

**УМУМИЙ ВА НООРГАНИК КИМЁ ИНСТИТУТИ ВА ТОШКЕНТ  
КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ  
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ  
DSc.27.06.2017.К/Т.35.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**УМУМИЙ ВА НООРГАНИК КИМЁ ИНСТИТУТИ**

**ТУРЕМУРАТОВ ШАРИБАЙ НАУРИЗБАЕВИЧ**

**ГИПСЛИ, ОҶАКЛИ ВА ОҶАКЛИ-БЕЛИТЛИ ДИСПЕРС  
БОҒЛОВЧИЛАРИНИ ОЛИНИШ ВА ГИДРАТЛИ СТРУКТУРА ҲОСИЛ  
БЎЛИШ ЖАРАЁНЛАРИНИ МИНЕРАЛ МИКРОТЎЛДИРУВЧИЛАР  
БИЛАН БОШҚАРИШНИНГ КОЛЛОИД-КИМЁВИЙ АСОСЛАРИ**

**02.00.11 – Коллоид ва мембрана кимёси**

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

**Тошкент – 2019**

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

**Туремуратов Шарибай Науризбаевич**

Гипсли, оҳакли ва оҳакли-белитли дисперс боғловчиларини олиниш  
ва гидратли структура ҳосил бўлиш жараёнларини минерал  
микротўлдирувчилар билан бошқаришнинг  
коллоид-кимёвий асослари .....3

**Туремуратов Шарибай Науризбаевич**

Коллоидно-химические основы управления процессами создания и  
гидратационного структурообразования гипсовых, известковы  
и известково-белитовых вяжущих дисперсий минеральными  
микронаполнителями .....29

**Turemuratov Sharibay Naurizbayevich**

Colloid-chemical bases of processes control of creating and hydration structure  
formation of gypsum, lime and lime-belite binder dispersions of mineral  
microfillers .....55

**Эълон қилинган ишлар рўйхати**

Список опубликованных работ  
List of published works .....59

**УМУМИЙ ВА НООРГАНИК КИМЁ ИНСТИТУТИ ВА ТОШКЕНТ  
КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ  
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ  
DSc.27.06.2017.К/Т.35.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**УМУМИЙ ВА НООРГАНИК КИМЁ ИНСТИТУТИ**

**ТУРЕМУРАТОВ ШАРИБАЙ НАУРИЗБАЕВИЧ**

**ГИПСЛИ, ОҶАКЛИ ВА ОҶАКЛИ-БЕЛИТЛИ ДИСПЕРС  
БОҒЛОВЧИЛАРИНИ ОЛИНИШ ВА ГИДРАТЛИ СТРУКТУРА ҲОСИЛ  
БЎЛИШ ЖАРАЁНЛАРИНИ МИНЕРАЛ МИКРОТЎЛДИРУВЧИЛАР  
БИЛАН БОШҚАРИШНИНГ КОЛЛОИД-КИМЁВИЙ АСОСЛАРИ**

**02.00.11 – Коллоид ва мембрана кимёси**

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

**Тошкент – 2019**

Фан доктори (DSc) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2019.3.DSc/K71, рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Умумий ва ноорганик кимё институтида бажарилган.  
Диссертация автореферати уч тилда (Ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифанинг [www.iopx.uz](http://www.iopx.uz) ҳамда «Ziyounet» ахборот-таълим портали ([www.ziyounet.uz](http://www.ziyounet.uz)) миқдорида жойлаштирилган.

<b>Илмий маслаҳатчи:</b>	<b>Ахмедов Улуг Каримович</b> кимё фанлари доктори, профессор
<b>Расмий оппонентлар:</b>	<b>Гуро Виталий Павлович</b> кимё фанлари доктори, профессор <b>Аминов Собир Нигматович</b> кимё фанлари доктори, профессор <b>Эминов Ашрап Мамурович</b> техника фанлари доктори, профессор
<b>Етакчи ташкилот:</b>	<b>Ўзбекистон миллий университети</b>

Диссертация ҳимояси Умумий ва ноорганик кимё институти ва Тошкент кимё-технология институти ҳузуридаги DSc.27.06.2017.К/Т.35.01 рақамли Илмий кенгашнинг «22» октябр 2019 йил соат 15<sup>00</sup> даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100170, Тошкент шаҳри, Мирзо Улугбек кўчаси, 77а. Тел.: (+99871) 262-56-60; факс: (+99871) 262-79-90, e-mail: [iopx@uz@mail.ru](mailto:iopx@uz@mail.ru)).

