиқаришда техноген чиқиндилардан хом ашё сифатида фойдаланиш таклиф этилган.

Шу билан бирга турли хил тошқоллар ва чиқиндилар асосида клинкер ва цементлар олиш бўйича: алинитли, сульфоалюминатли ва сульфоферритли клинкерлар ишлаб чиқаришни ўрганиш; композицион цементларнинг физик-механик ва технологик хоссаларини ўрганиш; наноцементларнинг бетон учун кечадиган гидратланиш механизмларини ўрганиш; ишлаб чиқаришдаги сарф-ҳаражатларни камайтириш; қўшимчали цемент ишлаб чиқаришнинг кам босқичли ва энергиятежамкор технологиясини ишлаб чиқиш борасида илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда.

**Диссертация мавзусининг диссертация бажарилган олий таълим муассасининг илмий-тадқиқот ишлари билан боғлиқлиги.** Диссертация тадқиқоти Умумий ва ноорганик кимё институтининг илмий-тадқиқот ишлари режасининг ФА-А13-Т162 «Клинкер ва цемент ишлаб чиқаришда қайта ишланган пўлат эритиш тошқолидан комплекс фойдаланишнинг рационал технологияси» (2013-2015 йй.); 2-ФА-0-52470 «Ўзметкомбинат» АЖ пўлат эритиш тошқолларидан комплекс фойдаланиб, клинкер ва цемент ишлаб чиқаришни энергия- ва ресурстежамкор технологиясини саноат миқёсида ўзлаштириш» (2014-2015 йй.); ФА-И7 ТО24 «Асбестцемент ишлаб чиқариш чиқиндиларидан портландцемент олишда ишлатишнинг самарадор

технологиясини жорий этиш» (2015-2016 йй.); ФА-А13-139 «Вольфрам рудаларини бойитиш қолдиқларини қўшимчали портландцемент ишлаб чиқаришда қўллашнинг энергия- ва ресурстежамкор технологияси» (2015-2017йй.) мавзуларидаги амалий ва инновацион лойиҳалар доирасида бажарилган.

**Тадқиқотнинг мақсади** маҳаллий хом ашёлар ва техноген чиқиндилар асосида портландцемент клинкери ҳамда қўшимчали цементлар олиш технологиясини ишлаб чиқишдан иборат.

**Тадқиқотнинг вазифалари:**

кайта ишланган пўлат эритиш тошқоли, вольфрам рудаларини бойитиш иккиламчи чиқиндилари ва хризотилцемент чиқиндиларининг кимёвий-минералогик таркиби ва хоссаларини ўрганиш;

янги хом ашё аралашмаларининг куйдириш жараёнида реакцияга киришиш қобилиятини физик-кимёвий тадқиқ этиш, уларнинг таркибларини ва клинкер куйдириш жараёнининг кўрсаткичларини оптималлаштириш;

клинкер олишда хризотилцемент чиқиндиларини термафаоллаштириш усулини ишлаб чиқиш;

термофаоллаштирилган хризотилцемент кўндирма-қўшимчали клинкерлардан фойдаланиб қўшимчали портландцемент ишлаб чиқариш технологиясини ишлаб чиқиш;

кайта ишланган пўлат эритиш тошқоли ва вольфрам рудаларини иккиламчи бойитиш чиқиндилари асосида олинган портландцементнинг физик-механик хоссаларини ўрганиш;

кўп компонентли «клинкер кукуни+гипс+ҚИП-тошқоли+сув» ва «клинкер кукуни+гипс+ВРБЧ+сув» тизимларининг гидратланиш ва структура ҳосил қилиш жараёнларини ўрганиш ва цемент тоши ҳосил бўлишидаги «таркиб-структура-хосса» ўзаро боғлиқлиги қонуниятларини аниқлаш.

кайта ишланган пўлат эритиш тошқоли ва вольфрам рудаларини иккиламчи бойитиш чиқиндиси асосида қўшимчали портландцемент олиш технологиясини ишлаб чиқиш;

**Тадқиқотнинг объекти** кайта ишланган пўлат эритиш тошқоли, вольфрам рудаларини иккиламчи бойитиш чиқиндиси, ҳўл хризотилцемент чиқиндилари, улардан комплекс хом ашё сифатида фойдаланиб олинган клинкерлар ва қўшимчали цементлардан иборат.

**Тадқиқотнинг предмети** кайта ишланган пўлат эритиш тошқоли, вольфрам рудаларини иккиламчи бойитиш чиқиндиси, ҳўл хризотилцемент чиқиндиларидан комплекс хом ашё сифатида фойдаланиб, клинкерлар синтез қилиш, қўшимчали цементлар олиш ва уларнинг қотиш жараёнларини тадқиқ этиш, ишлаб чиқариш технологияларини яратиш ва ўзлаштиришдан иборат.

**Тадқиқотнинг усуллари.** Диссертация ишида хом ашё материаллар ва техноген чиқиндиларнинг технологик хоссаларини аниқлашнинг, хом ашё аралашмаси таркибини ҳисоблашнинг ва цементларни физик-механик хоссаларини аниқлашнинг стандарт усулларини қўллаб, клинкерлар синтез қилишда минераллар ҳосил бўлиши, қўшимчали цементлар қотаётганда

гидратланиш ва сунъий конгломерат шаклланиши жараёнлари рентгенфазавий, дифференциал-термик таҳлил ва электрон-микроскоп усулларида фойдаланиб тадқиқ этилган.

**Тадқиқотнинг илмий янгилиги** қуйидагилардан иборат:

қайта ишланган пўлат эритиш тошқоли, вольфрам рудаларини иккиламчи бойитиш чиқиндиси ва хризотилцемент чиқиндиларидан хом ашё компоненти сифатида фойдаланиб клинкер олиш учун хом ашё аралашмаларининг таркиблари ишлаб чиқилган ва асосий клинкер минераллари миқдори бўйича оптималлаштирилган;

янги таркибдаги хом ашё аралашмаларининг реакцияга киришиш қобилиятлари ва улар куйдирилганда юқори ҳарорат таъсирида кечадиган клинкер минераллари ҳосил бўлиш жараёнлари исботланган;

минерал техноген чиқиндилардан фойдаланиб клинкер олиш учун тузилган хом ашё аралашмаларининг ва клинкер куйдириш жараёнининг энг мақбул кимёвий технологик кўрсаткичлари, бу клинкерлардан олинган цементларнинг физик-механик хоссалари аниқланган;

қайта ишланган пўлат эритиш тошқоли ва вольфрам рудаларини иккиламчи бойитиш чиқиндиларининг цемент кўшимчаси сифатидаги зарур хоссалари асосида олинган кўшимчали цементларнинг таркиблари оптималлаштирилган ва олиш технологиялари ишлаб чиқилган;

янги таркибдаги кўшимчали портландцементларнинг физик-механик хоссалари, улар қотаётганда кечадиган физик-кимёвий ўзгаришлар, ҳосил бўлаётган цемент тошининг структураси ва физик-механик хоссалари шаклланиши ўртасидаги ўзаро боғлиқликлари исботланган;

хўл хризотилцемент чиқиндиларига айланма печлардан юқори (1000-1200)°С ҳароратда чўғланиб чиқаётган клинкер қатламида термик ишлов бериб, фаол кўндирма-кўшимча ҳосил қилиш ҳисобига уларнинг гидравлик фаоллигини ошириш усули, кўндирма-кўшимчали клинкер ва ундан хризотилцемент буюмлари учун портландцемент олиш технологияси ишлаб чиқилган.

**Тадқиқотнинг амалий натижалари:**

ноанъанавий хом ашё материаллар – «Ўзметкомбинат» АЖнинг пўлат эритиш қайта ишланган тошқоли ва «INGICHKI METALLS» ҚК МЧЖнинг вольфрам рудаларини иккиламчи бойитиш чиқиндиларини темирли минерализатор ва шартли алюмосиликатли компонент сифатида қўллаб, клинкер синтез қилиш учун хом ашё аралашмалари таркиби ишлаб чиқилган;

хом ашё аралашмаси таркиби, компонентларнинг сарфий меъёрлари, куйдириш жараёнини мақбул кимёвий-технологик кўрсаткичлари аниқланган, умумқурилиш ва сульфатбардош цементлар учун клинкерлар синтез қилинган;

иккиламчи бойитиш чиқиндилари – қайта ишланган пўлат эритиш тошқоли ва вольфрам рудаларидан фойдаланиш хом ашё аралашмаларидан клинкер олишда куйдириш ҳарорати 50-70°С га пасайтирилган;

ушбу чиқиндилардан Стьюдент мезони қиймати бўйича тўлдиргич сифатида фойдаланиб, ПЦ400-Д20 маркали кўшимчали цементлар олинган;

пўлат эритиш қайта ишланган тошқоли ва вольфрам рудаларини иккиламчи бойитиш чиқиндилардан портландцемент олишда кўшимча сифатида фойдаланиш мумкинлиги исботланган;

хўл хризотилцемент чиқиндиларини клинкер куйдириш печларидан чиқаётган қайноқ клинкер қатламида термофаоллаштиришнинг самарадор усули ва технологияси ишлаб чиқилган;

термофаоллашган хризотилцемент чиқиндилари ўтирган кўндирма-кўшилмали клинкердан 400 маркали цемент олинган ва ундан саккиз тўлқинли хризотилцемент листлар ишлаб чиқарилган.

**Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги** назарий қоидаларнинг муаллиф томонидан олинган тажриба натижалари, ишлаб чиқаришда синовдан ўтганлиги ва жорий қилинганлик кўрсаткичларининг ўзаро мутаносиблиги, синтез қилиб олинган клинкерларнинг фаза таркиби ва структурасини, кўшимчали цементлар қотаётганда ҳосил бўладиган сунъий конгломератни фаза таркиби, микроструктураси ва физик-механик хоссаларини замонавий қурилма ва жиҳозларда тадқиқотнинг физик-механик ва физик-кимёвий синов усуллари кўллаб олинганлиги билан тасдиқланган.

**Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.**

Тадқиқотнинг натижаларининг илмий аҳамияти таркибида ноанъанавий иккиламчи хом ашё компонентларни сақлаган аралашмаларни куйдирганда клинкер ҳосил бўлиш жараёни тезлашишининг ва таркибидаги клинкернинг 3-15% кўшимчаларнинг янги турлари билан алмаштирилишига қарамай, «туйилган клинкер – гипс - кўшимча - сув» дисперсиясининг қотиш жараёнида структура ҳосил бўлиши ва сунъий конгломератнинг шаклланиши «туйилган клинкер–гипс-сув» тизимидаги каби кечиши илмий асосланганлигидан иборат.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти техноген хом ашё материаллардан комплекс фойдаланиб, клинкер ва кўшимчали цементларнинг энергия- ва ресурстежамкор технологиялари ишлаб чиқилганлиги, клинкер куйдириш ҳароратининг пасайганлиги, табиий хом ашё материалларнинг ва портландцементдаги қимматбаҳо клинкер қисмининг тежалганлиги, техноген чиқиндиларни ишлатиш ҳисобига металлургия ва тоғ-бойитиш корхоналари ҳудудларида экологик муҳитнинг яхшиланишидан иборат.

**Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши.** Кам энергия сиғимли клинкерлар ва кўшимчали цементлар олиш технологиясини ишлаб чиқиш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

хризотилцемент чиқиндисини термофаоллаштирилиб кўндирма-кўшимчали олинган клинкер учун ташкилот стандарти «Ўзстандарт» агентлигида рўйхатдан ўтказилган (Ts № 00295455-04:2015). Натижада хризотилцемент чиқиндиларини чўғланиб турган клинкер қатламида термик фаоллаштириб, кўндирма-кўшилмали клинкер ишлаб чиқариш имконини берган;

хризотилцементли буюмлар ишлаб чиқаришда фойдаланиш учун хризотилцемент чиқиндисига ташкилот стандарти «Ўзстандарт» агентлигида рўйхатдан ўтказилган (Ts № 00295455-016:2016). Натижада турли ассорти-

ментдаги қурилиш материаллари ишлаб чиқариш учун ушбу техноген чиқиндидан хом ашё сифатида фойдаланиш имконини берган;

кайта ишланган пўлат эритиш тошқолини клинкер олишда ва цементга қўшимча сифатида ишлатиш учун ташкилот стандарти «Ўзстандарт» агентлигида рўйхатдан ўтказилган (Т<sub>с</sub> № 00186200-09:2017). Натижада «Ўзметкомбинат» АЖда ушбу чиқиндини сотувга чиқариш имконини берган;

кайта ишланган пўлат эритиш тошқоли асосида қўшимчали ва композицион цементлар олиш технологияси «Бекободцемент» АЖда амалиётга жорий этилган («Бекободцемент» АЖ нинг 2018 йил 30 мартдаги РА/90 – сон маълумотномаси). Натижада қўшимчали ва композицион портландцемент ишлаб чиқаришни саноат миқёсида йўлга қўйиш имконини берган;

хризотилцемент буюмлар ишлаб чиқаришга портландцемент учун Ўзбекистон Республикаси давлат стандарти «Ўзстандарт» агентлигида рўйхатдан ўтказилган (O'z DSt 913-2017). Натижада термик фаоллаштирилган кўндирма-қўшилмали клинкердан хризотилцемент буюмлар ишлаб чиқариш учун портландцемент олиш саноат миқёсида йўлга қўйиш имконини берган;

янги усулда термофаоллаштирилган хризотилцемент кўндирма-қўшимчали клинкер ва ундан хризотилцемент буюмлар учун портландцемент ишлаб чиқариш технологияси «Қизилқумцемент» АЖда амалиётга жорий этилган («Қизилқумцемент» АЖнинг 2018 йил 7 февралдаги АТ 02-36/336-сон, «Ўзқурилишматериаллари» АЖнинг 2018 йил 2018 йил 26 февралдаги ТМ-1/03-599-сон маълумотномалари). Натижада ҳозирда нархи қиммат бўлган клинкерни 5%гача иқтисод қилиш, ишлаб чиқариш ҳажмини ошириш, хризотилцемент буюмлар ишлаб чиқаришда портландцементнинг таннархини пасайтириш имконини берган.

**Тадқиқот натижаларининг апробацияси.** Мазкур тадқиқот натижалари 5 та халқаро ва 5 та республика илмий-амалий анжуманларида, семинар ва кенгашларда муҳокамадан ўтказилган.

**Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши.** Диссертация мавзуси бўйича жами 33 та илмий ишлар чоп этилган бўлиб, шулардан 15 та мақола, жумладан Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг докторлик диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларда 10 та мақола, улардан 5 таси республика журналларида, 5 таси хорижий журналларда чоп этилган, Интеллектуал мулк қўмитасига ихтирога патент учун 4 та талабнома берилган.

**Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми.** Диссертация таркиби кириш, бешта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 175 бетни ташкил этади.

## **ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ**

**Кириш қисмида** ўтказилган тадқиқотларнинг долзарблиги ва зарурати асосланган, тадқиқотнинг мақсади ва вазифалари ифодаланган, тадқиқот предмети ва объекти тавсифланган, республика фан ва технологияларни ривожлантиришнинг устувор йўналишларига мувофиқлиги кўрсатилган,

олинган натижаларнинг илмий янгилиги ва амалий аҳамияти очиб берилган, мавзу анжуманлар ҳамда ишлаб чиқариш шароитларида тадқиқот натижаларининг апробацияси, диссертация структураси ва нашр этилган ишлар ҳақидаги маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг «**Металл сақлаган рудаларни қайта ишлаш ва хризотилцемент буюмлар ишлаб чиқариш чиқиндиларидан қурилиш материаллари саноатида фойдаланиш ҳолати ва истиқболлари**» деб номланган биринчи бобида чет элларда ва мамлакатимизда металлургия тошқоллари, тоғ-бойитиш корхоналари чиқиндилари ва хризотилцемент буюмлар ишлаб чиқариш чиқиндиларидан фойдаланиб, турли хил қурилиш маҳсулотлари, жумладан, цемент клинкери ва қўшимчали цементлар ишлаб чиқаришга бағишланган тадқиқот ишлари таҳлили келтирилган, мавжуд ишланмаларнинг афзалликлари ва камчиликлари кўрсатилган.

Қурилиш материаллари ва буюмлари ишлаб чиқаришда иккиламчи хом ашёлардан фойдаланиш бўйича олиб борилган тадқиқотлар илмий-техник ва патент маълумотлари таҳлили металлургия тошқолларини қайта ишлашнинг бир неча йўналиши мавжудлигини аниқлаш имконини берди. Магнетитли рудаларни цемент клинкери олишда хом ашё аралашмасига қўшиш, аралашмага темирли куйиндини қўшишдан воз кечиш, лойтупроқ (глинозем)ни қисман ёки тўла ўрнини босиши борасида маълум амалий тажрибалар мавжуд. Бунда, паст асосли портландцемент, сульфатланган клинкер ва оҳак-белитли боғловчи, чиқиндиларни ишқорий ёки магнезиал йўл билан фаоллаштириб цементсиз боғловчилар олиш мумкин. Пўлат эритиш тошқоли клинкер куйдириб олишда хом ашё аралашмаси компоненти ва минералловчи қўшимча, ғишт теришда қоришма тайёрлаш учун куйдирмасдан боғловчи, қурилиш қоришмалари ва бетон учун минерал тўлдиргич сифатида ишлатилади. Бироқ, пўлат эритиш тошқолини кенг миқёсда қўллашга ҳалақит берадиган энг катта тўсиқ, унинг таркибида эркин металл қолдиқлари мавжудлиги бўлиб, бу уларни магнит ёрдамида қайта саралашни тақозо қилади.

Тоғ-бойитиш корхоналарининг қолдиқ хом ашёлари қайта ишлангандан кейин, турли-туман қурилиш материаллари ва кимё маҳсулотлари ишлаб чиқариш учун бебаҳо хом ашё эканлиги аниқланган. Уларни кимёвий таркибининг муҳим жиҳатларидан бири,  $\text{CaO}$  и  $\text{SiO}_2$  миқдори юқорилиги,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – пастлигидир. Вольфрам рудаларини бойитиш чиқиндиларидан фойдаланиб кислотабардош боғловчилар, сопол кошинлар, бўғиқ сирлар, цемент клинкери ва ҳоказолар олиш мумкин. Вольфрам-молибден рудаларини бойитиш чиқиндиларини минерал хом ашё сифатида қўллаш ғишт, рангли шиша, кошинлар, уларни қоplash учун сирлар ва цемент ишлаб чиқариш борасидаги тажриба-тадқиқот ишлари билангина чекланган. Аммо, бу ишланмаларни барчаси фақат лаборатория тадқиқоти кўринишидагина бўлиб, саноатда қўлланмаган. Бундан ташқари, бу технологияларни ишлаб чиқаришда қўллаш учун, чиқиндиларни қайта ишлаб, таркибидаги қимматбаҳо ва нодир металлларни ажратиб олиш зарурлиги таъкидланган.

Хризотилцемент чиқиндилари ҳам турли хил қурилиш маҳсулотлари, клинкер ва қўшимчали цемент ишлаб чиқаришда бебаҳо хом ашё ресурси

эканлиги кўрсатилган. Уларнинг гидравлик фаоллигини ошириш учун куйдириш курилмаларида термик ишлов бериш лозимлиги қайд этилган, лекин бу ёндошув цемент корхоналари учун технологик ва иқтисодий жиҳатдан фойдали эмас. Шунинг учун, ушбу масалани цемент корхоналарининг мавжуд тузилмаси ва жиҳозларини ҳисобга олган ҳолда қулайроқ усулда хал қилиш долзарб муаммо бўлиб, унинг самарали ечимини топиш замон талабидир.

Илмий-техник адабиётларда пўлат эритиш, вольфрам рудаларни бойитиш ва хризотилцемент бумлар ишлаб чиқариш чиқиндиларидан бир йўла клинкер олиш учун хом ашё аралашмаси таркибида темирли минерализатор ва шартли алюмосиликат компонент сифатида, ҳамда кўшимчали цемент олишда минерал кўшимча сифатида комплекс фойдаланиш борасида маълумотлар деярли йўқ. Шундан келиб чиқиб, улардан цемент саноатида клинкер ишлаб чиқаришда ва кўшимчали цемент олишда комплекс хом ашё сифатида ишлатиш борасида тадқиқотлар ўтказиш бўйича диссертация йўналиши, мақсад ва вазифалари белгилаб олинган.