Диссертация билан Умумий ва ноорганик кимё институтининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (№ 16 рақами билан рўйхатга олинган). Манзил: 100170, Тошкент шаҳри, Мирзо Улугбек кўчаси, 77-а. (Тел.: (99871) 262-56-60, факс: (+99871) 262-79-90).

Диссертация автореферати 2019 йил «9» октябр куни тарқатилди.  
(2019 йил «9» октябр № 16 рақамли реестр баённомаси).



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

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

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

## **КИРИШ (фан доктори ( DSc) диссертацияси аннотацияси)**

**Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати.** Дунёда қурилиш материалларини ишлаб чиқаришда айниқса уларнинг экологик тозаллиги ва энерготехнологияларига каби муҳим кўрсаткичлари долзарбдир. Маҳсулотларни истеъмол сифатлари ва функционал хоссалари: уни мустаҳкамлиги, энгиллиги, иссиқлик, товуш ва сув ўтказувчанлигини яхшилаш асосий вазифалардир. Шунинг учун замонавий қурилиш саноати материалларига қўйиладиган талабларга жавоб берувчи янги қурилиш материалларини яратиш учун камёб бўлмаган табиий ресурсларни қидириб топиш муҳим аҳамиятга эга.

Ҳозирги кунда табиий гипс ва карбонат минераллари асосида боғловчи материаллар олиш, уларни микротўлдирувчилар ёрдамида физик-коллоид хоссалари ва физик-механик сифатларини яхшилашда қуйидаги соҳаларда илмий ечимларни асослаш: дастлабки материалларни термик қайта ишлашда уларнинг коллоид-кимёвий хоссаларига ҳарорат таъсирини аниқлаш; табиий минераллар ва саноат чиқиндиларини микротўлдиргич сифатида қўллаш имкониятларини аниқлаш ва микротўлдирувчиларни структура ҳосил бўлишига таъсирини аниқлаш зарур.

Республикада қурилиш саноати учун тўлдирувчилардан фойдаланган ҳолда гипсли ва карбонат минераллар асосида самарадор боғловчи материаллар ишлаб чиқиш бўйича маълум даражада илмий ва амалий натижаларга эришилмоқда. Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида «саноатни сифат жиҳатидан янги даражага ўтказиш орқали уни юксалтириш, маҳаллий хом ашё ресурсларини чуқур қайта ишлаш асосида тайёр маҳсулотлар ишлаб чиқаришни янада жадаллаштириш, янги турдаги маҳсулот ва технологияларни ўзлаштириш»<sup>1</sup> вазифалари қўйилган. Бу борада, жумладан қурилиш саноатини техник шартларига мос келувчи маҳаллий хом ашё ва саноат чиқиндилари асосида янги модификацион аралашмалар ишлаб чиқиш бўйича илмий тадқиқотлар олиб бориш муҳим аҳамият касб этади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сонли «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси» тўғрисидаги Фармони ва 2017 йил 23 августдаги ПҚ-3236-сонли «Кимё саноатини 2017-2021 йилларда ривожлантириш дастури», 2018 йил 14 июлдаги ПҚ-3855-сонли «Илмий ва илмий-техник фаолият натижаларини тижорат қилиш самарадорлигини ошириш бўйича қўшимча чора-тадбирлар» тўғрисидаги ҳамда 2019 йил 23 майдаги ПҚ-4335-сонли «Қурилиш материаллар саноатини ривожланишини жадаллаштириш бўйича қўшимча чора-тадбирлар тўғрисидаги» Қарорлари ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган

---

<sup>1</sup> Ўзбекистон Республикаси Президентининг ПФ-4947 “2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини ривожлантиришнинг бешта устувор йўналишлари бўйича Ҳаракатлар стратегияси” тўғрисидаги фармон.

вазифаларни бажаришга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

**Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг асосий устувор йўналишларига боғлиқлиги.** Мазкур тадқиқот республикада фан ва технологиялар ривожланишининг устувор йўналишига мувофиқ бажарилган.