Диссертациянинг «**Дастлабки материалларнинг кимёвий-минералогик таркиблари, технологик хоссалари ва тадқиқотларни ўтказиш усуллари**» деб номланган иккинчи бобида иккиламчи хом ашё материалларнинг учта тури – «Ўзметкомбинат» АЖнинг қайта ишланган пўлат эритиш тошқоллари (бундан кейин-ҚИП-тошқол), Ингичка кони вольфрам рудаларини иккиламчи бойитиш чиқиндилари (бундан кейин-ВРБЧ) ва «Қизилқумцемент» АЖнинг ҳўл хризотилцемент чиқиндиларидан (бундан кейин - ХЦЧ) клинкер олиш учун хом ашё ва цементга минерал кўшимча сифатида фойдаланиш борасида тадқиқотлар олиб борилган. ҚИП-тошқолнинг магнит ёрдамида қайта бойитилган майда фракциясида  $\text{SiO}_2$  нинг миқдори 41,1% ва  $\text{MgO}$  18,75% ни, шағал қисмида эса уларнинг миқдори тегишлича 21,4% и 15,0% ни ташкил этади. Бошқа оксидларнинг миқдори бўйича манзара тесқари, яъни йирик фракцияда  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  ва  $\text{CaO}$  миқдори юқори, майдасида эса – нисбатан паст. Асосий (Мо) ва силикат (Мс) модуллари кўрсаткичлари бўйича тошқол шағали асосий (Мо=1,64; Мс=2,72), қум кўринишидаги тошқол эса (Мо=0,91; Мс=15,69) нордон тошқоллар гуруҳига қиради. ҚИП-тошқол таркибида периклаз, монтичеллит, окерманит, кварц, икки кальцийли феррит, кальций карбонат, кўчма қатор минераллари: учкальцийли алюминат, майенит и икки сувли гипс мавжуд. ҚИП-тошқолнинг технологик намунасида  $\text{MgO}$  миқдори 11,0 % ни ташкил этади. Бошқа оксидларнинг миқдори бўйича ( $\text{SiO}_2$  21,4-41,1%;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  2,62-11,0;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  11,4-16,87%;  $\text{CaO}$  21,1–32,9%) тошқол портландцемент клинкери ишлаб чиқариш учун хом ашё материалларга қўйилган талабларга мувофиқ келади. ВРБЧнинг кимёвий таркиби қуйидагича:  $\text{SiO}_2$ -47,50%;  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -6,10%;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ -14,3%;  $\text{CaO}$ -21,00%;  $\text{MgO}$ -2,10%, минералогик таркиби кальцит, дала шпати, гидрослюда, магнетит, пирротин, пирит ва волластонитдан иборат. Суюқланиш ҳарорати: бошланиши - 1130°C, охири-1160°C.

«Қизилқумцемент» АЖнинг ҳўл хризотилцемент чиқиндиси асосан гидратланган ва карбонатланган цемент зарраларидан ва қуруқ қолдиқда 10-20%ни ташкил этувчи майин титилган хризотил толаларидан иборат, асосий

оксидлар CaO и SiO<sub>2</sub> умумий миқдори (78,83-78,81)% ни ташкил этади, минералогик таркиби гидросиликатлар, гидроалюминатлар, кальций гидроксиди ва карбонати, ҳамда хризотилдан иборат. Ушбу бобда материалларни тайёрлаш учун жиҳозлар ва усуллар, тажриба-тадқиқотнинг ҳар бир турига тегишли синовлар ҳақида ҳам маълумотлар келтирилган.

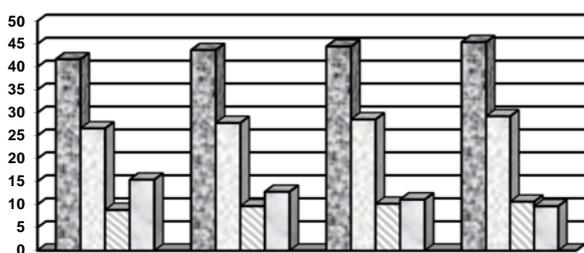
Диссертациянинг «ҚИП-тошқоли ва ВРБЧлардан комплекс фойдаланиб клинкер олишда хом ашё аралашмалари таркибини оптималлаштириш ва технологиясини ишлаб чиқиш» деб номланган учинчи бобида «Ўзметкомбинат» АЖ ҚИП-тошқоли ва Ингичка кони ВРБЧ ларидан хом ашё аралашмасига темирли ва шартли алюмосиликат компоненти сифатида фойдаланиб клинкерлар синтез қилиш борасидаги тадқиқотлар натижалари келтирилган. Тадқиқотларнинг биринчи қисмида «Ўзметкомбинат» АЖ ва «Бекободцемент» АЖнинг бир-бирига худудий яқинлигини ҳисобга олиб, хом ашё аралашмаларини таркибини ҳисоблашда «Балиқлитоғ» оҳактоши, Хилково кони соз тупроғи қабул қилинди.

Хом ашё аралашмалари модулларнинг қуйидаги қийматларида ҳисобланди: оҳак билан тўйиниш коэффиценти  $TK=0,86-0,92$ ; силикат модули  $n=1,73 - 2,4$ ; глинозем модули  $p=1,3-1,94$ . Таркиби (68,25-70,91) % оҳактош, (19,71-25,06) % соз тупроқ ва (7,59-13,20) % ҚИП-тошқолдан иборат бўлган хом ашё аралашмаларидан сульфатбардош цемент учун клинкер олинди. Бунда, тўйиниш коэффиценти  $TK=0,90$  ва  $n=1,17$ , ҳамда  $TK=0,85$  ва  $n=2,83$  бўлганда, C<sub>3</sub>Sнинг миқдори тегишлича 45,96 и 49,49% ни ташкил этган. Бу унинг чекланган миқдоридан (50% гача) кўп эмаслиги, бу клинкердан олинadиган цементнинг сульфатбардошлиги юқори бўлишини башорат этади (1а-расм).

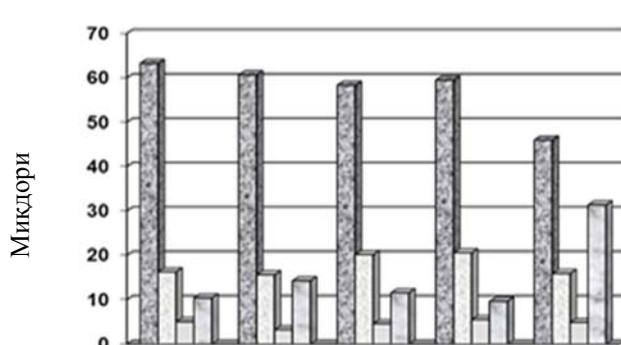
а) 1-C<sub>3</sub>S; 2-C<sub>2</sub>S; 3-C<sub>3</sub>A; C<sub>4</sub>AF

б)

1-C<sub>3</sub>S; 2-C<sub>2</sub>S; 3-C<sub>3</sub>A; C<sub>4</sub>AF



$TK=0,86$ ;  $TK=0,90$ ;  $TK=90$ ;  $TK=90$ ;  
 $n=2,83$ ;  $n=2,62$ ;  $n=2,81$ ;  $n=2,40$ ;  
 $p=1,10$ ;  $p=1,00$ ;  $p=1,10$ ;  $p=0,90$

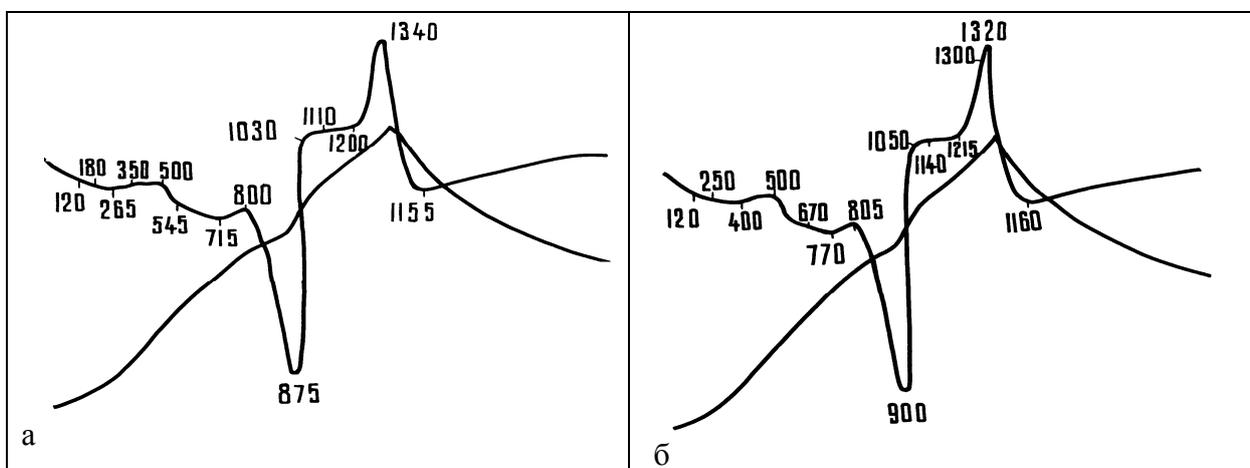


$TK=0,92$ ;  $TK=0,92$ ;  $TK=0,90$ ;  $TK=0,90$ ;  $TK=0,90$ ;  
 $n=2,96$ ;  $n=2,40$ ;  $n=2,40$ ;  $n=3,13$ ;  $n=1,17$ ;  
 $p=1,30$ ;  $p=0,90$ ;  $p=0,90$ ;  $p=1,30$ ;  $p=0,46$

**1-расм. КН=0,86 (а) ва 0,90 (б) бўлган клинкерларнинг минералогик таркиби.**

Тўйиниш коэффиценти  $TK=0,90-0,92$  ва  $n=2,0$  дан юқори бўлганда, клинкерлардаги C<sub>3</sub>S нинг миқдори 56,48- 63,24%, C<sub>3</sub>A-3,21-5,53% ва C<sub>4</sub>AF-9,63-31,34% бўлиши, улардан олинadиган цементларнинг фаоллиги етарлича юқори бўлишини башорат этди (1б-расм). Хом ашё аралашмалари куйдирилганда CO<sub>2</sub>нинг ажралиб чиқиб кетиши ва эркин CaO нинг клинкер минералларига боғланиб, тўла ўзлаштирилиш жараёни жадал кечади. Клинкер ҳосил бўлиши

ТК=0,85-0,87 бўлган хом ашё аралашмалари куйдирилганда 1350<sup>0</sup>Сда, ТК=0,90-0,92 бўлганда эса 1380-1420<sup>0</sup>Сда якунланди. ТК қиймати 0,85-0,87 бўлган хом ашё аралашмаларини куйдирилганда бўшроқ пишган, 0,90 и 0,92 да эса каттиқроқ пишган маҳсулот олинди. ТК 0,86 ва 0,90 бўлган клинкерларда эркин СаО миқдори 0,35 дан 0,38% гача, ТК 0,92 да эса 0,15% ни ташкил этди. Олинган натижалар хом ашё аралашмаси таркибидаги оҳактошни қисман (ўртача 10-15%) ҚИП-тошқол билан алмаштириш имконияти мавжудлигини кўрсатди. Бу демак, куйдиришга сарфланадиган иссиқлик ташувчининг сарфи 12-18% га камаяди. Синтез қилиб олинган клинкерлар асосий (СаО, SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) ва миқдори чекланган (MgO, SO<sub>3</sub>) оксидларининг миқдори ва модул кўрсаткичлари бўйича умумқурилиш ва сульфатбардош цементлар учун клинкерларга қўйилган талабларга мувофиқ келади (1-жадвал).



**2-расм. Умумқурилиш (а) ва сульфатбардош (б) цементлар учун клинкерларнинг хом ашё аралашмаларини ДТ эгри чизиқлари.**

Умумқурилиш (а) ва сульфатбардош (б) цементлар учун клинкер олиш учун таркибида ҚИП-тошқол тутган хом ашё аралашмалари қиздирилганда, уларнинг ДТ-чизиқларида 100-700<sup>0</sup>С ҳарорат оралиғида сув молекулаларининг чиқиб кетиши ва хом ашё аралашмасидаги алюмосиликат қисмининг полиморф ўзгаришлари билан боғлиқ иккита эндоэффект пайдо бўлган (2-расм).

Ҳарорат кўтарилиши билан 800-1140<sup>0</sup>С оралиғида суръати юқори бўлган битта эндоэффект пайдо бўлиши кузатилиб, бу оҳактош ва ҚИП-тошқол таркибидаги СаСО<sub>3</sub> парчаланганлигини кўрсатади. Тошқол таркибидаги магний ва темир оксидларининг каталитик таъсири остида хом ашё аралашмалари таркибидаги компонентларнинг ўзаро кимёвий таъсир жараёни тезлашади ва клинкерда 1320<sup>0</sup>С ва 1340<sup>0</sup>С ҳароратда силикат минералларнинг ҳосил бўлиши билан боғлиқ бўлган экзотермик эффект намоён бўлган. ҚИП-тошқоли клинкер куйдириш ҳароратини пасайишига ёрдам берувчи кристалл ташаббускор вазифасини бажарган.

## 1-жадвал

**Хом ашё аралашмаларининг моддий ва клинкерларнинг кимёвий таркиблари**

Хом ашё аралашмаларининг масса улуши, %	Клинкерларнинг кимёвий таркиби, масса %								
	қ.қ.й.	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O
<b>Хом ашё аралаш. №1</b> оҳактош - 66,82 соз тупроқ - 19,98 ҚИП-тошқол - 13,20	0,15	21,70	4,30	4,55	63,40	4,15	0,40	0,70	0,65
<b>Хом ашё аралаш. №2</b> оҳактош - 67,36 соз тупроқ - 19,71 ҚИП-тошқол - 12,93	0,20	21,23	4,30	4,60	63,60	4,34	0,42	0,75	0,56
<b>Хом ашё аралаш. №3</b> оҳактош - 70,62 соз тупроқ - 23,75 ҚИП-тошқол - 5,63	0,26	22,20	4,00	3,86	65,20	2,63	0,40	0,70	0,75
<b>Хом ашё аралаш. №4</b> оҳактош - 69,33 соз тупроқ - 23,08 ҚИП-тошқол - 7,59	0,15	22,30	4,50	3,65	64,62	3,43	0,35	0,58	0,42
<b>Хом ашё аралаш. №5</b> оҳактош - 68,25 соз тупроқ - 21,75 ҚИП-тошқол - 10,00	0,40	22,07	4,06	3,80	64,10	4,04	0,35	0,72	0,56
<b>Хом ашё аралаш. №6</b> оҳактош - 68,41 соз тупроқ - 23,93 ҚИП-тошқол - 7,66	0,22	23,00	4,28	3,99	63,70	3,18	0,45	0,68	0,50

Хом ашё аралашмаларини куйдиришда эркин СаОнинг энг кўп миқдори 1000<sup>0</sup>Сда ҳосил бўлди, унинг тўлиқ боғланиши ва клинкер ҳосил бўлиши 1380-1420<sup>0</sup>С яқунланди, бу эса анъанавий хом ашё материаллардан тузилган хом ашё аралашмаларини куйдириш ҳароратидан 50<sup>0</sup>С пастдир (2-жадвал).

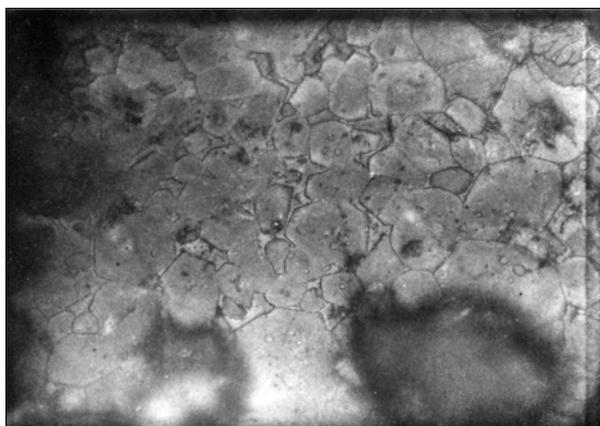
## 2-жадвал

**Куйдириб олинган намуналардаги эркин СаО миқдори**

Хом ашё аралашма рақами	Эркин оҳакнинг ( <sup>0</sup> С ҳароратдаги) миқдори, %								
	1000	1100	1200	1300	1350	1380	1400	1420	1450
№1	35,45	27,20	15,60	3,30	1,80	0,10	-	-	-
№2	35,40	26,80	15,20	3,80	2,10	0,20	-	-	-
№3	35,80	27,50	18,60	8,10	3,80	2,20	1,15	0,25	из.
№4	35,40	27,15	18,00	7,50	3,20	2,15	1,00	0,15	-
№5	35,45	27,20	18,60	6,65	3,20	1,98	0,80	сл.	-
№6	33,18	25,80	17,20	5,15	3,10	1,80	1,05	0,18	-

Тажрибада олинган клинкерларни юзасининг тузилиши майда заррали бўлиб, кальций силикатларнинг ўлчами 10-15 мк ни ташкил этади, структураси бир текис донадор тузилишга эга, алит гексагонал призмалар ва таблетка

ўхшаш шаклда, белит эса – шар ва овал кўринишда кристалланган. Алитнинг миқдори умумий массани 55-60 % ни ташкил этган. Ўлчами 1-2  $\mu\text{к}$  бўлган ўта майда заррали юпқа пардасимон алюмоферритли фаза кальций силикатлар заррачаларининг юзасида бир текис ёйилган ҳолда жойлашган (3-расм).



**3-расм. ҚИП-тошқолидан фойдаланиб тузилган хом ашё аралашмасини 1420°C да куйдириб тажрибада олинган клинкернинг микроузилиши (x 500).**

Тажрибада олинган клинкерлар асосидаги цементларнинг физик-механик хоссалари бир-бирига ўхшаш бўлиб, 1380-1420°C да куйдирилган клинкерлардан фаоллиги 41-43 МПа бўлган цементлар олиш таъминлаган ва 10-13 % ҚИП-тошқол тутган хом ашё аралашмаси энг мақбул таркиб деб танланган (3-жадвал). Физик-кимёвий усуллар билан тажрибада олинган цементлар қотаётганда гидратланиш, гидратли фазаларнинг таркиби ва цемент тошининг шаклланиш жараёни анъанавий портландцементники каби кечиши аниқланди. Мақбул гидратли структура шаклланиши туфайли, цементларнинг мустаҳкамлик кўрсаткичлари айни «Бекободцемент» АЖнинг цементи каби бўлган. ҚИП-тошқол тутган хом ашё аралашмаларининг қуйидаги кўрсаткичлари энг мақбул деб топилди: умумқурилиш цементлари учун клинкерларга -  $TK=0,90$ ;  $n=2,2$ ;  $p=1,71$  ва сульфатбардош цементлар учун клинкерларга -  $TK=0,90$ ;  $n=2,4$ ;  $p=1,93$ .

**3-жадвал**

**ҚИП-тошқолидан фойдаланиб тузилган хом ашё аралашмаси асосидаги клинкерлардан олинган цементларнинг технологик ва физико-механик хоссалари**

Цемент №	SO <sub>3</sub> , %	Майинлик (№008 элакдан ўтиши бўйича), %	М.к. %	С/Ц	Тишлашиш муддати		Мустаҳкамлик чегараси, МПа			
					бошлан h-min	тугаши h-min	3 сут.		28 сут.	
							этил.	сиқил.	этил.	сиқил.
№1	2,20	88,1	27,0	0,39	2-55	4-50	4,2	21,4	5,5	41,7
№2	2,40	89,2	27,0	0,40	2-50	4-40	4,3	21,4	5,6	43,0
№3	2,12	88,6	27,0	0,40	2-10	4-10	4,3	21,6	5,8	43,4
№4	2,42	88,4	27,0	0,39	2-50	4-45	4,2	20,4	5,4	42,4
№5	2,10	88,9	27,0	0,39	2-30	4-30	4,1	20,5	5,4	42,1
№6	2,45	88,8	27,0	0,39	2-35	4-50	4,1	19,6	5,4	40,1

Тадқиқотларнинг иккинчи қисмида, Ингичка рудабошқармасининг “Қизилқумцемент” АЖга ҳудудий яқинлигини ва унинг ВРБЧга реал

истеъмолчи бўлиши мумкинлигини ҳисобга олиб, клинкер олиш учун хом ашё аралашмалари таркибларини ҳисоблашда ушбу корхонада қўлланган хом ашё материаллардан (Кармана кони оҳактоши ва тупроқли сланецлар) фойдаланилди. Дастлабки материалларнинг кимёвий таркиблари 4-жадвалда келтирилган.