**Диссертация мавзуси бўйича хорижий илмий тадқиқотлар шарҳи**<sup>2</sup>. Боғловчи материаллар системасида гидратли структура ҳосил бўлиш жараёнларини бошқаришга йўналтирилган илмий изланишлар жаҳоннинг етакчи илмий марказлари ва олий таълим муассасалари, жумладан, Los Alamos National laboratory (АҚШ), Princeton University (АҚШ), WollnerGMBH (Германия), IUBH (Германия), University of Miskolc (Венгрия), Гребенщикова номидаги Силикатлар кимёси институти, РФА (Россия), Д.И. Менделеев номидаги Россия кимё-технология университети (Россия), Munich University of Applied Sciences (Германия), University of Koblenz-Landau (Германия), Belarusian State Technological University (Белоруссия), Kaunas University of technology (Литва), Gambarotta Gschwendt (Италия), Whitehopleman (Буюк Британия), МДҚУ (Россия), Жанубий Урал давлат университети ва Россия фанлар академияси қошидаги Темир бетонлар илмий тадқиқот институтида (Россия) олиб борилмоқда.

Жаҳонда боғловчи материаллар системасида структура ҳосил бўлиш жараёнларига оид олиб борилган тадқиқотлар натижасида қатор, жумладан, қуйидаги илмий натижалар олинган: К, Mg ли  $\text{CaCl}_2$  эритмасида юмшоқ шароитларда десульфиллаш газлари тутган гипс чиқиндиларидан  $\alpha$ -ярим гидратли кальций сульфат олинган (Jiling University China); сувсиз фосфогипсни ярим гидратли кальций сульфат қўшиш орқали фаоллаштириб, гипс асосида намликни бошқариш учун материаллар олинган ва сорбция/десорбция хусусиятлари аниқланган (Wuhan University, Хитой); кальций силикатга сувни бирикиши жараёнида сирт юзаларини ўзгариши аниқланган (Portland Cement Associations Research and Development laboratories, АҚШ); ярим гидратли кальций сульфатга сувни бирикишига турли суюқликларни таъсири аниқланган (Friedrich-Alexander-University, Германия); боғловчи материаллар композицияси учун донадорланган гидрофобли қўшимча олинган (Dow Corning Corporation, АҚШ); гипсли боғловчи материалларни сувга чидамлилигини ошириш технологияси ишлаб чиқилган (В.Г.Шухов номидаги Белоруссия давлат техника университетидаги Илмий тадқиқот маркази).

Дунёда боғловчи материаллар системаларини хоссаларини бошқариш бўйича қатор, жумладан қуйидаги устувор йўналишларда қатор тадқиқотлар олиб борилмоқда: минерал системалар асосида композицион материаллар ва

---

<sup>2</sup> Диссертациянинг мавзуси бўйича хорижий илмий-тадқиқотлар шарҳи: <https://www.lanl.gov/>; <https://ehs.princeton.edu/>; <https://www.woellner.de/>; <https://www.iubh.de/>; <http://www.uni-miskolc.hu/en/>; <https://www.iscras.ru/>; <https://muctr.ru/>; <https://www.hm.edu/en/>; <https://www.uni-koblenz-landau.de/>; <http://en.belstu.by/>; [www.ktu.edu/](http://www.ktu.edu/); <https://www.gambarotta.in/>; <https://www.mgsu.ru/>; <https://www.susu.ru/>; [http://abbr\\_rus.academic.ru](http://abbr_rus.academic.ru) ва бошқа манбалар асосида шакллантирилган.

маҳсулотлар олиш технологиясини ишлаб чиқиш миқёсини кенгайтириш; боғловчи материаллар дисперсиясида гидратли структура ҳосил бўлишини бошқариш ва уларни олиш усуллари тақомиллаштириш; композицион материаллар олиш жараёнига минерал тўлдирувчиларни таъсир этиш механизми ва ролини янада мустаҳкамлаш.