#### 4-жадвал

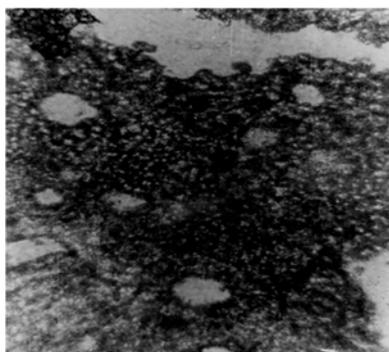
### ВРБЧдан фойдаланиб клинкер синтез қилиш учун хом ашё компонентларининг кимёвий таркиби

Намуна номи	к.м.й.	Оксидларнинг миқдори, масса %							Σ
		SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	R <sub>2</sub> O	
ВРБЧ	8,89	46,17	5,28	14,90	21,71	2,22	0,10	0,73	100,0
Кармана кони оҳактоши	42,01	1,09	0,37	0,29	53,67	1,21	0,23	1,13	100,0
Кармана тупроқли сланеци	5,70	58,66	15,08	6,47	4,27	4,07	0,83	4,92	100,0
Гипс тоши	22,31	0,12	0,80	0,08	31,64	2,10	42,75	0,20	100,0

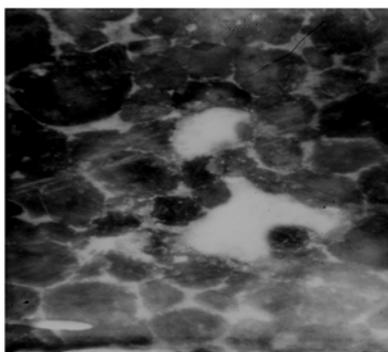
Хом ашё аралашмалари таркиблари куйидаги қийматларда ҳисобланди: ТК=0,85-0,92; n=2,40-2,54; p=0,82-1,50. Хом ашё аралашмаларининг реакцияга киришиш қобилятини ўрганиш (1100; 1200; 1300; 1400; 1450)<sup>0</sup>С ҳарораторалиғида 30 min. давомида олиб борилди ва ҳар бир ҳароратда таҳлил учун намуналар олинди. Аралашмаларни куйдиришда эркин СаОнинг энг кўп миқдорда ажралиб чиқиши 1100<sup>0</sup>С да юз берди ва у нисбатан паст ҳароратда жадал ўзлаштирилиб, 1400<sup>0</sup>С да куйган намуналарда 1% гача бўлди. 1450<sup>0</sup>С да 20 min. давомида синтез қилиб олинган клинкерларда эркин СаОнинг йўқлиги, таркибида 7,87% дан 13,28% гача ВРБЧ бўлган аралашмаларнинг реакцияга киришиш қобиляти юқорилиги кўрсатди. Куйдириш жарёнида хом ашё аралашмалари етилиб пишиб, клинкер минераллари ҳам яхши кристалланди (4-расм). Синтез қилиб олинган клинкерлар асосидаги цементларнинг 28 сутка қотгандан кейинги сиқилишга мустаҳкамлик чегараси 43,7-45,2 МПа ни ташкил этиб, бу кўрсаткич портландцементнинг 400 маркасини таъминлайди.

Диссертациянинг «**Минерал техноген чиқиндилардан комплекс фойдаланиб қўшимчали цементлар олиш технологиясини ишлаб чиқиш**» деб номланган тўртинчи бобида ишлатилган техноген чиқинди турига қараб, шартли равишда уч қисмга бўлинган: ҚИП-тошқоли (1-қисм), ВРБЧ (2-қисм) ва ХЦЧ (3-қисм).

Ишнинг биринчи қисмида ҚИП-тошқолнинг гидравлик фаоллигини Стъюдент мезони (t) бўйича аниқлаш борасидаги технологик синовлар ўтказилди. Олиб борилган синовлар ва статистик ҳисоб-китоблар асосида тошқолнинг 0-5 mm фракцияси учун t-мезоннинг қиймати 11,14 га тенглиги аниқланди ва бу унинг ушбу фракцияси мустаҳкамлик кўрсаткичи бўйича синовга дош берганлигини кўрсатди (t=11,14 > 2,07). Тошқолнинг 5-50 mm ўлчамли фракцияси учун t-мезоннинг қиймати 2,19 бўлиб, бу кўрсаткич ҳам унинг чекланган меъёрий қийматидан (t=2,07) юқорилиги сабабли, ундан цементга қўшимча сифатида фойдаланилди.



TK=0,92; n=2,51; p=1,30



TK =0,92; n=2,40; p=0,82



TK=0,90; n=2,50; p=1,25

**4-расм. Синтез қилинган клинкерларнинг микроструктураси.**

ҚИП-тошқоли кўшиб олинган портландцементларнинг мустаҳкамлик кўрсаткичи тошқолнинг миқдори ва гранулометриқ таркибига ҳам боғлиқлиги аниқланди: миқдори бир хил бўлган ҳолда, 0-5 мм фракция кўшилган цементларнинг мустаҳкамлик кўрсаткичи 5-50 мм ўлчамли фракция кўшилган цементниқига қараганда анча юқори бўлди (5-жадвал).

**5-жадвал**

**Кўшимчали цементларни мустаҳкамлигининг ҚИП-тошқолни тури ва миқдорига боғлиқлик ҳолда ўзгариши**

Тошқолни цементдаги Фракцияси (мм) ва миқдори, %	Мўтадил шароитда қотган цементларнинг мустаҳкамлик чегараси, МПа								
	Буғлатилганда		Қотиш муддати, сутка:						Марка
	Эгилиш	Сиқилиш	Эгилишга			Сиқилишга			
			2	7	28	2	7	28	
-	4,32	28,30	3,14	5,12	6,35	17,50	28,90	43,50	400
Фракция 0-5	4,25	27,50	2,65	5,10	5,74	13,50	27,00	<b>42,00</b>	400
	4,12	25,40	2,59	4,31	5,56	12,50	26,30	<b>39,90</b>	400
	4,80	24,60	2,32	3,49	5,36	10,80	22,80	37,80	300
Фракция5-50	4,29	26,20	2,55	4,29	5,52	12,70	26,60	<b>40,40</b>	400
	4,04	25,40	2,28	4,19	5,52	11,60	25,98	<b>39,70</b>	400
	3,24	22,20	1,96	3,36	4,49	10,00	23,70	33,20	300

Тошқолнинг миқдори билан цементнинг мустаҳкамлик кўрсаткичи ўртасида тесқари боғлиқлик мавжуд бўлиб, миқдор 30% гача ошганда, цемент тошининг мустаҳкамлиги пасаяди, бу эса, қотаётган «цемент-сув» тизимида қатта миқдорда Mg(OH)<sub>2</sub> - бруситнинг кристалланиб, ички қучланиш пайдо қилиши билан боғлиқдир, чунки MgОнинг миқдори кўшимчали цементлар таркибида 7,56 дан 8,0 % гача бўлиб, бу унинг чеклаб қўйилган миқдоридан (5%) кўпроқ. ҚИП-тошқолнинг майда фракцияси кўшилганда цементнинг энг яхши кўрсаткичларга эришилди. Клинкерни 15% тошқол билан алмаштирилганда, кўшимчали цементларнинг мустаҳкамлик даражаси кўшимчасиз цементниқи каби бўлди. Рентгенфазавий таҳлил кўшимчасиз цементлар 28 сутка қотганда Са(ОН)<sub>2</sub> (d/n=0,493; 0,263; 0,193 nm), кальций гидросиликатлари CSH(B) тури (d/n=0,307; 0,280 и 0,183 nm), эттрингит ёки монокарбонат (d/n=0,982 nm) ва СаSO<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O (d/n=0,798 nm), кўшимчали

цементнинг асосий гидратланиш маҳсулотлари эса эттрингит ва С-S-H гидро-силикат гели (ивифи)дан иборатлиги аниқланди. Гипснинг бир қисми клинкердаги С<sub>3</sub>А билан, бир қисми ҚИП-тошқолидаги алюминатли бирикмалар билан ўзаро таъсирлашиб, эттрингит ҳосил қилади, силикат қисми эса қуйи асосли кальций гидросиликатларига қайта кристалланади. Қўшимчали цементдаги ҚИП-тошқол ишқорли фаолантирувчи вазифасини ўтаб, унинг клинкер қисмини гидратланишини жадаллаштириб, 28 суткада гидратли структураси глобула-тангачасимон шаклдаги метамикт кўринишдаги зич жойлашган янги ҳосилалар қатламидан иборат сунъий конгломератни шакллантиради.

Қўшимчали цемент қотаётганда тузилиши деярли бир хил (икки сувли гипс, эттрингит ва гидросиликатларнинг нинасимон кристаллари) кристаллар ҳам, тузилиши билан фарқланадиган кристаллар ҳам (кальций гидроалюминати, гидроферрити ва гидорооксидларининг пластинкасимон кристаллари) ҳосил бўлади. Бундай ҳосилалар, цемент таркибидаги фаол клинкер қисмининг 15% га камайишига қарамай, қотаётган тизимда ўхшаш тузилишга эга турли кристалларнинг чатишиб яхлитланиши ҳисобига, цемент тошининг мустаҳкамлиги юқори бўлишини таъминлайди.

ҚИП-тошқолини комплекс ишлатишни назарда тутган технологик схема яратилган бўлиб, унга мувофиқ материал ёпиқ оморга жойлаштирилади ёки хом ашё хампасига тўкилади. Бошқа хом ашё компонентлар (оҳактош ва созтупроқ) ҳам худди шу тахлит сақланади. Тегирмонга улуши ўлчанган компонентлар солинади. Туйилган хом ашё аралашмаси силосларига жойланади. сўнгра у ердан ПЦ клинкери олиш учун куйдириш қурилмаси (хумдон)га йўналтирилади. Олинган клинкер анъанавий схема бўйича цемент тегирмонларида туйилади.

Ишнинг иккинчи қисмида ВРБЧни гидравлик фаоллигини O'z DSt 901-98 «Цементлар учун қўшимчалар. Фаол минерал қўшимчалар ва тўлдиргич-қўшимчалар. Техник шартлар» талабларига Стъюдент *t*-мезони бўйича мувофиқлигини аниқлашга ва улардан фойдаланиб қўшимчали цементлар олишга бағишланган. Тадқиқотларни ўтказиш учун «Қизилкумцемент» АЖ портландцемент клинкери, «INGIHSKI METALS» ҚК МЧЖнинг ВРБЧси, стандарт қум ва гипс тошидан фойдаланилди (6-жадвал).

**6-жадвал**

**Хом ашё компонентларнинг кимёвий таркиби**

Материаллар	Оксидларнинг миқдори, масса %							
	Қ.м.й.	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	Σ
Клинкер	0,75	20,54	5,19	3,56	62,04	3,60	0,62	96,3
Гипс тоши	19,10 400°C	1,52	0,13	0,14	33,04	0,20	43,46	97,59
ВРБЧ	4,89	46,17	5,28	14,90	21,71	2,22	изи	95,17

Ушбу чиқиндининг гидравлик фаоллиги қиймати Стъюдент мезони (*t*) бўйича 4,54 га тенг бўлиб, бу қиймат унинг меъёрланган қиймати 2,07дан

юқорилиги сабабли, ундан қўшимчали цементлар олишда фойдаланиш мумкин. ВРБЧдан (10-20) % қўшилган цементларнинг туйилиш майинлиги деярли қўшимчасиз цементники каби № 008 элакдаги (8-11) % қолдиқ билан ифодаланди. Қўшимчали цементларнинг 28 суткадаги сиқилишга мустаҳкамлиги (36,7-41,8) МРа бўлиб, қўшимчасиз цементнинг мустаҳкамлигига нисбатан (2-4) % юқори (7-жадвал).

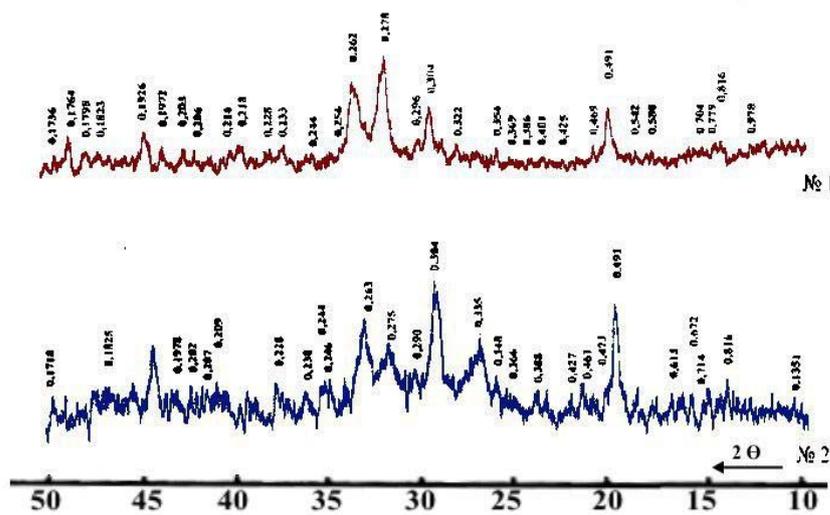
Қўшимча миқдорининг 20% гача кўпайиши унинг мустаҳкамлик кўрсаткичини кескин (10,4 % га) пасайишига олиб келди. Клинкер қисми нисбатан кам (15%га) бўлган портландцементни гидратланиш жараёнига ВРБЧнинг ижобий таъсири, вольфрам рудаларини бойитиш ва ҳосил бўлган қолдиқни қайта ишлаш жараёнида чиқинди таркибидаги кумтупроқ (кремнезем) зарраларининг механик таъсир остида фаолланиши туфайли деб талқин этилди. Майин туйилган ВРБЧ иштирокида  $C_3S$ нинг гидролизланиши ва суюқ фазага  $Ca^{2+}$  ионларини ажратиб чиқариши тезлашади. Бунинг сабаби шундаки, клинкер, гипс ва ВРБЧни биргаликда туйилганда, чиқинди таркибидаги кум зарралари механик таъсир остида қўшимча равишда фаолланади ва унинг ўта майин заррачалари реакцияга киришаётган муҳитнинг бутун ҳажми бўйлаб бир текис тарқалиши сабабли  $Ca^{2+}$  ва  $OH^-$  ионларининг майин туйилган кум заррачалари юзасига қараб ҳаракатланиши осонлашади, натижада уларнинг кум заррачалари юзасида ютилиши тезлашиб, қотаётган «туйилган клинкер-ВРБЧ-гипс-сув» тизимидаги ғовакликларда  $Ca(OH)_2$  кристалланиши ва ўсиши тезлашади. Реакция муҳитидан  $Ca^{2+}$  ионларининг тез

7-жадвал

#### ВРБЧ қўшилган цементларнинг физик-механик хоссалари

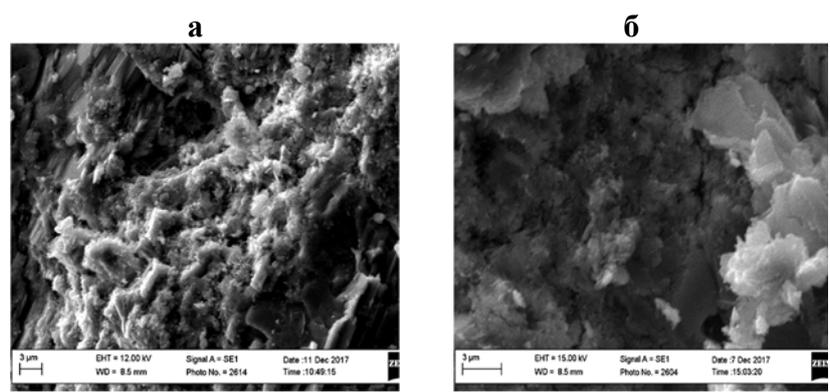
Цемент-нинг шартли белгиси	м.к., % %	Тишлашиш муддати, соат - min		Мустаҳкамлик чегараси, МРа, $R_{г.}/R_{сик.}$			Сиқилишга мустаҳкамлик % ПЦ Д0 дан	Марка
		Боши	Охири	3сут	7сут	28 сут		
ПЦ Д0	4,3	2-15	3-30	$\frac{5,4}{20,1}$	$\frac{5,4}{28,0}$	$\frac{6,8}{40,2}$	100	400
ПЦ Д10	4,8	2-55	3-40	$\frac{5,4}{26,8}$	$\frac{5,6}{30,0}$	$\frac{7,6}{41,0}$	102	400
ПЦ Д15	5,4	2-45	3-35	$\frac{5,6}{27,0}$	$\frac{5,9}{36,0}$	$\frac{7,5}{41,8}$	104	400
ПЦ Д20	6,0	2-55	4-00	$\frac{4,3}{12,5}$	$\frac{4,8}{24,0}$	$\frac{5,9}{36,7}$	91	300

чиқиб кетиши, суюқ фазада  $Ca^{2+}$  ионларига нисбатан «ташналик» пайдо қилади, бу эса  $C_3S$  гидролизланишини ва суюқ фазага  $Ca^{2+}$  ионларининг кўпроқ ўтишини таъминлаб, сунбий конгломерат структураси ва мустаҳкамлиги шаклланишини жадаллаштиради. ВРБЧ қўшилган цементларнинг дифрактограммаларида кальций гидросульфоалюминатларининг моно- ва уч сульфатли турларини  $d/n=0,978; 0,816; 0,779; 0,704$  nm даги чизиқлари суръати қўшимчасиз цементникига нисбатан анча юқори (5-расм).



**5-расм.**  
**Қўшимчасиз (№ 1)**  
**ва 15% ВРБЧ**  
**қўшилган аралаш**  
**цементнинг (№2)**  
**28 сутка давомида**  
**қотгандаги**  
**диффрактограммаси**

Кальций гидросиликатлари гуруҳига мансуб  $d/n=0,491; 0,304; 0,297; 0,240; \dots$  nm даги C-S-H (II) чизиғининг ҳам суръати нисбатан юқори, ва вақт ўтиши билан янада ошган, гидросиликатнинг C-S-H (I) турига мансуб  $d/n = 0,135$  nm чизиғининг ўлчами эса янада катталашган. Бу эса,  $C_3S$  гидролизга учраганда ва гидратланганда ажратиб чиқадиган оҳакни ютиш жараёнига ВРБЧнинг пуццолан таъсир кўрсатиб, қўшимча миқдорда гидросиликатлар ҳосил бўлишини кўрсатади. Намуналарнинг дифференциал-термик эгри чизиқларида сувнинг кальций гидроалюминат- ва гидросульфалюминати таркибидан чиқиб кетишини тавсифловчи эндотермик тўхташнинг  $138-150^\circ\text{C}$  даги чуқурлиги 7 суткагача иккала цементда ҳам деярли бир хил. Қўшимчали цементнинг 28 суткада қотган тошининг термик эгри чизиғида юқоридаги ҳароратдаги эндоэффект қўшимчасиз цементниқига нисбатан биров чуқурлашган. Кальций гидросиликатларини  $700-800^\circ\text{C}$  ҳароратдаги энг кўп миқдорда термик парчаланишига тегишли  $708-778^\circ\text{C}$  даги эндоэффектларни ўлчами қўшимчали цементнинг 1-28 сутка давомида қотган тошларини термик эгри чизиқларида нисбатан яққолроқ бўлиб, бу гидратли бирикмаларни миқдори кўпайганлигини кўрсатади. Қўшимчали цементда клинкер миқдори кам бўлишига қарамай, унинг 28 сутка қотган тошининг синган бўлагини юзаси кам ғовакли ва тузилиши зичланган, кристалланган маҳсулотларни чатишиш даражаси ҳам юқори (6-расм).



**6-расм. Қўшимчали (а)**  
**ва қўшимчасиз (б)**  
**цементларни 28 сутка**  
**қотган тошини синган**  
**юзасининг электрон**  
**микроскопда олинган**  
**расмлари**

Ишнинг учинчи қисмида клинкер ишлаб чиқаришда хризотилцемент чиқиндиларни қўллаш усулини ва улардан фойдаланиб цемент олиш технологиясини ишлаб чиқишга бағишланган. Хўл ХЦЧлар 1000°Сда иссиқ ишлов берилган клинкер билан 30 дақиқа давомида аралаштирилди. Қурук ХЦчиқиндилар эса клинкерга 100°С иссиқ ишлов берилгандан сўнг қўшилди. Термофаоллаштирилган ХЦЧ мақбул миқдорда (3-5) % қўндирма-қўшилма кўринишида қўшилган клинкерлардан олинган цементларнинг маркаси 400 ни ташкил қилди (8-жадвал). Улар физик- механик хоссалари бўйича хризотилцемент буюмлар ишлаб чиқаришда қўллашга тавсия этилди (9-жадвал).

«Қизилкумцемент» АЖда цемент ишлаб чиқариш жараёнининг технологик тизимига ХЦЧни печдан чиқиб чўғланиб турган клинкер қатламида термофаоллаштириш босқичи киритилди (7-расм).

#### 8-жадвал

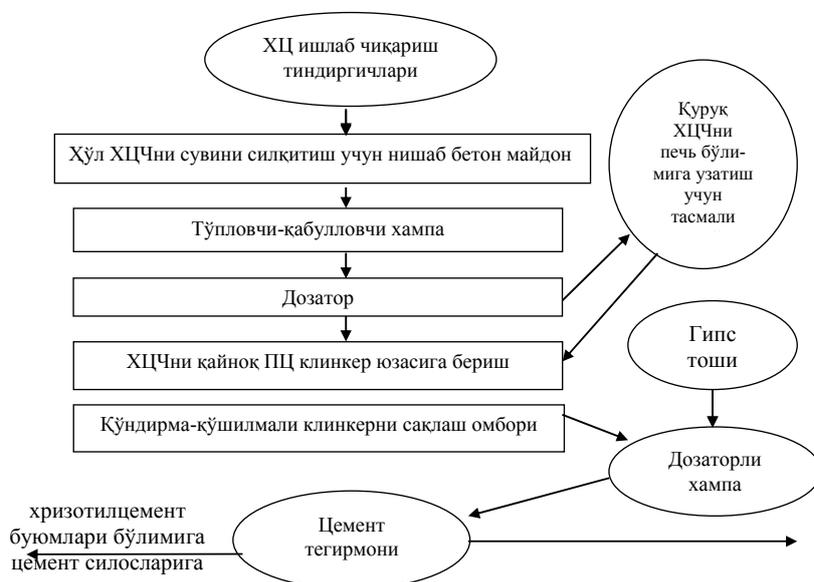
**Тажрибада олинган портландцементларнинг ГОСТ 10178-85 “Портландцемент ва шлакопортландцемент. Техник талаблар”га мувофик синов натижалари**

Цементни шартли белгиси	Клинкер	Гипс	ҚХЦЧ	ТХЦЧ	эгилишга	сиқилишга
ПЦ Д0	95	5	-	-	<b>6,28</b>	<b>41,2</b>
ПЦ Д3	92	5	3	-	6,05	36,6
ПЦ Д5	90	5	5	-	6,34	37,6
ПЦ Д10	85	5	10	-	5,67	34,6
<b>ТПЦ Д3</b>	<b>92</b>	<b>5</b>	-	<b>3</b>	<b>5,99</b>	<b>41,6</b>
<b>ТПЦ Д5</b>	<b>90</b>	<b>5</b>	-	<b>5</b>	<b>6,05</b>	<b>43,2</b>
ТПЦ Д10	85	5	-	10	5,82	35,0

Ташкилот стандартлари Ts № 00295455-016:2016 «Хом ашё иккиламчи хризотилцементли. Техник шартлар», Ts № 00295455-04:2015 «Клинкер термофаоллаштирилган қўндирма-қўшилмали. Техник шартлар», тадқиқот натижалари киритилиб қайта ишланган O'z DSt 913:2017«Хризотилцемент буюмлар ишлаб чиқариш учун портландцемент. Техник шартлар» «Ўзстандарт» агентлигида рўйхатдан ўтказилди. «Қизилкумцемент» АЖда технологик линия қурилиб ишга туширилди, цемент ишлаб чиқариш технологик тизимига қисман ўзгартиришлар киритилди. Хўл ХЦЧларни қайноқ клинкер қатламига ташлаб ХЦЧ қўндирма-қўшилмали клинкер олиш усули ва ХЦ буюмлар учун портландцемент ишлаб чиқариш технологияси жорий этилди.

Диссертациянинг «Цемент ишлаб чиқаришда техноген чиқиндилардан комплекс фойдаланиб ишлаб чиқилган технологияларнинг иқтисодий самарадорлиги ва жорий этиш ҳолати» деб номланган бешинчи бобида техноген хом ашё ресурсларидан цемент ишлаб чиқаришда комплекс фойдаланиш бўйича олиб борилган тажриба-саноат синовлари натижалари келтирилди ва ишлаб чиқилган технологияларнинг- иқтисодий самарадорлиги

кўрсатилди. ҚИП-тошқолдан фойдаланиб қўшимчали цементларни ишлаб чиқариш бўйича Бекобод шахридаги «ZAFAR QURILISH INVEST» МЧЖнинг майдалаш бўлинмасида «Ўзметкомбинат» АЖдан ажратилган 6 тонна ҚИП-тошқоли қўшилган 400 маркали қўшимчали цементнинг 20 тонна тажриба-саноат тўпи ишлаб чиқарилди.



**7-расм. Термофаоллашган ХЦЧ қўндирма-қўшилмали клинкер ва ундан портландцемент олишнинг умумий технологик тасвири**

**9-жадвал**

**Тажрибада олинган портландцементларни О'z DSt 913 «Хризотилцемент буюмлар ишлаб чиқариш учун портландцемент. Техник талаблар»га мувофиқ синов натижалари**

Цемент	Цементларнинг таркиби, %				Тишлашиш муддатлари, ч-мин		Мустаҳкамлик чегараси, МПа:			
	Клинкер	Гипс	ҚХЦЧ	ТХЦЧ	боши	охири	эгилишга		сиқилишга	
							1сут	7сут	3сут	7сут
ПЦ Д0	95	5	-	-	2-30	4-00	4,33	4,90	<b>20,2</b>	<b>27,8</b>
ПЦ Д3	92	5	3	-	2-10	3-35	4,20	4,84	16,9	24,2
ПЦ Д5	90	5	5	-	2-00	3-25	3,93	5,14	17,9	25,6
ПЦ Д10	85	5	10	-	1-55	3-30	3,68	4,93	15,9	24,2
<b>ТПЦ Д3</b>	<b>92</b>	<b>5</b>	<b>-</b>	<b>3</b>	<b>2-05</b>	<b>3-40</b>	<b>2,68</b>	<b>4,20</b>	<b>20,8</b>	<b>28,0</b>
<b>ТПЦ Д5</b>	<b>90</b>	<b>5</b>	<b>-</b>	<b>5</b>	<b>2-15</b>	<b>3-30</b>	<b>2,98</b>	<b>4,24</b>	<b>21,8</b>	<b>30,0</b>
ТПЦ Д10	85	5	-	10	2-25	3-10	2,65	41,3	17,9	24,8

«Қизилқумцемент» АЖда 15% ВРБЧ қўшилган қўшимчали цементни 400 маркали 600 тонна саноат-тажриба тўпи ишлаб чиқарилди.

«Қизилқумцемент» АЖда термофаоллаштирилган ХЦЧ қўндирма-қўшилмали клинкер ва ундан 1000 тонна 400 маркали ХЦП цементнинг тажриба-саноат тўпи ишлаб чиқарилди ва ундан саккиз тўлқинли 40/150 профил листларнинг саноат-тажриба тўплари ишлаб чиқарилди.

«Қизилқумцемент» АЖда ҳарорати 100-120°C бўлган иссиқ клинкер қатламида куритилган хризотилцемент чиқиндилар кўшилган 400 маркали кўшимчали цементнинг 700 тонна саноат-тажриба тўпи ишлаб чиқарилди ва у ҳам хризотил буюмлар ишлаб ишлаб чиқаришда қўлланди.

## ХУЛОСА

1. Илмий-техник адабиётлар ва патент маълумотларини таҳлил этиш натижасида, қайта ишланган пўлат эритиш тошқолини, вольфрам рудаларини иккиламчи бойитиш чиқиндисини, хризотилцемент буюмлар ишлаб чиқаришдаги ҳўл чиқиндиларни клинкер куйдириб олиш учун хом ашё аралашмаси компоненти ва цементга кўшимча сифатида комплекс ишлатилиши асослаб берилган.

2. Қайта ишланган пўлат эритиш тошқоли, вольфрам рудаларини бойитиш иккиламчи чиқиндилари ва хризотилцемент чиқиндиларидан цемент саноатида комплекс фойдаланилиши назарий ва амалий жиҳатдан асослаб берилган.

3. Янги хом ашё аралашмаларининг куйдириш жараёнида реакцияга киришиш қобилияти юқорилигини ҳисобга олган ҳолда, уларнинг таркиблари ва куйдириш жараёнининг кўрсаткичларини оптималлаштириш таклиф этилган.

4. Умумқурилиш ва сульфатбардош цементларга клинкер учун ҚИП-тошқол ва ВРБЧ хом ашё аралашмасини куйдириш жараёнида  $\text{CaCO}_3$ ни парчаланиши, эркин  $\text{CaO}$  ажралиб чиқиши ва унинг  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ва  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  билан таъсир реакциясини тезлашиши ва тўла ўзлаштирилиши ҳамда клинкер минераллари тўла ҳосил бўлишини нисбатан паст ҳароратда - 1380-1400°C да амалга ошириш таклиф этилган.

5. Синтез қилинган клинкерлар асосидаги цементлар қотаётганда гидратланиш, цемент тоши фаза таркибини ва структурасини шаклланиш жараёнлари анъанавий таркибдаги хом ашёлардан олинган цемент дисперсияларининг гидратланиш жараёнида кечадиган «таркиб-структура-хосса» ўзаро боғлиқлиги қонуниятларига бўйсунуши туфайли, қотаётган тизимда ўхшаш тузилишли (икки сувли гипсинг, эттрингит ва гидросиликатларнинг нинасимон кристаллари) ва тузилиши ўхшамайдиган (гидроалюминатлар, гидроферритлар, кальций гидроксидининг пластинкасимон, куб шаклидаги кристаллари) турли хил кристалл ҳосилаларнинг ўсиб чатишиши тезлашиши, ва цементда клинкер улушининг камайганлигига қарамай, қотган тошнинг зичлиги ва мустаҳкамлиги юқори бўлишини таъминлаш таклиф этилган.

6. ҚИП-тошқол ва ВРБЧдан хом ашё аралашмасининг темирли минерализатори, шартли карбонатли ва алюмосиликатли компонентлари, ва кўшимчали цемент олишда тўлдиргич-кўшимча сифатида фойдаланиб, клинкер ва кўшимчали цемент олишнинг ишлаб чиқилган технологик тизими, жараённинг вақтинчалик технологик йўриқномаси, цемент таркибидаги қумтупроқнинг масса улушини аниқлаш услуби амалда қўллашга тавсия этилган.

7. Қайта ишланган пўлат эритиш тошқоли ва вольфрам рудаларини иккиламчи бойитиш чиқиндиси асосида кўшимчали портландцемент олиш технологияси цемент саноатида жорий қилишга тавсия этилган.

8. Хўл хризотилцемент чиқиндиларининг чўғланиб турган клинкер юзаси билан тўқнашганда, ундаги ғовакларга ўтириб сувсизланиши ҳисобига фаол кўндирма-кўшилма ҳосил қилиш усули ишлаб чиқилган ва қўллашга тавсия этилган.

9. Хўл ХЦЧларни айланма печдан (1000-1200)°С ҳароратда чўғланиб чиқаётган ва совутгичга тушаётган қайноқ клинкер қатламида термофаоллаштириб, ХЦЧ кўндирма-кўшилмали клинкер олишнинг ишлаб чиқилган усули ва технологияси жорий қилишга тавсия этилган ва цемент саноатида қўлланган.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ  
DSc.27.06.2017.Т.04.01 ПРИ ТАШКЕНТСКОМ ПРИ  
ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ**

---

**ИНСТИТУТ ОБЩЕЙ И НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ**

**АТАБАЕВ ФАРРУХ БАХТИЯРОВИЧ**

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ МАЛОЭНЕРГОЕМКИХ  
КЛИНКЕРОВ И ЦЕМЕНТОВ НА ОСНОВЕ МИНЕРАЛЬНЫХ  
ВТОРИЧНЫХ СЫРЬЕВЫХ РЕСУРСОВ**

**02.00.15 – Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов**

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

**Ташкент – 2018**

**Тема диссертации доктора наук (DSc) зарегистрирована под B2017.2.DSc/T118 Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан.**

Диссертация выполнена в Институте общей и неорганической химии

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице Научного совета по адресу: [www.tkti.uz](http://www.tkti.uz) и информационном портале "ZiyoNet" по адресу ([www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz)).

**Научный консультант:**

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

**Официальные оппоненты:**

**Рахимов Рахимбой Атажанович**  
доктор технических наук, профессор

**Тулаганов Абдукобил Абдунабиевич**  
доктор технических наук, профессор

**Таймасов Бахитжан**  
доктор технических наук, профессор

**Ведущая организация:**

**Ташкентский архитектурно-строительный институт**

Защита диссертации состоится «\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 г. в «\_\_» часов на заседании Научного Совета DSc.27.06.2017.T.04.01 при Ташкентском химико-технологическом институте по адресу: 100011, г. Ташкент, ул. Навои, 32. тел. (+99871) 244-79-21; факс: (99871) 244-79-17; e-mail: [tkti-info@mail.ru](mailto:tkti-info@mail.ru)

Диссертация зарегистрирована в Информационно-ресурсном центре Ташкентского химико-технологического института за № \_\_\_\_\_, с которой можно ознакомиться и ИРЦ (100011, г. Ташкент, ул. Навои, 32. тел. (+99871) 244-79-21.

Автореферат диссертации разослан «\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 года  
(протокол рассылки № \_\_\_\_\_ от «\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 года)

**С.М. Туробжонов**

Председатель научного совета по  
присуждению ученой степени доктора  
наук, д.т.н., профессор

**А.С. Ибадуллаев**

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

**М.Х. Арипова**

Председатель научного семинара при  
научном совете по присуждению ученой  
степени доктора наук, д.т.н., профессор

## ВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора наук (DSc))

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** На сегодняшний день в мире из-за быстрого развития строительной отрасли растет потребность на цемент. В этой связи одним из приоритетов отрасли строительных материалов является увеличение производства цемента. В то же время большое внимание уделяется улучшению качества цемента, усовершенствованию технологических процессов и снижению себестоимости продукции.

В мировом масштабе особое внимание уделяется разработке технологий производства малоэнергоемких клинкеров и цементов, и одной из важнейших задач исследований, проводимых в этом направлении, является разработка технологии получения высококачественных цементов с использованием местного сырья и техногенных отходов. При разработке технологии получения малоэнергоемких клинкеров и цементов необходимо обосновать ряд соответствующих научных решений, в том числе по следующим направлениям: разработка новых методов производства цемента на основе нанотехнологии; повышение антикоррозионных свойств сульфатостойких цементов; дальнейшее сокращение времени твердения пуццолановых цементов во влажных условиях и в воде; выбор оптимальных составов композиционных добавок при получении добавочных цементов; дальнейшее совершенствование технологий получения белого и цветного портландцемента.

В нашей республике цементная промышленность развивается, осуществляется ряд работ и достигнуты определенные успехи по модернизации действующих предприятий, получению новых видов цемента на основе местного сырья, строительству современных цементных заводов, приспособленных к условиям регионов нашей республики, увеличению производства объемов выпуска новых видов цементов для их экспорта. В Стратегии развития дальнейшего развития Республики Узбекистан определены задачи «развития отраслей промышленного производства, модернизации и диверсификации промышленности, применение на практике малозатратных энергосберегающих методов, развития цементной промышленности, изготовление импортозамещающей и экспорто-ориентированной продукции»<sup>1</sup>. В этом аспекте, для получения малоэнергоемких клинкеров и добавочных цементов, особое значение имеют научные исследования, направленные на производство недорогих и высококачественных цементов с использованием местного сырья и техногенных отходов.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в постановлениях и указах Президента Республики УП №-4947 от 7 февраля 2017 года «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан», ПП №-2915 от 21 апреля 2017 года «Правовые основы деятельности инспекции по контролю за образованием, сбором, хранением, перевозкой, утилизацией, повторной переработкой,

---

<sup>1</sup> Указ Президента Республики Узбекистан УП-4947 от 7 февраля 2017 года «О стратегии действия по дальнейшему развитию Республики Узбекистан».

захоронением, реализаций отходов при государственном комитете по экологии и охраны окружающей среды Республики Узбекистан», ПП №-3696 от 4 мая 2018 года «О дополнительных мерах по стабильному обеспечению внутреннего рынка цементом», а также в других нормативно-правовых документах, приняты в данной сфере.

**Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики.** Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологии республики VII. «Химическая технология и нанотехнология».

### **Обзор зарубежных научных исследований по теме диссертации<sup>2</sup>.**

Научные исследования в направлении синтеза клинкеров и получения добавочных цементов, осуществляются в ведущих научных центрах и высших образовательных учреждениях мира, в том числе, Cement Manufacturers Association of India, Sanghi Industries Ltd и Ultra Tech Ltd (Индия), CEMBUREAU–(Бельгия), Heidelberg Cement Group, Bau-Haus Universität ва VDZ-Verein Deutscher Zementwerke (Германия), Российском химико-технологическом университете и Казанском архитектурно-строительном университете, «Евроцемент групп» (Россия), Южно-Казахстанском Государственном университете (Казахстан), Aslan Çimento AŞ (Турция), Gambarotta Gschwendt (Италия), Whitehopleman (Англия), CNBM Engineering Co Ltd (Китай), Ташкентском химико-технологическом институте, Институте общей и неорганической химии (Узбекистан).

В результате исследований, проведенных в мире по совершенствованию технологии производства цемента, получены ряд научных результатов, в том числе: разработано новое модельное оборудование для улучшения качества клинкера и, следовательно, свойств цемента разработаны новые виды оборудования для улучшения качества клинкера и, следовательно, цемента (CNBM Engineering Co Ltd, Китай); разработаны составы высокомарочных цементов, отвечающие требованиям мировых стандартов по прочности («Евроцемент групп», Россия); разработаны технологии производства добавочных и сульфатостойких цементов с высоким содержанием электротермофосфорного шлака (Южно-Казахстанский Государственный университет, Казахстан); пуццолановых цементов (Ultra Tech Cement Ltd, Индия); разработаны составы и технологии получения карбонат-, глинозем- и сульфоалюминатсодержащих специальных видов добавочных цементов (Российский химико-технологический университет и Казанский архитектурно-строительный университет, Россия); усовершенствованы технологии получения высококачественных цветных цементов (Cement Manufacturers Association of India, Индия); произведены цементы с различными композиционными добавками (Aslan Çimento AŞ, Турция).

---

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

В мире по усовершенствованию технологий производства цемента проводятся исследования по ряду приоритетных направлений, в том числе: формирование состава малоэнергоёмких сырьевых смесей в производстве клинкера; экономия природного сырья и использование минеральных техногенных отходов; разработка энергосберегающей технологий при обжиге клинкера; разработка состава активных минеральных добавок, позволяющих максимальную экономию клинкера; разработка эффективных составов и технологий получения добавочных, пуццолановых и цементов с композиционными добавками.

**Степень изученности проблемы.** Научными исследованиями по получению малоэнергоёмких клинкеров и добавочных цементов занимались А.А. Пашенко, В.В. Тимашев, Л.М. Шпынова, Т.В. Кузнецова, А.С. Болдырев, И.Н. Борисов, О.А. Мирюк, И.Г. Лугинина, Е.С. Горшков, В.К. Классен, И.В. Кравченко, Л.Я. Гольдштейн, А. Таеб, S. Faghihi, Muhmood Luckman, Zhao Qinglin, Cheng Xin, S.Cerjan-Stefanovic, М.Г. Гулямов, Т.А. Рагозина, С.М. Канцепольский, М.Я. Бикбау, Т.А. Атакузиев, Б.И. Нудельман, Б.Т. Таймасов, М.И. Искандарова, З.П. Пулатов, А.А. Тулаганов и др.

В результате проведенных исследований определены синтез и гидратация вяжущих материалов; изучены физико-химические основы формирования микроструктуры цементного камня; изложены исследования по поводу снижения температуры обжига портландцементного клинкера; изучен механизм возникновения новообразований при обжиге сырьевых смесей при использовании базальтовых пород; предложено использование техногенных отходов в качестве сырья при производстве добавочных цементов.

Вместе с тем, проводятся научно-исследовательские работы по получению клинкеров и цементов на основе различных шлаков и отходов в плане изучения: производства алинитовых, сульфоалюминатных и сульфоферритных клинкеров; физико-механических и технологических свойств композиционных цементов; механизмов гидратации наноцементов для бетона; уменьшение производственных расходов; разработки малоступенчатой и энергоэкономичной технологии производства добавочных цементов.