**Муаммонинг ўрганилганлик даражаси.** Ҳозирги кунга қадар Қорақалпоғистон ҳам ашё ресурслари асосида қурилиш материаллари турларини кенгайтириш бўйича ҳар томонлама тадқиқотлар олиб борилмаган. Лекин шундай бўлсада бошқа мамлакатларни адабиётларини таҳлил қилиш натижалари шуни кўрсатмоқдаки, чет эл олимларини ишлари боғловчи материаллар сифатида гипсли ва карбонатли минералларни хоссалари ва структурасини ўрганишга қаратилган. Жумладан, Ле-Шателье, Я.Вант-Гофф, А.А.Байков, Д.С.Белянкин, П.П.Будников, Л.Г.Берг, П.А.Рибиндер, Е.Е.Сегалова, А.В.Волженский, Ю.М.Бутт, А.В.Ферронская, В.Б.Ратинов, В.К.Саснаускас, Н.Б.Урьев, К.Келли, Д.Суттард, М.М.Сычев, Х.Ф.Тейлор, К.Андерсон ва бошқалар томанидан турли боғловчи дисперс системаларнинг физик- ва коллоид-кимёвий хоссалари ўрганилган.

Ўзбекистон олимлари К.С. Ахмедов, Ф.Л. Глекель, С.С. Хамраев, А.А.Агзамходжаев, Р.З. Копп, Т.А. Атакузиев, О.Асаматдинов, С.Н. Аминов, У.К. Ахмедов, Н.Х. Толипов ва бошқалар ўзларини тадқиқотлари билан маҳаллий гипсли ва карбонатли минералларни боғловчи материаллар сифатида ишлатилиш муаммоларини ҳал этишга маълум даражада ҳиссаларини қўшишган.

Илмий адабиётларда гипс ва оҳакли-белитли боғловчи (ОББ) асосидаги боғловчи материалларни қотиш муддатлари ва системалардаги структура ҳосил бўлиш жараёнларига турли тўлдирувчиларни таъсири тўғрисида маълумотлар мавжуд. Ҳозирги кунда гидратли қотиш қобилятига эга бўлган турли минерал системалар мисолларида ушбу жараённи тезлиги қаттиқ ва суюқ чегарадаги сирт хоссалар билан, структурани хоссалари эса – алоҳида тўқнашишлар сони ва мустаҳкамлиги ва мустақкамлик нисбатлари, ғоваклилик ва ички таранглик билан белгиланиши исботланган. Мос равишда ушбу жараёнларни бошқаришга янги ҳосил бўлувчиларни хоссаларни белгилайдиган гидратланадиган фаза табиатига боғлиқ равишда ва гидрат контакти – қўшимчалар ёки бошқа қаттиқ фазалар - тўлдирувчилар борлигига қараб танлаб ёндашиш керак. Шундай бўлсада уларни таъсир қилиш механизмлари ва минерал микротўлдирувчилар иштирокида структура ҳосил бўлишнинг турли босқичларидаги сувни бириктириши каби кўплаб саволларга ҳали ойдинлик киритилмаган. Минерал боғловчи моддаларни коллоид-кимёвий хоссалари гидратли структурани қотишни ҳосил бўлишига жиддий таъсир этади, бу эса олинадиган материални сифатини белгилайди.

Шу сабабли боғловчи материаллар системасида структура ҳосил бўлишида минерал микротўлдирувчилар табиати ролини тадқиқ этиш нафақат амалий, балки фундаментал жиҳатдан ҳам долзарб масаладир.

**Диссертация мавзусининг диссертация бажарилаётган илмий-тадқиқот муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари билан боғлиқлиги.**

Диссертация тадқиқоти Қорақалпоғистон Республикаси Фанлар академиясининг илмий тадқиқот ишлари режасининг ПФИ-3Ф, Ф-329 «Ганчли дисперс системаларда гидратацион структура ҳосил бўлиш жараёнлари ва хоссаларига минерал қўшимчаларни таъсирини тадқиқ қилиш» (2003-2007 йй); ПФИ ФА-Ф3-Т030 «Гипсли, оҳакли ва уларни дисперсияли аралашмалари асосида боғловчи системаларини олиш ва гидратли структура ҳосил бўлиш хоссаларини бошқариш жараёнларини тадқиқи» (2007-2011 йй.); ПФИ-7 «Қорақалпоғистон Республикаси табиий ва минерал-хом ашё ресурсларини қидириш ва рационал фойдаланишни илмий асосларини тадқиқ қилиш ва ишлаб чиқишни илмий асослари» (2012-2016 йй); ФА-Ф-7-001 «Қорақалпоғистон карбонат минераллари асосида боғловчилар системаси олишни илмий асосларини яратиш ва физик-кимёвий хоссаларини тадқиқ қилиш» (2017-2020 йй.), мавзуларидаги фундаментал ва амалий лойиҳалар доирасида бажарилган.