**Связь темы диссертации с научно-исследовательскими работами высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация.**

Диссертационное исследование выполнено в рамках плана научно-исследовательских работ прикладных и инновационных проектов Института общей и неорганической химии: ФА-А13-Т162 «Рациональная технология комплексного использования переработанных сталеплавильных шлаков при производстве клинкера и цемента» (2013-2015 гг.); 2-ФА-0-52470 «Промышленное освоение энерго- и ресурсосберегающей технологии производства клинкера и цемента с комплексным использованием сталеплавильных шлаков АПО «Узметкомбинат»» (2014-2015 гг.); ФА-И7 ТО24 «Внедрение эффективной технологии утилизации отходов асбестоцементного производства для получения портландцемента» (2015-2016 гг.); ФА-А13-139 «Энерго- и ресурсосберегающая технология использования

хвостов обогащения вольфрамовых руд для производства добавочного цемента» (2015-2017гг.).

**Целью исследования** является разработка технологии получения портландцементного клинкера, также добавочных цементов на основе местного сырья и техногенных отходов.

**Задачи исследования:**

изучение химико-минералогического состава и свойств сталеплавильных шлаков, отходов вторичного обогащения вольфрамовых руд и хризотилцементных отходов;

физико-химическое исследование реакционной способности новых сырьевых материалов в процессе их обжига, оптимизация их состава и показателей процесса обжига клинкера;

разработка метода термоактивации хризотилцементных отходов при получении клинкера;

разработка технологии производства добавочного портландцемента с использованием клинкеров с добавкой-присадкой термоактивированных хризотилцементных отходов;

изучение физико-механических свойств портландцементов, полученных на основе сталеплавильного шлака и отходов обогащения вольфрамовых руд;

изучение процессов гидратации и структурообразования в многокомпонентных системах «молотый клинкер+гипс+ПСП-шлак+вода» и «молотый клинкер+гипс+ООВР+вода» и установление закономерностей корреляционной взаимосвязи закономерности «состав-структура-свойства» при формировании цементного камня.

разработка технологии получения добавочного портландцемента на основе переработанного сталеплавильного шлака и отходов вторичного обогащения вольфрамовых руд;

**Объектом исследования** являются переработанные сталеплавильные шлаки, отходы вторичного обогащения хвостов вольфрамовых руд, влажные хризотилцементные отходы, клинкеры и добавочные цементы с их использованием.

**Предметом исследования** являются синтез клинкеров, получение добавочных цементов с комплексным использованием переработанных сталеплавильных шлаков, отходов вторичного обогащения вольфрамовых руд, влажных хризотилцементных отходов и исследование их процессов твердения, создание и освоение технологий их производство.

**Методы исследования.** В диссертационной работе использованы стандартные методы изучения технологических свойств сырьевых материалов и техногенных отходов, расчета сырьевой смеси, физико-механического испытания цементов, физико-химического исследования процессов минералообразования при синтезе клинкеров, процессов гидратации и формирования микроструктуры искусственного конгломерата при твердении добавочных цементов с применением методов рентгенофазового, дифференциально-термического анализа и электронной микроскопии.

**Научная новизна исследования** заключается в следующем:

разработаны сырьевые смеси для получения клинкера с использованием в качестве сырьевых компонентов переработанных сталеплавильных шлаков, отходов вторичного обогащения вольфрамовых руд и хризотилцементных отходов и оптимизированы их составы по количеству основных клинкерных минералов;

доказана реакционная способность сырьевых смесей нового состава и процесс образования клинкерных минералов в них под высокотемпературным воздействием;

определены оптимальные химико-технологические параметры сырьевых смесей для обжига клинкера, составленных с использованием минеральных техногенных отходов и физико-механические свойства цементов, полученных из этих клинкеров;

оптимизированы составы добавочных цементов, исходя из необходимых свойств переработанных сталеплавильных шлаков и отходов вторичного обогащения вольфрамовых руд в качестве добавок для цемента и разработаны технологии их получения;

доказана взаимосвязь между физико-механическими свойствами добавочных портландцементов нового состава с физико-химическими превращениями при их твердении, структурой цементного камня и формировании их физико-механических свойств;

разработаны способ повышения гидравлической активности влажных хризотилцементных отходов за счет образования активной добавки-присадки путем их термоактивации на слое раскалённого клинкера, выходящего из вращающихся печей с температурой (1000-1200)°С и технология получения из него портландцемента для производства хризотилцементных изделий.

**Практические результаты исследования:**

разработаны составы сырьевых смесей для синтеза клинкера с использованием нетрадиционных сырьевых материалов – переработанных сталеплавильных шлаков АО «Узметкомбинат» и отходов вторичного обогащения вольфрамовых руд СП ООО «INGICHKI METALLS» в качестве железистого минерализатора и условного алюмосиликатного компонента;

определены состав сырьевых смесей, нормы расхода сырьевых компонентов, оптимальные химико-технологические параметры процесса обжига, синтезированы клинкеры для общестроительных и сульфатостойких цементов;

уменьшена температура обжига получения клинкера из сырьевых смесей на 50-70°С при использовании вторичных обогащенных отходов - переработанных сталеплавильных шлаков и отходов обогащения вольфрамовых руд;

получены добавочные цементы марки ПЦ400-Д20 путем использования этих отходов в качестве добавок-наполнителей, согласно значению их критерия Стьюдента;

доказана возможность использования переработанных сталеплавильных шлаков и отхотов вторичного обогащения вольфрамовых руд в качестве добавки при производстве портландцемента;

разработаны эффективный метод и технология термоактивации влажных хризотилцементных на слое горячего клинкера, выходящего из клинкерообжигательных печей;

получен цемент марки 400 из клинкера с добавкой-присадкой термоактивированных хризотилцементных отходов и выпущены из него восьмиволновые хризотилцементные листы.

**Достоверность результатов исследований** подтверждается согласованностью результатов теоретических положений с данными, полученными автором экспериментальным путем, показателями опытно-производственных испытаний и промышленного внедрения, а также проведением экспериментов на современном испытательном оборудовании с применением стандартных методов физико-механического испытания и физико-химического исследования фазового состава, структуры и свойств синтезированных клинкеров, формирования структуры и физико-механических свойств искусственного конгломерата при твердении добавочных цементов.

#### **Научная и практическая значимость результатов исследования.**

Научная значимость исследований заключается в физико-химическом обосновании интенсификации процессов клинкерообразования при обжиге сырьевых смесей, содержащих нетрадиционные сырьевые компоненты техногенного происхождения, структурообразования и формирования искусственного конгломерата при твердении цементной дисперсии «молотый клинкер – гипс – добавка - вода», содержащей на 3-15% меньше клинкера, чем в системе «молотый клинкер-гипс-вода» за счет его замены новыми видами минеральных добавок техногенного происхождения..

Практическая значимость исследований заключается в разработке составов и энерго-, и ресурсосберегающей технологии получения клинкеров и добавочных цементов с комплексным использованием техногенных сырьевых материалов, снижении температуры обжига клинкера, экономии природных сырьевых материалов и дорогостоящей клинкерной части портландцемента, утилизации техногенных отходов и улучшении экологии в районах металлургических производств и горно-обогатительных фабрик.

**Внедрение результатов исследования.** На основе полученных научных результатов по разработке технологии получения малоэнергоёмких клинкеров и добавочных цементов:

на клинкер с добавкой-присадкой термоактивированных хризотилцементных отходов в агентстве «Узстандарт» зарегистрирован стандарт организации (Ts № 00295455-04:2015). В результате стало возможным производство клинкера с добавкой-присадкой путем термоактивации хризотилцементных отходов на слое горячего клинкера;

на хризотилцементные отходы для их использования в производстве хризотилцементных изделий в агентстве «Узстандарт» зарегистрирован

стандарт организации (Ts № 00295455-016:2016). В результате появилась возможность производства строительных материалов разного ассортимента из этого техногенного отхода;

для применения переработанного сталеплавильного шлака в качестве добавки при получении клинкера и цемента в агентстве «Узстандарт» зарегистрирован стандарт организации (Ts № 00186200-09:2017). В результате в АО «Узметкомбинат» появилась возможность для реализации данного отхода;

внедрена в практику на АО «Бекабадцемент» технология получения добавочных и композиционных цементов на основе сталеплавильных шлаков (справка АО «Бекабадцемент» РА/90 от 30 марта 2018 года). В результате появилась возможность производства добавочных и композиционных портландцементов в промышленном масштабе;

на производства хризотилцементных изделий для портландцемента в агентстве «Узстандарт» зарегистрирован государственный стандарт Республики Узбекистан (O'z DSt 913-2017). В результате появилась возможность получения в промышленном масштабе портландцемента для производства хризотилцементных изделий из клинкера с термоактивированной добавкой-присадкой;

внедрена в практику на АО «Кизилкумцемент» технология производства клинкера с термоактивированной новым способом добавкой-присадкой и получения из него портландцемента для хризотилцементных изделий (справки АО «Кизилкумцемент» АТ 02-36/336 от 7 февраля 2018 года и АО «Узкурилишматериаллари» ТМ-1/03-599 от 26 февраля 2018 года). В результате появилась возможность экономии дорогостоящего клинкера до 5%, увеличение объема производства, снижение себестоимости портландцемента для производства хризотилцементных изделий.

**Апробация результатов исследования.** Результаты исследований изложены в виде докладов и прошли апробацию на 5 международных и 5 республиканских научно-практических конференциях, семинарах и совещаниях.

**Опубликованность результатов исследования.** По теме диссертации опубликованы всего 33 научных работ. Из них 10 научных статей, в том числе 5 в республиканских и 5 в зарубежных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов докторских диссертаций, в Комитет по интеллектуальной собственности поданы 4 заявки на получение патента РУз.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, пяти глав, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 175 страниц.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

**Во введении** обосновывается актуальность и востребованность проведенного исследования, цель и задачи исследования, характеризуются объект и предмет, показано соответствие исследования приоритетным

направлениям развития науки и технологий республики, излагаются научная новизна и практические результаты исследования, раскрываются научная и практическая значимость полученных результатов, внедрение в практику результатов исследования, сведения по опубликованным работам и структуре диссертации.

В первой главе диссертации **«Современное состояние и перспектива использования отходов переработки металлических руд и производства хризотилцементных изделий в промышленности строительных материалов»** приводится обзор зарубежных и отечественных научных исследований по теме диссертации, посвященных использованию металлургических шлаков и отходов хризотилцементного производства для получения различной строительной продукции, в том числе, цементного клинкера и добавочных цементов, показаны достоинство и недостатки имеющихся разработок.

Анализ научно-технической и патентной информации в области использования вторичных сырьевых материалов в производстве строительных материалов и изделий позволил выявить несколько направлений переработки металлургических шлаков. Использование хвостов обогащения молибдено-вольфрамовых руд в качестве минерального сырья ограничивается небольшими экспериментальными исследованиями по производству кирпича, цветного стекла, плитки, глазурей для их покрытия и цемента. Имеется определенный опыт использования хвостов обогащения магнетитовых руд, введение которых в состав сырьевой смеси для получения цементного клинкера позволяет исключить из смеси пиритные огарки, частично или полностью заменить глину. При этом, возможно получение низкоосновного ПЩ марки 400, сульфатированных клинкеров и известково-белитового вяжущего, высокопрочных бесцементных вяжущих путем щелочной или магнезиальной активации отходов. Использование указанных отходов в качестве минеральной добавки в цементные или гипсовые вяжущие без снижения прочности возможно только в количестве от 5 до 20% соответственно. Шлаки выплавки стали используются в качестве минерализующей добавки и компонента сырьевой смеси для обжига клинкера, безобжигового вяжущего материала, пригодного для приготовления кладочных растворов, минерального наполнителя и заполнителя для строительных растворов и бетона. Главным препятствием, ограничивающим масштабное применение сталеплавильных шлаков в производстве строительных материалов, является наличие в их составе повышенного содержания включений металла, что требует их повторной переработки методом магнитной сепарации.

Установлено, что лежалые хвосты горно-обогажительных производств, после повторной переработки представляют собой ценное сырье для получения строительных материалов и различной химической продукции. Наиболее важными особенностями химического состава хвостов является высокое содержание  $\text{CaO}$  и  $\text{SiO}_2$ , низкое –  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и присутствие небольшого количества серы и  $\text{P}_2\text{O}_5$ . С использованием хвостов обогащения вольфрамовых возможно

получение кислотоупорного вяжущего, керамических плиток, глазури, цементного клинкера и т.д. Однако, эти разработки носят только исследовательский характер и не нашли промышленного применения. Кроме того, для реализации этих разработок в производство требовалось доизвлечение ценных и редких металлов из «хвостов».

Выявлено, что хризотилцементные отходы также являются ценным сырьевым ресурсом для промышленности строительных материалов и рекомендуются к применению для получения различной строительной продукции, в частности, для получения клинкера и добавочного цемента. Однако, для повышения их гидравлической активности необходима их термическая обработка в обжиговых аппаратах, что технологически и экономически не выгодно цементным заводам, в связи с чем решение данного вопроса более доступным способом, исходя из имеющейся инфраструктуры цементных заводов, является актуальным и своевременным в условиях катастрофического ухудшения экологии из-за накопления этих отходов.

В научно-технической литературе отсутствуют данные по использованию сталеплавильных шлаков, отходов обогащения вольфрамовых руд и хризотилцементных отходов как комплексное сырье в составе сырьевой смеси для обжига клинкера в качестве железосодержащего минерализатора и условного алюмосиликатного компонента, а также минеральной добавки в цемент. Это позволило обосновать выбор направления, цели и задач диссертации в плане проведения исследований по возможности комплексного их использования в цементной промышленности, как при производстве клинкера, так и добавочных цемента.

Во второй главе диссертации **«Химико-минералогические характеристики, технологические свойства исходных материалов и методика проведения исследований»** приведены результаты технологических испытаний трех видов вторичных сырьевых материалов – переработанных сталеплавильных шлаков (далее-ПСП-шлаков) АО «Узметкомбинат», отходов вторичного обогащения хвостов вольфрамовых руд (далее - ООВР) Ингич-кинского месторождения и влажных хризотилцементных отходов (далее - ХЦО) АО «Кизилкумцемент» на пригодность в качестве сырья для получения клинкера и минеральной добавки в цемент. Установлено, что мелкая фракция ПСП-шлака после магнитной сепарации характеризуется содержанием  $\text{SiO}_2$  (41,1%) и  $\text{MgO}$  (18,75%). В фракции щебня их содержание значительно меньше: 21,4% и 15,0% соответственно. По содержанию других оксидов наблюдается обратная картина, т.е. содержание  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  и  $\text{CaO}$  в крупной фракции – высокое, а в мелкой – относительно низкое. По показателям основного (Мо) и силикатного (Мс) модулей шлаковая щебень относится к разряду основных шлаков (Мо=1,64; Мс=2,72), а шлаковый песок (Мо=0,91; Мс=15,69) – к категории кислых шлаков. В ПСП-шлаке присутствуют периклаз; монтичеллит; окерманит; кварц; двухкальциевый феррит; карбонат кальция; минералы переходных рядов: трехкальциевый алюминат, майенит и двухводный гипс. В технологической пробе ПСП-шлака содержание  $\text{MgO}$  составило 11,0 %. По содержанию

прочих оксидов ( $\text{SiO}_2$  21,4-41,1%;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  2,62-11,0;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  11,4-16,87%;  $\text{CaO}$  21,1–32,9%), шлак соответствует требованиям O'z DSt 2950:2015 «Материалы сырьевые для производства портландцементного клинкера. Технические условия».

Химический состав ООВР включает оксиды:  $\text{SiO}_2$ -47,50%;  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -6,10%;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ -14,3%;  $\text{CaO}$ -21,00%;  $\text{MgO}$ -2,10%. Его минералогический состав представлен в основном, кальцитом, полевыми шпатами, гидрослюдой, магнетитом, пирротинном, пиритом и волластонитом. Температура плавления: начало-1130<sup>0</sup>С, конец-1160<sup>0</sup>С. Эти показатели предполагают возможность использования ООВР как в качестве компонента сырьевой смеси для обжига клинкера и как активную минеральную добавку в цемент.

Состав влажных хризотилцементных отходов АО «Кизилкумцемент» включает в основном гидратированные и карбонизированные частицы цемента и тонко распушенные волокна хризотила, содержание которых в сухом остатке составляет порядка 10-20%. Основными оксидами являются  $\text{CaO}$  и  $\text{SiO}_2$ , суммарное содержание которых составляет 78,83-78,81%. Минералогический состав ХЦО представлен гидросиликатами, гидроалюминатами, гидроксидом и карбонатом кальция, а также хризотилом.

В этой главе приведены также сведения о приборах и методах подготовки материалов и проведения испытаний применительно к каждому виду экспериментального исследования.

В третьей главе диссертации «**Оптимизация состава сырьевых смесей и разработка технологии получения клинкера с комплексным использованием ПСП-шлаков и ООВР**» приводятся результаты исследований по определению возможности синтеза портландцементных клинкеров с использованием ПСП-шлака АО «Узметкомбинат» и ООВР Ингичкинского рудоуправления в качестве железосодержащего и условного алюмосиликатного компонентов сырьевой смеси. Учитывая территориальную близость АО «Узметкомбинат» к АО «Бекабадцемент», в первой части исследований для расчета состава сырьевых смесей приняты сырьевые материалы, используемые на данном предприятии: известняк месторождения «Балыклытау» и лесс Хильковского месторождения.

Сырьевые смеси рассчитаны при значениях  $\text{KH}=0,86 - 0,92$ ;  $n = 1,73 - 2,4$ ;  $p=1,3-1,94$ . Расчетами установлено, что из сырьевых смесей, включающих известняк (68,25-70,91%), лесс (19,71-25,06%) и ПСП-шлак (7,59-13,20%) возможно получение клинкера для общестроительного цемента по ГОСТ 10178-85 и сульфатостойкого цемента по ГОСТ 22266-94. При значении  $\text{KH} = 0,90$  и  $n = 1,17$ , а также  $\text{KH} = 0,85$  и  $n = 2,83$  содержание  $\text{C}_3\text{S}$  составляет 45,96 и 49,49%. Это ниже его регламентируемого содержания (не более 50%) соответственно, что прогнозирует высокую сульфатостойкость цементов из этих клинкеров (рис.1а). Содержание  $\text{C}_3\text{S}$  в клинкерах при  $\text{KH}= 0,90-0,92$  и  $n$  – выше 2,0, составляет от 56,48 до 63,24%,  $\text{C}_3\text{A}$  - 3,21-5,53% и  $\text{C}_4\text{AF}$  - 9,63-31,34%, что достаточно для обеспечения высокой активности цементов на их основе (рис.1б).