**Тадқиқотнинг мақсади** Қорақалпоғистон минераллари ва микротўлдирувчилари асосида олинган дисперсияли боғловчиларни гидратли структура ҳосил бўлиш жараёнларини бошқаришни коллоид–кимёвий усулларини такомиллаштиришдан иборат.

**Тадқиқот вазифалари:**

Қорақалпоғистон гипсли ва карбонат минераллари хом ашё базасини ўрганиш ва уларнинг кимёвий, физик-кимёвий, коллоид-кимёвий, физико-механик хоссаларини, минералогик таркибини тадқиқ қилиш;

гипсли, оҳакли ва карбонат хом ашёлари ва минерал тўлдирувчилари асосида минерал боғловчиларини олиниш усулларини ишлаб чиқиш;

боғловчи моддалар хоссаларини бошқаришда майда дисперсли минерал микротўлдирувчилар самарадорлигини коллоид-кимёвий асослаш;

олинган боғловчи моддалар ва маҳаллий минерал микротўлдирувчилар асосида қурилиш материаллари ва маҳсулотларини олишнинг усулларини ишлаб чиқиш;

ўрганилаётган боғловчи системалар асосида олинган қурилиш материаллари ва маҳсулотлари гидратли структура ҳосил бўлиш жараёнларини бошқаришни коллоид-кимёвий конуниятларини аниқлаш;

ишлаб чиқилган боғловчи таркиблар ва улар асосида олинган қурилиш материалларини тажриба-саноат синовларидан ўтказиш, техник-иқтисодий самарадорлигини баҳолаш ва ишлаб чиқаришга жорий этиш.

**Тадқиқотнинг объекти** Қорақалпоғистон минерал хом ашёлари асосида олинган гипсли, оҳакли ва оҳакли-белитли боғловчилар бўлиб ҳисобланади.

**Тадқиқотнинг предмети** маҳаллий хом ашё ресурслари асосида гипсли, оҳакли ва оҳак-белитли боғловчилар олиш усулларини ишлаб чиқиш ва уларни гидратли структура ҳосил бўлиш ва қотиш жараёнларини бошқаришдан иборат.

**Тадқиқотнинг усуллари.** Рентгенографик, электрон микроскопия, ИҚ-спектроскопия, кимёвий, коллоид-кимёвий, физик-механик ва дифференциал-термик таҳлил усуллари фойдаланилган.

**Тадқиқотнинг илмий янгилиги** қуйидагилардан иборат:

$\text{CaSO}_4$ -МТ- $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -МТ- $\text{H}_2\text{O}$  ва  $\text{CaO}$ - $\text{C}_2\text{S}$ -МТ- $\text{H}_2\text{O}$  системалардаги гидратли структура ҳосил бўлиш жараёнларига турли табиатли ва фаолликка эга бўлган Қорақалпоғистон майда дисперс минерал қўшимчаларни таъсир этиши аниқланган;

илк бор системаларда нормал ва гидротермал шароитларда кетадиган қотишда қаттиқ-суёқ фазавий реакцияларда минерал ҳосил бўлиш жараёнларини кетма-кетлиги аниқланган;

гидратли структура ҳосил бўлиш жараёнларини бошқаришнинг коллоид-кимёвий усуллари ишлаб чиқилган, ҳамда турли сув-қаттиқ нисбатларга эга бўлган уларни сувли суспензияларидаги коагуляция ва кристаллизацияли структура хоссаларига турли табиатга эга бўлган – кремнийли, карбонатли ва гилли майда дисперсли тўлдирувчилар турлари ва концентрацияларини таъсири аниқланган;

печда термик қайта ишлаш ва автоклавда гидротермал шароитда юқори физик-механик хоссаларга эга бўлган гипсли дисперс системалар олинган;

яримсувли гипс ва ангидридни гидратланиш ва қотиш жараёнини жадалаштириш учун Қорақалпоғистон микротўлдирувчиларни мақбул турлари (кварц ва лёсс тупроқ) ва уларни миқдорлари аниқланган;

дисперс оҳак гилларни термик қайта ишлашда кетадиган жараёнлар илмий асосланган ҳамда уларни қониқтирадиган коллоид-кимёвий ва физик-механик хоссаларга эга бўлган қурилиш материаллари ва маҳсулотларидаги ҳосил бўлаётган бирикмаларнинг автоклавли қотишдаги фазавий таркиби ва шароитлари аниқланган;

биринчи марта нормал ва гидротермал шароитларда маҳаллий минерал тўлдирувчилар (ангидрид, кальций карбонат) ёрдамида гидратли структура ҳосил бўлиш жараёнларини бошқариш орқали Окбурли ва Порлитау мергеллари асосида олинган оҳак-белитли боғловчи дисперсияларини физик-механик хоссаларини яхшилаш имкониятлари аниқланган.