При обжиге сырьевых смесей со шлаком процесс декарбонизации и усвоение извести протекает интенсивно с полным ее связыванием в клинкерные минералы. Процесс клинкерообразования при обжиге сырьевых смесей с КН=0,85-0,87 завершается при температуре 1350<sup>0</sup>С, а с КН=0,90-0,92 – при 1380-1420<sup>0</sup>С. Продукты обжига сырьевых смесей с КН=0,85-0,87 были слабоспекшимися, а с КН 0,90 и 0,92 – сильноспекшимися. В клинкерах с КН=0,86 и 0,90 СаОсв присутствует в количестве от 0,35 до 0,38%, а с КН 0,92–0,15%, что не превышает его допустимый предел не более 1%. Полученные результаты показывают, что имеется реальная возможность частичной замены в составе цементной сырьевой смеси природного известняка ПСП-шлаком (в среднем на 10-15%), что снижает затраты теплоносителя на обжиг порядка на 12-18%. В соответствии с данными табл. 1, по содержанию главных (СаО, SiO<sub>2</sub>,

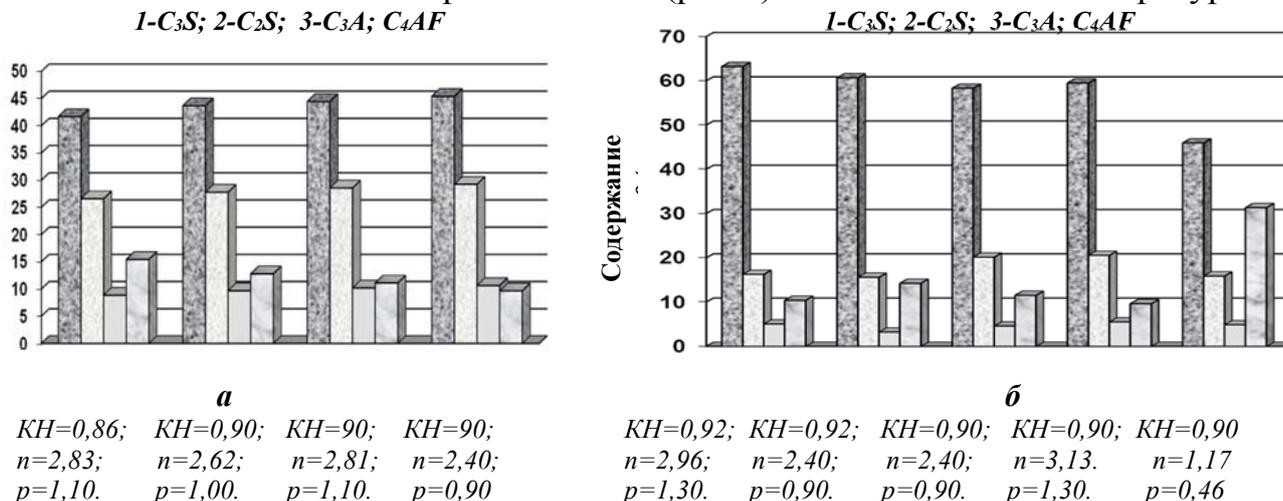
**Таблица 1**

**Вещественный состав сырьевых смесей и химический состав клинкеров**

Массовая доля сырьевых компонентов, %	Химический состав клинкеров, масс. %								
	п.п.п.	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O
<b>Сырьевая смесь №1</b> известняк - 66,82 лесс – 19,98 шлак стал.- 13,20	0,15	21,70	4,30	4,55	63,40	4,15	0,40	0,70	0,65
<b>Сырьевая смесь №2</b> известняк– 67,36 лесс – 19,71 шлак стал.- 12,93	0,20	21,23	4,30	4,60	63,60	4,34	0,42	0,75	0,56
<b>Сырьевая смесь №3</b> известняк –70,62 лесс – 23,75 шлак стал.- 5,63	0,26	22,20	4,00	3,86	65,20	2,63	0,40	0,70	0,75
<b>Сырьевая смесь №4</b> Известняк– 69,33 лесс – 23,08 шлак стал.- 7,59	0,15	22,30	4,50	3,65	64,62	3,43	0,35	0,58	0,42
<b>Сырьевая смесь №5</b> Известняк– 68,25 лесс – 21,75 шлак стал.- 10,00	0,40	22,07	4,06	3,80	64,10	4,04	0,35	0,72	0,56
<b>Сырьевая смесь №6</b> Известняк– 68,41 лесс – 23,93 шлак стал.- 7,66	0,22	23,00	4,28	3,99	63,70	3,18	0,45	0,68	0,50

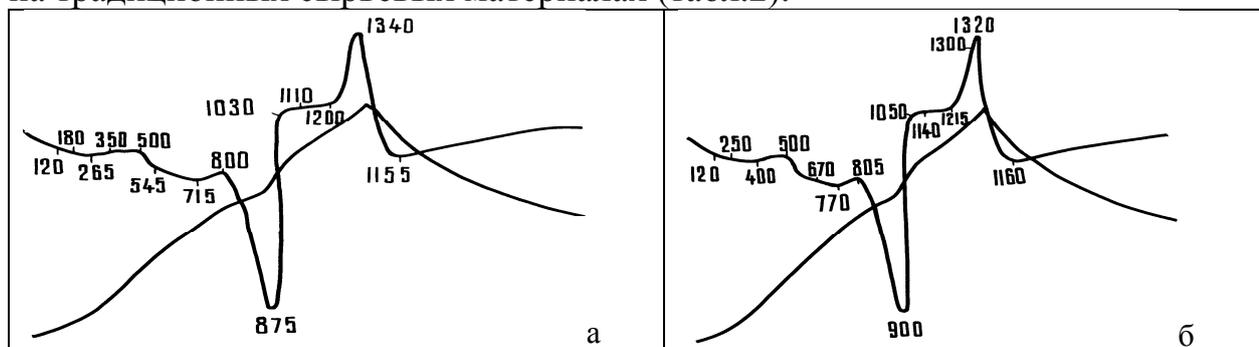
Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) и регламентируемых оксидов (MgO, SO<sub>3</sub>) и модульным характеристикам, синтезированные клинкеры соответствуют требованиям, Oz DSt

2801-2013 к химическому составу клинкера на общестроительные цементы. При нагревании сырьевых смесей, содержащих ПСП-шлаки для получения клинкеров для общестроительного (а) и сульфатостойкого (б) цементов, в температурном интервале 100-700°C отмечено появление двух эндоэффектов, связанное с удалением молекулярной воды и полиморфными превращениями алюмосиликатной части сырьевой смеси (рис.2). С повышением температуры



**Рисунок 1. Изменение минералогического состава клинкеров с  $KH=0,86$  (а) и  $0,90$  (б) в зависимости от значений  $n$  и  $p$  сырьевых смесей, содержащих ПСП-шлаки**

наблюдается возникновение одного эндоэффекта достаточно высокой интенсивности в температурном диапазоне 800-1140°C, характеризующего диссоциацию  $CaCO_3$  известняка и ПСП-шлака. Под катализирующим влиянием соединений магния и железа, присутствующих в шлаке, ускоряется процесс химического взаимодействия компонентов сырьевой смеси, о чем свидетельствует появление экзоэффекта с максимумом при 1320 и 1340°C, характеризующего образование силикатных минералов в клинкере. При этом ПСП-шлаки выступают в роли кристаллических затравок, способствующих снижению температуры обжига клинкера. Максимальное образование  $CaO_{св}$  при обжиге сырьевых смесей происходит при  $t=1000^\circ C$ , а полное его усвоение с завершением процесса образования клинкерных минералов - при 1380-1420°C, что в среднем на 50°C ниже, чем температура обжига сырьевых смесей на традиционных сырьевых материалах (табл.2).



**Рисунок 2. Кривые ДТА сырьевых смесей для получения клинкеров на общестроительный (а) и сульфатостойкий (б) цементы**

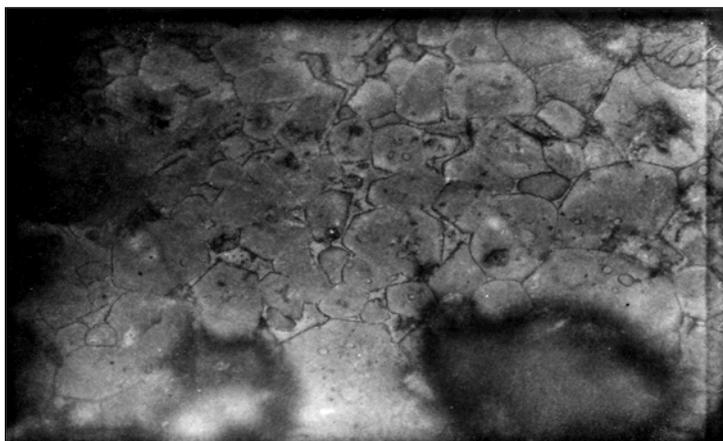
Рельеф поверхности усредненной пробы опытных клинкера мелкозернистая с размерами силикатов кальция 10-15 мк, структура имеет равномерно-зернистое строение, алит выкристаллизован в виде гексагональных призм и таблеток, а белит – в виде зерен шаровидных и овальных форм.

**Таблица 2**

**Содержание СаОсв. в продуктах обжига**

№№ сырьевых смесей	Содержание свободного оксида кальция, % при температуре, °С								
	1000	1100	1200	1300	1350	1380	1400	1420	1450
№1	35,45	27,20	15,60	3,30	1,80	0,10	-	-	-
№2	35,40	26,80	15,20	3,80	2,10	0,20	-	-	-
№3	35,80	27,50	18,60	8,10	3,80	2,20	1,15	0,25	сл.
№4	35,40	27,15	18,00	7,50	3,20	2,15	1,00	0,15	-
№5	35,45	27,20	18,60	6,65	3,20	1,98	0,80	сл.	-
№6	33,18	25,80	17,20	5,15	3,10	1,80	1,05	0,18	-

Содержание алита составляет порядка 55-60% от общей массы. Небольшое количество алюмоферритной фазы с размерами зерен 1-2 мк распределено относительно равномерно в виде тонкозернистых пленок, расположенных на поверхности зерен силикатов кальция (рис. 3). В соответствии с данными табл. 3, по физико-механическим свойствам все цементы на основе опытных клинкеров идентичны. Оптимальными являются составы сырьевых смесей с содержанием ПСП-шлака в количестве 10-13 %, имеющие температуру обжига 1380-1420°С при активности клинкеров 41-43МРа.



**Рис 3. Микроструктура клинкера, синтезированного при 1420°С из сырьевой смеси с использованием ПСП-шлака (x 500)**

Физико-химическими методами исследования установлено, что процесс гидратации, формирования состава гидратных фаз и микроструктуры камня при твердении опытных цементов протекает по той же схеме, что и у традиционного ПЦ. Благодаря формированию оптимальной гидратной структуры опытные цементы характеризуются такими же показателями прочности, как у ПЦ, выпускаемого АО «Бекабадцемент». Для применения в производстве клинкера на АО «Бекабадцемент» рекомендованы следующие параметры приготовления сырьевой смеси с ПСП-шлаком:  $KH=0,90$ ;  $n=2,2$ ;  $p=1,71$  – для клинкеров цемента общестроительного назначения, и  $KH = 0,90$ ;  $n = 2,4$ ;  $p = 1,93$  - для сульфатостойкого цемента.

Во второй части исследований, учитывая территориальную близость хвостохранилищ ООВР Ингичкинского рудоуправления, для расчета состава сырьевых смесей приняты сырьевые материалы (известняк и глинистые сланцы Керменинского месторождения), используемые на АО «Кизилкумцемент», который может стать потенциальным потребителем ООВР. Химические сос-

**Таблица 3**

**Технологические и физико-механические характеристики цементов на основе клинкеров, синтезированных с использованием ПСП- шлаков.**

Номер цемента	SO <sub>3</sub> %	Тонкость помола, проход сквозь сито №008, %	Н.Г %	В/Ц	Сроки схватывания				Предел прочности, МПа, при твердении, через					
					начал о	h-min	конец ц	h-min	3 сут.			28 сут.		
									Из	г.	С ж.	Из	г.	С ж.
<b>№1</b>	2,20	88,1	27,0	0,39	2-55	4-50	4,2	21,4	5,5	41,7				
<b>№2</b>	2,40	89,2	27,0	0,40	2-50	4-40	4,3	21,4	5,6	43,0				
<b>№3</b>	2,12	88,6	27,0	0,40	2-10	4-10	4,3	21,6	5,8	43,4				
<b>№4</b>	2,42	88,4	27,0	0,39	2-50	4-45	4,2	20,4	5,4	42,4				
<b>№5</b>	2,10	88,9	27,0	0,39	2-30	4-30	4,1	20,5	5,4	42,1				
<b>№6</b>	2,45	88,8	27,0	0,39	2-35	4-50	4,1	19,6	5,4	40,1				

тавы исходных материалов приведены в табл. 4. Расчет состава сырьевых смесей выполнен при значениях КН=0,85-0,92; n=2,40-2,54; p=0,82-1,50. Реакционную способность сырьевых смесей изучали путем их обжига при (1100; 1200; 1300; 1400; 1450)<sup>0</sup>С с экспозицией в течение 30 мин. с отбором проб при каждой температуре. Процессы образования и усвоения СаО<sub>св</sub> при обжиге сырьевых смесей протекали интенсивно с максимальным его выделением при 1100<sup>0</sup>С и полным усвоением при относительно низкой температуре обжига: продукты, обожженные при температуре 1400<sup>0</sup>С, содержат СаО<sub>св</sub> в допустимых пределах. В продуктах, синтезированных при

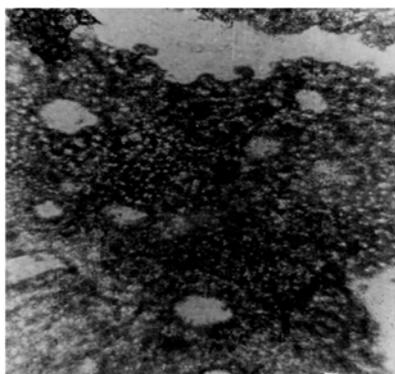
**Таблица 4**

**Химический состав сырьевых компонентов для синтеза клинкера с использованием ООВР**

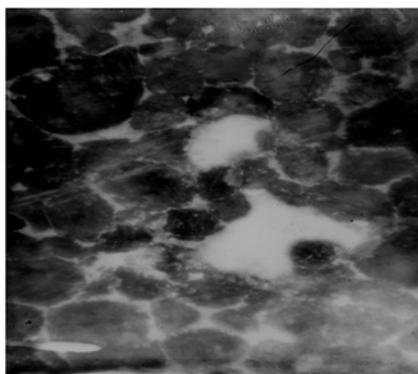
Наименование пробы	п.п.п.	Содержание оксидов, масс. %							Σ
		SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	R <sub>2</sub> O	
ООВР	8,89	46,17	5,28	14,90	21,71	2,22	0,10	0,73	100,0
Известняк Карманинск. месторож.	42,01	1,09	0,37	0,29	53,67	1,21	0,23	1,13	100,0
Глин. сланцы Карманинск. местор.	5,70	58,66	15,08	6,47	4,27	4,07	0,83	4,92	100,0
Гипсовый камень	22,31	0,12	0,80	0,08	31,64	2,10	42,75	0,20	100,0

температуре 1450<sup>0</sup>С с 20 минутной выдержкой, СаО<sub>св</sub> отсутствует, что свидетельствует о высокой реакционной способности сырьевых смесей, содержащих от 7,87 до 13,28% ООВР. В процессе обжига смеси обжигались нормально, все клинкеры получились спекшимися с хорошей кристаллизацией клинкерных минералов (рис. 4). Цементы на основе синтезированных клинке-

ров по тонкости помола, водопотребности и срокам схватывания удовлетворяет требованиям ГОСТ 10178-85. Через 28 сут. твердения в нормальных условиях их прочность при сжатии составляет 43,7-45,2 МПа, что соответствует требованиям ГОСТ 10178-85 на портландцемент ПЦ 400-Д0.



КН=0,92; n=2,51; p=1,30



КН=0,92; n=2,40; p=0,82



КН=0,90; n=2,50; p=1,25

**Рисунок 4. Микроструктура опытных клинкеров**

В четвертой главе диссертации «**Разработка технологии получения добавочных цементов с комплексным использованием минеральных техногенных отходов**», условно подразделяется на 3 части, включающей использование ПСП-шлака (1-часть), ООВР (2часть) и ХЦО (3-часть).

В первой части работы проведены технологические испытания по определению гидравлической активности усредненной пробы ПСП-шлака по значению критерия Стьюдента ( $t$ ). По результатам расчета значение  $t$ -критерия для фракции шлак 0-5 мм было равно 11,14. Следовательно, можно сделать вывод, что шлак данной фракции выдержал испытание на активность по прочности ( $t=11,14 > 2,07$ ). Для шлака фракции 5-50 мм значение  $t$ -критерия составило 2,19, что больше его нормативного значения 2,07, на основании чего сделано заключение о пригодности ПСП-шлаки к применению в качестве добавки к цементу.

В соответствии с данными таблицы 5, при гидратационном легировании портландцемента ПСП-шлаком, показатели прочности полученных композиций зависят как от дозы, так и гранулометрического состава шлака: при одном и том же его количестве, цементы, содержащие фракции шлака 0-5 мм характеризуются более высокими показателями прочности, чем с размерами частиц от 5 до 50 мм. Между количеством шлака и показателями прочности цемента существует обратная зависимость: с увеличением его количества до 30% отмечено закономерное снижение прочностных показателей цементного камня, что видимо, связано с структурными изменениями и деформацией формирующегося цементного камня в твердеющей системе «цемент - вода» вследствие возникновения внутренних напряжений за счет кристаллизации большого количества брусита, так как общее содержание MgO в смешанных цементах достигает от 7,56 до 8,0%, тогда как регламентированное по ГОСТ 10178-85 его содержание составляет не более 5%. Лучшие результаты

получаются при использовании более тонкой фракции ПСП-шлака. При обеспечении тонкости помола добавочных цементов порядка 8-10% остатка на сите № 008 (4900 отв/см<sup>2</sup>), их показатели прочности остаются практически неизменными при замене до 15% клинкера.

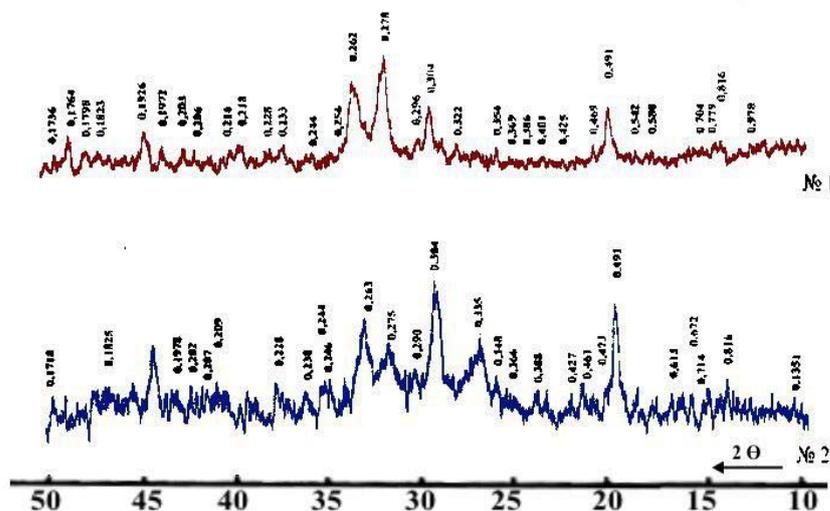
Таблица 5

**Изменение прочности добавочных цементов в зависимости от вида и дозы ПСП-шлака**

Фракция и доза шлака в цементе, %	Предел прочности цементов (МПа), твердевших в нормальных условиях									
	в условиях ТВО,		Сроки твердения (сут):						Марка	
	На изг.	На сж.	На изгиб			На сжатие				
			2	7	28	2	7	28		
-	4,32	28,30	3,14	5,12	6,35	17,50	28,90	43,50	400	
Фракция 10-5 мм	10	4,25	27,50	2,65	5,10	5,74	13,50	27,00	<b>42,00</b>	400
	20	4,12	25,40	2,59	4,31	5,56	12,50	26,30	<b>39,90</b>	400
	30	4,80	24,60	2,32	3,49	5,36	10,80	22,80	37,80	300
Фракция 5-50 мм	10	4,29	26,20	2,55	4,29	5,52	12,70	26,60	<b>40,40</b>	400
	20	4,04	25,40	2,28	4,19	5,52	11,60	25,98	<b>39,70</b>	400
	30	3,24	22,20	1,96	3,36	4,49	10,00	23,70	33,20	300

Дифрактограмма образцов бездобавочного цемента, твердевшего 28 сут., характеризуется присутствием интенсивных отражений  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  при ( $d/n = 0,493; 0,263; 0,193$ ) nm и линий низкословных гидросиликатов кальция типа  $\text{CSH}(\text{В})$ , обнаруживаемых при  $d/n=0,307; 0,280$  и  $0,183$  nm, этtringита или монокарбоната при  $d/n=0,982$  nm и  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  с  $d/n=0,798$  nm. Основными продуктами гидратации добавочного цемента являются этtringит и гидросиликатный гель С-С-Н. Часть гипса реагирует с трехкальциевым алюминатом клинкера, а часть с алюминатной составляющей сталеплавленного шлака с образованием этtringита, а силикатная часть постепенно перекристаллизуется в низкоосновные гидросиликаты кальция. ПСП-шлак в составе добавочного цемента играет роль щелочного активатора и в определенной дозе способствует интенсификации гидратации клинкерной части, ускоряя процесс формирования искусственного конгломерата, гидратная структура которого к 28 сут. твердения представлена слоями плотно упакованных новообразований, преимущественно в метамиктном состоянии с глобулярно-чешуйчатым строением, что характерно для структуры добавочного портландцементов с преобладающим содержанием белитовой составляющей. При твердении цемента с добавкой ПСП-шлака образуются кристаллы, как родственные по строению (игольчатые кристаллы двуводного гипса, этtringита, гидросиликатов кальция), так и отличающиеся по структуре (пластинчатые кристаллы гидроалюминатов, гидроферритов кальция, гидрооксида кальция). Кристаллизация таких новообразований создает благоприятные условия для срастания разных типов кристаллов родственной структуры в твердеющей системе с образованием монолитного и непрерывного кристаллического каркаса, несмотря на уменьшение до 15% клинкерной составляющей в цементе, обеспечивающего высокую прочность формирующегося композита.

Разработана принципиальная технологическая схема, предусматривающая комплексное использование ПСП - шлаков (рис.5), в соответствии с которым материал складывается на крытом сырьевом складе или загружается в сырьевой силос. Так же хранятся и другие сырьевые компоненты клинкерного производства (известняк и лесс).



**Рисунок 5.**  
**Диффрактограммы**  
**бездобавочного (№ 1)**  
**и добавочного**  
**цементов с 15%**  
**ООВР (№ 2),**  
**твердевших 28 сут.**  
**в воде**

В сырьевую мельницу подаются дозированные порции компонентов. Размолотая до заданной тонины помола сырьевая смесь, из сырьевой мельницы поступает в сырьевые силоса для хранения и дальнейшего использования в технологическом процессе. Из сырьевых силосов смесь дозируется в обжиговой агрегат (печь) для термообработки и спекания при конечной температуре обжига 1380-1420<sup>0</sup>С с получением кондиционного ПЩ клинкера. Далее клинкер используется на производство цемента по классической схеме. С целью создания нормативной базы для практической реализации результатов исследований по получению клинкера и добавочных цементов с использованием ПСП-шлака на цементных заводах, совместно с АО «Узметкомбинат» разработан Стандарт организации Ts 00186200-09:2017 «Шлак сталеплавильный переработанный как добавка для клинкера и цемента. Технические условия».

Вторая часть четвертой главы диссертационной работы посвящена определению соответствие ООВР требованиям O'z DSt 901-98 «Добавки для цементов. Активные минеральные добавки и добавки-наполнители. Технические условия» по показателю гидравлической активности на сжатие (по критерию *t*-Стьюдента) и исследованию возможности получения добавочных цементов с их использованием. Для проведения исследований использованы портландцементный клинкер АО «Кизилкумцемент», стандартный песок, гипсовый камень, ООВР СП ООО «INGHNSKI METALS» (табл. 6). По пределу прочности при сжатии рассчитывали значение критерия Стьюдента и сравнивали рассчитанное значение с табличным значением, равным 2,07. Установлено, что значение  $t = 4,54 > 2,07$ . Следовательно, ООВР выдержал испытание на активность по прочности, и может быть рекомендованы к использованию для получения добавочных цементов. При этом, необходимо определить

совместимость данной добавки с портландцементными минералами, установить его влияние на физико-механические и физико-химические свойства цементного камня.

**Таблица 6**

**Химический состав сырьевых компонентов**

Материалы	Содержание оксидов, масс.%							
	п.п.п	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	Σ
Клинкер	0,75	20,54	5,19	3,56	62,04	3,60	0,62	96,3
Камень гипсовый	19,10-при 400°C	1,52	0,13	0,14	33,04	0,20	43,46	97,59
ООВР	4,89	46,17	5,28	14,90	21,71	2,22	Сл.	95,17

Исследования показали, что при добавке (10-20) % ООВР, тонкость помола цементов была практически одинаковая с тонкостью бездобавочного цемента и составила (8-11) % остатка на сите № 008. Опытные цементы через 28 сут. твердения имеют прочность при сжатии в пределах (36,7-41,8) МПа, что на (2-4) % превышает прочность бездобавочного цемента (табл. 7). Повышенная дозировка добавки (20%) резко снижает (на 10,4 %) его прочностные показатели. Для обеспечения высокой гидратационной активности и стабильной марки цемента ПЦ400-Д20, содержащего до 15% ООВР, клинкер должен быть высокого качества и содержать не менее 55 % трехкальциевого силиката (C<sub>3</sub>S).

**Таблица 7**

**Физико-механические свойства добавочных цементов с ООВР**

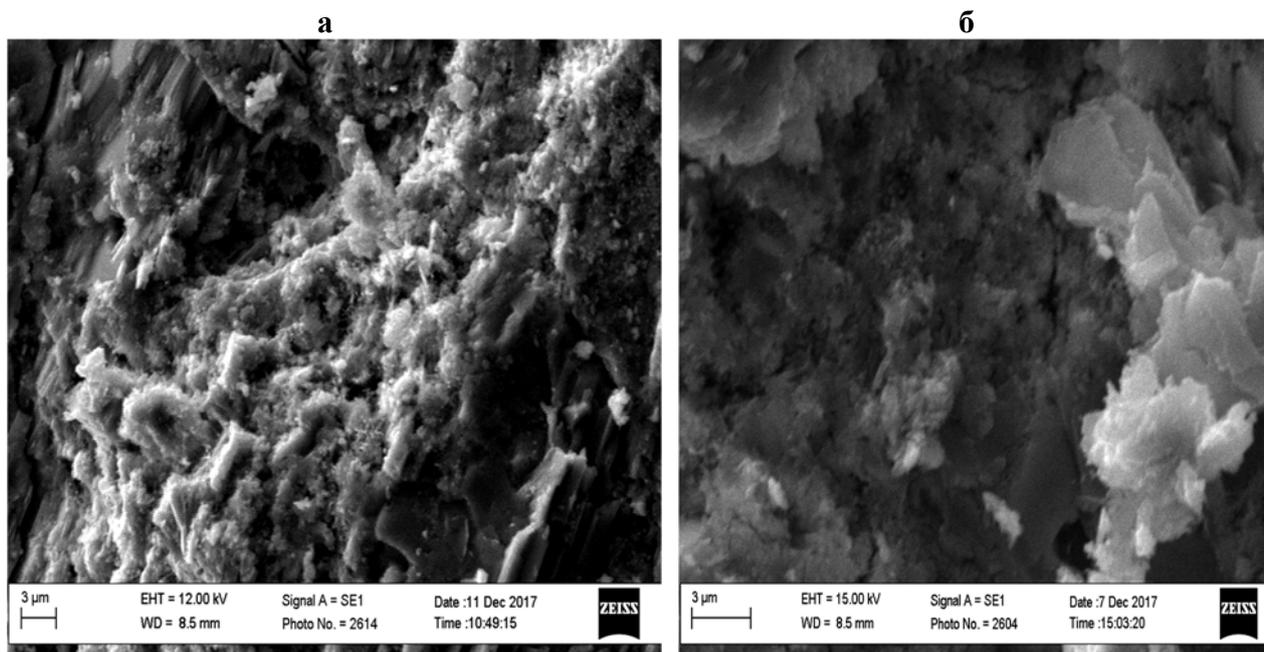
№ п/п	Усл. обозн-е цемента	Н.г., %	Сроки схватывания, час - min		Предел прочности, МПа, R <sub>изг</sub> / R <sub>сж.</sub> , через			Прочность при сжатии, % от ПЦ Д0	Марка
			Начало	Конец	3сут	7сут	28 сут		
1	ПЦ Д0	24,3	2-15	3-30	<u>5,4</u> 20,1	<u>6,4</u> 28,0	<u>6,8</u> 40,2	100	400
2	ПЦ Д10	24,8	2-55	3-40	<u>5,4</u> 26,8	<u>6,6</u> 30,0	<u>7,6</u> <b>41,0</b>	102	400
3	ПЦ Д15	25,4	2-45	3-35	<u>5,6</u> 27,0	<u>6,9</u> 36,0	<u>7,5</u> <b>41,8</b>	104	400
4	ПЦ Д20	26,0	2-55	4-00	<u>4,3</u> 12,5	<u>4,8</u> 24,0	<u>5,9</u> 36,7	91	300

Механизм влияния ООВР на процесс гидратации портландцемента с относительно низким содержанием клинкерной составляющей (на 15%) объясняется тем, что в процессе обогащения вольфрамовых руд и вторичной переработки образующихся хвостов происходит механохимическая активация зерен кремнезема в отходах. В присутствии тонко измельченного ООВР и его содержания в ПЦ до 15%, гидролиз C<sub>3</sub>S с выделением в жидкую фазу ионов Ca<sup>2+</sup> ускоряется и, при этом, количество Ca(OH)<sub>2</sub> увеличивается. Это является следствием того, что при совместном помоле клинкера, гипса и ООВР, частицы песка подвергаются еще дополнительной механической активации и образующиеся его мелкодисперсные частицы равномерно рассеиваются по

всему объёму реакционной среды, облегчая перемещение ионов  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{OH}^-$  к поверхности мелкодисперсных частиц песка, которые служат подложкой для кристаллизации  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  из поровой жидкости в твердеющей системе «молотый клинкер – ООВР – гипс - вода». При этом облегчается поглощение  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{OH}^-$  активной поверхностью ультрадисперсного песка и роста кристаллов  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . Быстрый отвод ионов  $\text{Ca}^{2+}$  из реакционной среды создает «голод» жидкой фазы в ионах  $\text{Ca}^{2+}$ , что ускоряет гидролиз  $\text{C}_3\text{S}$  и поступление новых порций ионов  $\text{Ca}^{2+}$  в жидкую фазу, интенсифицируя при этом процесс структурообразования и формированию прочного искусственного конгломерата. Сказанное подтверждается данными рентгенофазового анализа, ДТА и электронной микроскопии.

Сравнительный анализ дифрактограмм наглядно показывает, что при гидратации цемента с ООВР, несмотря на уменьшение в нем содержания клинкерной составляющей, гидратных новообразований значительно больше, чем в бездобавочном цементе. Об этом свидетельствует наличие довольно интенсивных отражений моно- и трехсульфатного гидросульфалюминатов кальция с  $d/n = 0,978; 0,816; 0,779; 0,704$  nm, тогда как дифрактограмма бездобавочного цемента представлена еле заметными пиками, характерными для указанных гидратных новообразований (рис. 5). Имеет сравнительно высокую интенсивность также линии гидросиликатов кальция тоберморитовой группы, в частности, C-S-H (II) при  $d/n=0,491; 0,304; 0,297; 0,240; \dots$  nm, которые с возрастом твердения имеют более высокую интенсивность, появляется также характерные для гидросиликата C-S-H (I) при  $d/n = 0,135$  nm, что свидетельствует о пуццоланическом воздействии ООВР на процесс поглощения извести, которая выделяется при гидролизе и гидратации  $\text{C}_3\text{S}$  с образованием дополнительного количества гидросиликатов кальция. То же самое можно сказать при сравнении термических кривых нагревания бездобавочного и опытного добавочного цементов. Глубина эндотермического эффекта при 138-150°C, характеризующего удаление воды из гидроалюминатов и гидросульфо-алюминатов кальция, до 7 сут на кривых нагревания обеих цементов почти одинаковая. На термических кривых нагревания образца камня добавочного цемента 28 суточного возраста отмечено некоторое увеличение глубины эндоэффекта при указанной температуре, чем бездобавочного цемента, что хорошо согласуется с данными определения количества химически связанной воды и рентгенофазового анализов. Размеры эндоэффектов, относящихся к термическому разложению гидросиликатов кальция в температурном диапазоне 700-800°C с максимумами при 708-778°C, более четко обозначены на термических кривых нагревания камней опытного добавочного цемента, твердевшего в течение 1-28 сут в воде. Этот факт указывает на ускорение связывания воды добавочным цементом за счет присутствия в его составе мельчайших частиц кремнезема, которые интенсивно поглощая ионов кальция из жидкой фазы, увеличивают количество образующихся гидроалюминатов, гидросульфоалюминатов кальция и

гидросиликатов кальция. Сравнительные электронно-микроскопические снимки добавочного и бездобавочного цементов приведены на рис. 6.



**Рисунок 6. Электронные микрофотографии с поверхности скола добавочного (а) и бездобавочного цементов 28 сут. возраста**

Как видно из рис. 6, несмотря на уменьшение содержания клинкерной составляющей в добавочном цементе, поверхность скола его камня к 28 сут твердения имеет более низкую пористость и достаточно высокую структурную плотность, степень срастания кристаллических продуктов более высокая, тогда как на поверхности скола камня бездобавочного ПЦ этого же возраста наблюдаются наличие большого количества негидратированных зерен клинкерных минералов и межзерновых пор, в которых отмечаются находящиеся еще на стадии роста кристаллы портландита, что свидетельствует о его сравнительно медленном связывании в гидросиликаты кальция в процессе твердения бездобавочного ПЦ.

В третьей части четвертой главы диссертационной работы рассматривается вопрос разработки эффективных способов утилизации хризотилцементных отходов в производстве клинкера и исследование свойств цементов, полученных с их использованием. С целью повышения активности влажных ХЦО, их добавляли к клинкеру, прошедшему предварительную термообработку при температуре 1000°C в течение 30 минут, сухие отходы - к клинкеру без термообработки. Установлено что, цементы с добавками ТХЦО и СХЦО, обладают различной размолоспособностью. Остаток на сите с сеткой № 008 цементов с добавкой (3, 5, 10) % добавки термоактивированных ХЦО (далее ТХЦО) через 60 min помола составил (10, 9, 10) %, а с ХЦО без термоактивации - (21, 28, 28) % соответственно. Испытание цементов, полученных из модифицированных клинкеров, проводилось на соответствие требованиям ГОСТ 10178-85 и O'z DSt 913-2017 (табл. 8 и 9).

Таблица 8

**Испытание опытных портландцементов на соответствие  
требованиям ГОСТ 10178-85 «Портландцемент и шлакопортландцемент.  
Технические условия»**

Цементы	Состав цемента, %				Предел прочности в возрасте 28 сут, МПа	
	Клинкер	Гипс	СХЦО	ТХЦО	на изг.	на сж.
ПЦ Д0	95	5	-	-	<b>6,28</b>	<b>41,2</b>
ПЦ Д3	92	5	3	-	6,05	36,6
ПЦ Д5	90	5	5	-	6,34	37,6
ПЦ Д10	85	5	10	-	5,67	34,6
<b>ТПЦ Д3</b>	<b>92</b>	<b>5</b>	<b>-</b>	<b>3</b>	<b>5,99</b>	<b>41,6</b>
<b>ТПЦ Д5</b>	<b>90</b>	<b>5</b>	<b>-</b>	<b>5</b>	<b>6,05</b>	<b>43,2</b>
ТПЦ Д10	85	5	-	10	5,82	35,0

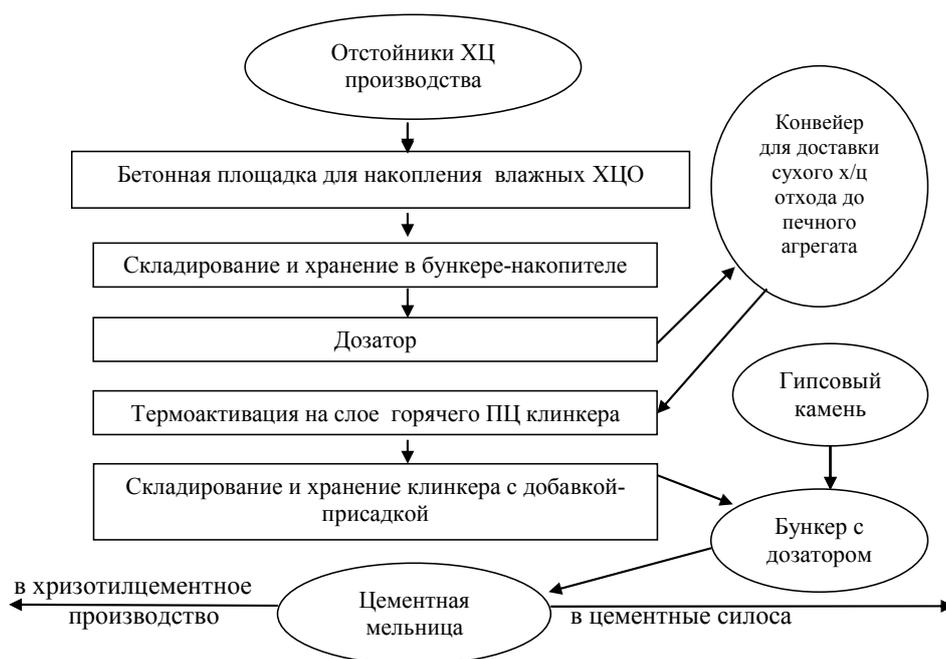
Опытные цементы на основе клинкера с термоактивированными ХЦО в виде добавки-присадки к клинкеру, введенной в оптимальном количестве (3-5)%, по всем показателям качества соответствуют требованиям ГОСТ 10178 и по пределу прочности при сжатии характеризуются маркой 400. Они же по химико-минералогическим составу и физико-механическим показателям соответствуют требованиям O'z DSt 913 и могут применяться при выпуске хризотилцементных изделий. В соответствии с этим, схема технологического процесса производства ПЦ на АО «Кизилкумцемент» дополнена операцией термообработки ХЦО на слое горячего клинкера, поступающего из печи на колосниковый холодильник (рис. 7).

Зарегистрированы в Агентстве «Узстандарт» стандарты организации Ts № 00295455-016:2016 «Сырье вторичное хризотилцементное. Технические условия», Ts № 00295455-04:2015 «Клинкер с добавкой-присадкой термоактивированной. Технические условия», O'z DSt 913:2017 «Портландцемент для производства хризотилцементных изделий. Технические условия» с внесением результатов исследований. На АО «Кизилкумцемент» построена технологическая линия, внесено частичное изменение на технологическую схему производства цемента. Внедрен способ получения клинкера с добавкой-присадкой ХЦО путем подачи влажных отходов на слой раскаленного клинкера и технология производства портландцемента для хризотилцементных изделий.

В пятой главе диссертации **«Экономическая эффективность и состояние внедрения в производстве цемента разработанных технологий комплексного использования техногенных отходов»** представлены результаты опытно-промышленных испытаний по комплексному использованию техногенных сырьевых ресурсов в цементном производстве, описывается экологическая эффективность их утилизации и экономическая эффективность разработанных технологий.

Опытно-промышленная партия добавочного цемента марки 400 в объеме 20 тонн с использованием безвозмездно выделенных АО «Узметкомбинат»

6 тонн ПСП-шлаков, выпущена в условиях помольного отделения ООО «ZAFAR QURILISH INVEST», расположенного в г. Бекабаде.



**Рисунок 7. Схема принципиальной технологической линии получения клинкера с добавкой-присадкой термоактивированных ХЦО и цемента из него**

**Таблица 9**

**Испытание опытных портландцементов на соответствие требованиям О'z DSt 913 «Портландцемент для производства хризотилцементных изделий. Технические условия»**

Цементы	Состав цемента, %				Сроки схватывания, Ч-МИН		Предел прочности, МПа, через (сут):			
	Клинкер	Гипс	СХЦО	ТХЦО	начало	конец	на изг.		на сж.	
							3	7	3	7
ПЦ Д0	95	5	-	-	2-30	4-00	4,33	4,90	<b>20,2</b>	<b>27,8</b>
ПЦ Д3	92	5	3	-	2-10	3-35	4,20	4,84	16,9	24,2
ПЦ Д5	90	5	5	-	2-00	3-25	3,93	5,14	17,9	25,6
ПЦ Д10	85	5	10	-	1-55	3-30	3,68	4,93	15,9	24,2
<b>ТПЦ Д3</b>	<b>92</b>	<b>5</b>	-	<b>3</b>	<b>2-05</b>	<b>3-40</b>	<b>2,68</b>	<b>4,20</b>	<b>20,8</b>	<b>28,0</b>
<b>ТПЦ Д5</b>	<b>90</b>	<b>5</b>	-	<b>5</b>	<b>2-15</b>	<b>3-30</b>	<b>2,98</b>	<b>4,24</b>	<b>21,8</b>	<b>30,0</b>
ТПЦ Д10	85	5	-	10	2-25	3-10	2,65	41,3	17,9	24,8

На АО «Кизилкумцемент» выпущена опытно-промышленная партия добавочного цемента в количестве 600 тонн с использованием 15% ООВР.

На АО «Кизилкумцемент» выпущены опытно-промышленная партия клинкера с термоактивированной добавкой-присадкой ХЦО и из нее – опытно-промышленная партия ПЦХ марки 400 в количестве 1000 тонн, из которой изготовлена опытно-промышленная партия восьмивольтовых профилей 40/150.

На АО «Кизилкумцемент» выпущены опытно-промышленная партия цемента марки 400 в количестве 700 тонн с добавкой хризотилцементных отходов, высушенных на слое теплого клинкера с температурой 100-120°C, которая также использована при производстве хризотилцементных изделий.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. На основе анализа информации научно-технической литературы и патентов, обоснованы комплексного применения переработанных сталеплавильных шлаков, вторичных отходов обогащения вольфрамовых руд, влажных отходов производства хризотилцементных изделий в качестве компонента сырьевой смеси для обжига клинкера и добавки в цемент.

2. Теоретически и практически обосновано комплексное использование переработанных сталеплавильных шлаков, вторичных отходов обогащения вольфрамовых руд и хризотилцементных отходов в цементной промышленности.

3. Предложена оптимизация показателей состава и процесса обжига новых сырьевых смесей с учетом их повышенной реакционной способности в процессе обжига.

4. С учетом разложения  $\text{CaCO}_3$ , выделения свободного  $\text{CaO}$  и ускорения его взаимодействия с  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  и полного усвоения в процессе обжига, рекомендовано осуществить полное образование клинкерных минералов при относительно низкой температуре - 1380-1400°C.

5. С учетом подчинения протекания процессов гидратации, формирования фазового состава и структуры цементного камня закономерностям «состав-структура-свойство» процессов, протекающих при гидратации цементных дисперсий на основе клинкеров из сырьевых смесей традиционного состава протекающих в процессе, ускорения образования, роста и срастания в твердеющей системе как родственных (игольчатых и волокнистых кристаллов двуводного гипса, этtringита и гидросиликатов кальция), так и отличающихся по строению (пластинчатые и кубические кристаллы гидроалюминатов, гидроферритов и гидроксидов кальция) кристаллических новообразований, несмотря на уменьшения доли клинкерной составляющей в в цементах, предложено обеспечить высокую плотность и прочность цементного камня при твердении цементов на основе синтезированных клинкеров.

6. Рекомендованы к практическому применению разработанные технологическая схема и временная технологическая инструкция по использованию ПСП-шлаков и ООВР в качестве железистого минерализатора и условного алюмосиликатного компонента сырьевой смеси для обжига клинкера и добавки-наполнителя для производства добавочного цемента, методика определения массовой доли кремнеземсодержащей добавки в составе цемента.

7. Рекомендована к внедрению в цементной промышленности технология получения портландцемента на основе переработанных сталеплавильных шлаков и отходов вторичного обогащения вольфрамовых руд.

8. Разработан и рекомендован к применению способ получения клинкера с добавкой-присадкой за счет обезвоживания и проникания в его поверхностные поры влажных хризотилцементных отходов при контакте с раскаленной поверхностью клинкера.

9. Рекомендованы к внедрению и применены в цементной промышленности разработанные способ и технология получения клинкера с термоактивированной добавкой-присадкой путем термоактивации влажных хризотилцементных отходов на слое раскаленного клинкера, выходящего из вращающейся печи с температурой (1000-1200)°С и поступающего в колосниковый холодильник.

**SCIENTIFIC COUNCIL DSc.27.06.2017.T.04.01. UNDER  
TASHKENT CHEMICAL – TECHNOLOGICAL INSTITUTE  
GIVING THE DEGREE OF DOCTOR OF SCIENCE**

---

**INSTITUTE OF GENERAL AND INORGANIC CHEMISTRY**

**ATABAEV FARRUKH BAKHTIYAROVICH**

**DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR PRODUCTION OF LOW-  
ENERGY CLINKERS AND CEMENTS ON THE BASIS OF MINERAL  
SECONDARY RAW MATERIAL RESOURCES**

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

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

**Tashkent – 2018**

**The dissertation subject doctor of science (DSc) is registered at Supreme Attestation Commission of the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan in number B2017.2.DSc/T118**

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

The abstract of the dissertation is posted in three languages (uzbek, russian, english (resume) on the scientific council website [www.tkti.uz](http://www.tkti.uz) and on the website of “Ziyonet” Information and educational portal [www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz).

**Research supervisors:** **Eminov Ashraf Mamurovich**  
doctor of technical sciences, professor

**Official opponents:** **Rahimov Rahimboy Atajanovich**  
doctor of technical sciences, professor

**Tulaganov Abbukobil Abdunabiyevich**  
doctor of technical sciences, professor

**Taymasov Bahitjan**  
doctor of technical sciences, professor

**Leading organization:** **Tashkent architecture and civil engineering institute**

The presentation of doctoral thesis will be held on «\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 at «\_\_» at the meeting of the Scientific Council DSc.27.06.2017.T.04.01 at the Tashkent chemical-technological institute. (Address: 100011, Tashkent, Navoi street, 32. tel. (+99871) 244-79-21; fax: (99871) 244-79-17; e-mail: [tkti-info@edu.uz](mailto:tkti-info@edu.uz)).

Doctoral dissertation can be reviewed at the Information-resource centre at Tashkent chemical-technology institute (registered number \_\_\_\_). Address 100011, Tashkent, Navoi street, 32. tel. (+99871) 244-79-21; fax: (99871) 244-79-17.

Abstract of dissertation sent out on “\_\_” \_\_\_\_\_ 2018 y.  
(mailing report No. \_\_\_\_ on “\_\_” \_\_\_\_\_ 2018 y.).

**S.M. Turobjonov**  
Chairman of Scientific Council on awarding  
of scientific degree of Doctor of Sciences,  
Doctor of Technical Sciences, Professor

**A.S. Ibodullaev**  
Scientific secretary of Scientific Council for  
awarding the scientific degrees, Doctor of  
Technical Sciences, Professor

**M.X. Aripova**  
Chairman of Scientific seminar under at  
scientific council for awarding the scientific  
degrees, Doctor of Technical Sciences,  
Professor

## INTRODUCTION (abstract of DSc dissertation )

**The aim of the research work** is to develop a technology for producing portland cement clinker, as well as additional cement based on local raw materials and man-made waste.

**The objects of the work** recycled steel-smelting slags, wastes of secondary enrichment of tungsten ore tails, wet chrysotile cement waste, clinkers and additional cements with their use.

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

raw mixtures for clinker production are calculated with the use of recycled steel-smelting slags, secondary waste enrichment of tungsten ores and chrysotile cement wastes as feedstock components were calculated and their compositions were optimized for the number of basic clinker minerals;

the reactivity of raw mixes of a new composition and the process of formation of clinker minerals in them under high-temperature influence is established;

the optimal chemical-technological parameters of raw mixtures for clinker burning, compiled with the use of mineral technogenic wastes, and the physical and mechanical properties of cements obtained from these clinkers were determined;

compositions of additional cements are optimized based on the required properties of recycled steel-smelting slags and secondary waste enrichment of tungsten ores as additives for cement, and technologies for their production have been developed;

the relationship between the physico-mechanical properties of additional portland cement of a new composition with physico-chemical transformations upon their hardening, the structure of the cement stone and the formation of their physico-mechanical properties has been proved;

a method has been developed for increasing the hydraulic activity of wet chrysotile cement waste by forming an active additive-additive by thermoactivation on a layer of hot clinker leaving the rotating furnaces at a temperature of (1000-1200)°C and the technology for obtaining portlandcement for the production of chrysotile cement products.

**Implementation of the research results.** On the basis of the obtained scientific results on the development of technology for obtaining low-energy-intensive clinkers and additional cements:

the standard of the organization for clinker with additive-additive of thermally activated chrysotile cement was registered in the Agency «Uzstandard» (Ts № 00295455-04: 2015). As a result, it became possible to produce clinker with additive-additive by thermoactivation of chrysotile cement waste on the hot clinker layer;

registered in the Agency «Uzstandard» the organization's standard for chrysotile cement waste for use in the production of chrysotile cement products (Ts №. 00295455-016: 2016). As a result, it became possible to produce building materials of different assortment from this technogenic waste;

the standard of the organization for the use of recycled steelmaking slag as an additive for the production of clinker and in cement (Ts № 00295455-016: 2016) is

registered in the Agency «Uzstandard». As a result, the JSC «Uzmetkombinat» has an opportunity to implement this waste;

JSC «Bekabadcement» has introduced the technology of obtaining additional and composite cements based on steel smelting slag (the information by JSC «Bekabadcement» PA/ 90 dated March 30, 2018). As a result, it became possible to produce additional and composite portlandcement on an industrial scale;

for the production of chrysotile cement products, the «Uzstandart» Agency has registered the State Standard of the Republic of Uzbekistan (O'z DSt 913-2017). As a result, it became possible to produce portland cement on an industrial scale for the production of chrysotile cement products from clinker with a thermally activated additive;

JSC «Kizilkumtsement» has introduced a technology for the production of clinker with an additive thermoactivated in a new way and obtaining Portland cement for chrysotile cement products from it (the information by JSC «Kizilkumtsement» AT 02-36 / 336 dated February 7, 2018 and JSC «Uzqurilishmateriallari» TM-1 / 03-599 dated February 26, 2018). As a result, it became possible to save expensive clinker by up to 5%, an increase in production, a decrease in the cost of portland cement for the production of chrysotile cement products.

**The structure and volume of the thesis.** The structure of the dissertation consists of an introduction, five chapters, conclusion, the list of references, applications. The volume of the dissertation is 175 pages.

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

**I бўлим (I часть; part I)**

1. Атабаев Ф.Б., Искандарова М. Миронюк Н.А. Бегжанова Г.Б. Энергоэкономичные технологии переработки отходов обогащения вольфрамовых руд в промышленности строительных материалов. // Горный вестник. – Навои, 2016. – № 4 (67). – С. 109-116. (05.00.00. № 7)
2. Atabaev F.B. Waste from flotation enrichment of rocks - as a complex raw material for the cement industry // European Science Review. – Austria, Vienna, March–April, 2017. – № 3–4. – P. 92-94. (05.00.00. № 3)
3. Атабаев Ф.Б. Рациональные способы утилизации отходов обогащения горных пород для производства различной строительной продукции // Горный вестник. – Навои, 2017. – № 2 (69). – С. 158-164. (05.00.00. № 7)
4. Atabaev F.B., Iskandarova M.I., Eminov A.M. Energy efficient technologies of processing of waste enrichment of tungsten ores in building materials industry. // Austrian Journal of Technical and Natural Sciences. – Austria, Vienna • Prague, July–August, 2017. – № 7–8. – P. 28-32. (02.00.00. 2017, № 2)
5. Iskandarova M.I., Atabaev F.B. To a question of recycling of enrichment of tails of tungsten ores in production of cement. // Austrian Journal of Technical and Natural Sciences. – Austria, Vienna • Prague, September–October, 2017. – № 9–10. – P. 41-44. (02.00.00. 2017, № 2)
6. Iskandarova M.I., Atabaev F.B. Rational way of disposal of chrysotilcement waste in the manufacture of the portlandcement. // European Science Review. – Austria, Vienna, September–October, 2017. – № 9–10. – P. 77-80. (05.00.00. № 3)
7. Атабаев Ф.Б., Искандарова М.И. Переработанные сталеплавильные шлаки – комплексное сырье для производства цементного клинкера. // Композиционные материалы. – Ташкент, 2017. – № 3. – С. 86-89. (05.00.00. № 13)
8. Атабаев Ф.Б., Искандарова М.И., Отахонова О.А. Использование отходов вторичного обогащения вольфрамовых руд Ингичкинского месторождения в качестве добавки при производстве общестроительных цементов // Композиционные материалы. – Ташкент, 2017. – № 4. – С. 30-32. (05.00.00. № 13)
9. Искандарова М.И., Атабаев Ф.Б. Цементы, содержащие добавку отходов горно-перерабатывающей промышленности // Цемент и его применение. – Санкт-Петербург, 2017. – № 6. – С. 96, 98-99. (02.00.00. № 29)
10. Атабаев Ф.Б. Способ производства цемента из клинкеров с термоактивированной добавкой-присадкой хризотилцементных отходов АО «Кизилкумцемент» // Композиционные материалы. – Ташкент, 2018. – № 2. – С. 81-84. (05.00.00. № 13)

## II бўлим (II часть; part II)

11. Хабилов Р.С., Мирхамидова Ф.З., Алехина Г.Б., Искандарова М.И., Атабаев Ф.Б., Суюнов Т.Х. Буриев А.И. «Хвосты» обогащения вольфрамных руд – комплексное сырье для производства клинкера и добавочного цемента. // Экологический вестник. – Ташкент, 2015. – № 4. – С. 11-14. (04.00.00. № 1)

12. Искандарова М., Махмудова Н., Чернышева Г., Алехина Г. Экологически эффективное решение вопроса утилизации хризотилцементных отходов в производстве портландцемента. // Экологический вестник. – Ташкент, 2016. - № 3. – С. 26-29. (04.00.00. № 1)

13. Атабаев Ф.Б. Композиционные цементы с добавками из вторичных сырьевых материалов // Вісник Національного технічного університету «ХПІ» Серія: Хімія, хімічна технологія та екологія. – Харьков, 2016. – № 22 (1194). – С. 10-14.

14. Atabayev F. Portland cements From Clinkers With Additive of the Thermo activated Asbestos-Cement Waste. // Journal of Chemical Engineering and Chemistry Research. – USA, 2016. – Vol. 3, No.1. – P. 1-7.

15. Atabayev F.B. Energy efficient technology of comprehensive utilization of waste beneficiation of tungsten ores in the production of clinker and Portland sement. // East European Scientific Journal Wschodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe. – Poland, 2016. – № 8 (12). – P. 67-73.

16. Искандарова М.И., Атабаев Ф.Б., Суюнов Т.Х. Комплексное использование хвостов обогащения вольфрамных руд в производстве клинкера и цемента // Материалы Республиканской Научно-Технической Конференции "Ингредиенты из местного и вторичного сырья для получения новых композиционных материалов". – Ташкент: ТГТУ ГУП “Фан ва тараккиёт”, 2014. – С. 132-133.

17. Atabayev F.B., Iskandarova M. I. Kakurina L.M. Production of Additional Cements with Use of Local Dolomitic Breeds and Waste of Asbestos-Cement Production // International Conference on thermophysical and mechanical properties of materials THERMAM 2014. – Cheshme-Izmir/Turkey: Dokuz Eylul University, 2014. – P. 73-74.

18. Миронюк Н.А., Суюнов Т.Х., Атабаев Ф.Б., Махмудова Н.К.. Азбозурит термоактивированный - как добавка к цементу для производства асбестоцементных изделий // Материалы Республиканской Научно-Технической Конференции "Ингредиенты из местного и вторичного сырья для получения новых композиционных материалов". – Ташкент: ТГТУ ГУП “Фан ва тараккиёт”, 2014. – С. 133-135.

19. Заявка на патент № IAP 2014 0318. Сырьевая смесь для получения клинкера / Искандарова М., Акрамов Э.М., Атабаев Ф.Б., Миронюк Н.А. Курбанов Э. Кадырова Ф. (UZ) / Опуб. 14.10.2014. – Решение о принятии заявки к рассмотрению.

20. Chernysheva G. P., Atabayev F.B., K. Makhmudova L N., Mirzayeva L.Z. Damp asbestos-cement waste – as the additive to portlandcement clincer //

International Porous and Powder Materials. Symposium and Exhibition PPM 2015. – Cheshme-Izmir/Turkey: Izmir Institute of Technology, 2015. – P. 525-532.

21. Атабаев Ф.Б., Искандарова М., Эминов А.М., Бегжанова Г.Б.. Технология получения добавочного цемента с использованием нового вида местной добавки наполнителя техногенного происхождения // Материалы Республиканской Научно-Технической Конференции "Прогрессивные технологии получения композиционных и наноконпозиционных материалов и изделий из них". – Ташкент: ТГТУ ГУП "Фан ва тараккиёт", 2015. – С. 316-318.

22. Iskandarova M., Atabayev F., Kakurina L., Chernysheva G. Damp asbestos-cement waste – as the additive-additive to clinker for production of portlandtsement // International Conference on Thermophysical and Mechanical Properties of Advanced Materials –THERMAM 2015 and 4nd Rostocker International Symposium Thermophysical Properties for Technical Thermodynamics. - Azerbaijan, Ваку: Azerbaijan Technical University, 2015. – P.39.

23. Искандарова М.И., Атабаев Ф.Б., Миронюк Н.А., Кодирова Ф.Д. Новое технологическое решение вопроса получения клинкера и добавочных цементов с комплексным использованием техногенных минеральных ингредиентов // Материалы Международной научно-технической конференции «Актуальные проблемы отраслей химической технологии». – Бухара: Бухарский инженерно-технологический институт, 2015. – С. 255-258.

24. Atabayev F., Iskandarova M., Mironyuk N.A., Makhmudova N. Steel-smelting slags - as complex raw materials for production of portlandtsementny clinker. // International Conference on Thermophysical and Mechanical Properties of Advanced Materials –THERMAM 2015 and 4nd Rostocker International Symposium Thermophysical Properties for Technical Thermodynamics. - Azerbaijan, Ваку: Azerbaijan Technical University, 2015. – P.70.

25. Атабаев Ф.Б., Миронюк Н.А., Махсудова Н.Д., Мирзаева Л.З. К вопросу утилизации отходов обогащения хвостов вольфрамовых руд в производстве цемента. // Материалы Республиканской научно-технической конференции «Перспективы развития композиционных и наноконпозиционных материалов». – Ташкент: ТГТУ ГУП "Фан ва тараккиёт", 2016. – С. 227-229.

26. Атабаев Ф.Б., Миронюк Н.А., Какурина Л.М. Перспективные технологии комплексного использования хвостов горно-обогатительных фабрик в цементном производстве // Материалы Республиканской научно-технической конференции «Перспективы развития композиционных и наноконпозиционных материалов». – Ташкент: ТГТУ ГУП "Фан ва тараккиёт", 2016. – С. 261-262.

27. Заявка на патент № IAP 2016 0123. Портландцемент / Искандарова М., Атабаев Ф.Б., Уразматова Х., Бегжанова Г.Б., Ендржеевский В.В. (UZ) / Оpub. 07.04.2016. – Решение о принятии заявки к рассмотрению.

28. Заявка на патент № IAP 2016 0260. Портландцемент / Искандарова М., Атабаев Ф.Б., Суюнов Т.Х., Бегжанова Г.Б. (UZ) / Оpub. 01.07.2016. – Решение о принятии заявки к рассмотрению.

29. Заявка на патент № IAP 2016 0435. Способ получения портландцемента для хризотилцементных изделий / Искандарова М., Атабаев Ф.Б., Чернышева Г.П., Суюнов Т.Х., Бегжанова Г.Б., Какурина Л.М., Якубжанова З.Б. (UZ) / Оpub. 19.10.2016. – Решение о принятии заявки к рассмотрению.

30. Атабаев Ф.Б. Опытнo-промышленное производство добавочных цементов с использованием хвостов горно-обогатительных производств // «Кимё саноатида инновацион технологиялар ва уларни ривожлантириш истиқболлари». Республика илмий-амалий анжуманининг мақолалар тўплами. I жилд. – Урганч: Урганч Давлат университети, 2017. – Б. 35-36.

31. Атабаев Ф.Б., Мухамедбаева З.А., Чернышева Г.П. Физико-химические основы использования хризотилцементных отходов при производстве портландцемента // Акад. А.Ф. Ғаниевнинг 85 йиллигига бағишланган “Аналитик кимё фанининг долзарб муаммолари” V Республика илмий-амалий анжумани материаллари тўплами. – Термиз: Термиз Давлат университети, 2017. – Б. 122-123.

32. Атабаев Ф.Б., Миронюк Н.А.. Утилизация отходов переработки металлических полезных ископаемых в цементной промышленности // Материалы IX Международной научно-технической конференции: «Достижения, проблемы и современные тенденции развития горно-металлургического комплекса». – Навои: Навоийский горно-металлургический институт, 2017. – С. 86.

33. Атабаев Ф.Б., Суюнов Х.Т., Искандарова М.И., Чернышева Г.П. На АО «Кизилкумцемент» внедрен эффективный способ утилизации хризотилцементных отходов и технология производства ПЦХ с их использованием // Материалы Республиканской научно-технической конференции «Новые композиционные и нанокоспозиционные материалы: структура, свойства и применение». – Ташкент: ТГТУ ГУП “Фан ва тараккиёт”, 5-6 апреля, 2018 г. – С. 226-228.

Автореферат «Кимё ва Кимёвий технологияси журнали» таҳририятида  
таҳрирдан ўтказилди.

Бичими: 84x60 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. «Times New Roman» гарнитура рақамли босма усулида босилди.  
Шартли босма табағи: 3. Адади 100. Буюртма №19.

«Тошкент кимё-технология институти» босмаҳонасида чоп этилди.  
100011, Тошкент, Навоий кўчаси, 32-уй.