**Тадқиқотнинг амалий натижалари** қуйидагилардан иборат:

олинган натижалар асосида боғловчи дисперс системаларда гидратацион структура ҳосил бўлиш жараёнларини мақсадли бошқаришни ривожлантириш имкони аниқланган;

ишлаб чиқилган принциплар Қорақалпоғистонда мавжуд бўлган хом ашё асосида кенг миқёсдаги боғловчи қурилиш материаллари ишлаб чиқаришни ташкил этиш, ички ва ташқи бозорларни тўла таъминлаш имкони яратилган;

оҳак гилларни термик қайта ишлаш учун топилган қонуниятлари асосида юқори техник-фойдаланиш сифатларига эга бўлган қурилиш материалларини олишнинг имконияти ишлаб чиқилган.

**Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги.** Олинган натижаларни ишончлилиги замонавий кимёвий, аналитик ва физик-коллоид-кимёвий таҳлил усуллари қўлланилганлиги билан тасдиқланади.

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

Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти шундан иборатки,  $\text{CaSO}_4$ - $\text{MT-H}_2\text{O}$ ,  $\text{Ca(OH)}_2$ - $\text{MT-H}_2\text{O}$  ва  $\text{CaO-C}_2\text{S-MT-H}_2\text{O}$  системалардаги структура ҳосил бўлиш жараёнларига турли табиатли ва фаолликка эга бўлган Қорақалпоғистон майда дисперс минерал кўшимчаларнинг коллоид-кимёвий жиҳатдан таъсир механизмлари аниқланди. Бу эса гидратли структура ҳосил бўлиш жараёнларини бошқариш усуллариининг ишлаб чиқиши ва турли табиатли майда дисперсли тўлдирувчиларни сувли суспензияларда коагуляция хоссаларига таъсирини ва кристалл структураларини яхшилашда катта аҳамиятга эгаллиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти юқори сифатли гипсли, оҳакли ва оҳакли-белитли боғловчилар олиш учун хом ашё базасини кенгайтириши ва улар асосида юқори техник-фойдаланиш сифатларига эга бўлган қурилиш материалларини ишлаб чиқариш мумкинлиги билан белгиланади, шунингдек Қорақалпоқ давлат университети ва Навои кончилик институти Нукус филиалининг ўқув жараёнига хизмат қилади.

**Тадқиқот натижаларини жорий қилиниши.** Қорақалпоғистон гипсли ва карбонатли минераллари асосида юқори сифатли янги материаллар олиш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

Оқбурли ва Порлитау карбонат минераллари асосида оҳакли-белитли боғловчилар олиш технологияси «ХОРЖ КУРЫЛЫС» МЧЖ ҚҚда амалиётга жорий этилган (Қорақалпоғистон Республикаси Қурилиш вазирлигининг 2019 йил 2 августдаги 01-07/01-1695-сон маълумотномаси). Натижада Қорақалпоғистоннинг баъзи карбонатли минераллари асосида таннархи 50% арзон бўлган оҳакли-белитли боғловчилар олиш имконини берган;

оҳак ва оҳакли-белитли боғловчилар асосида силикат материаллар олиш технологияси «Минтақавий мустақил сертификат маркази» ТК экспериментал базасида амалиётга жорий этилган (Қорақалпоғистон Республикаси Қурилиш вазирлигининг 2019 йил 2 августдаги 01-07/01-1695-сон маълумотномаси). Натижада оҳак ва оҳакли-белитли боғловчилар, бархан, чифонакли ва глауконит кумлари асосида юқори физик-механик хоссаларга эга бўлган силикат материаллар олиш имконини берган;

автоклавли қайта ишланган, тўла ва кавакли силикат ғиштни олиш технологияси «ҚЎШКУПИР СИЛИКАТ ҒИШТ ЗАВОДИ» МЧЖда амалиётга жорий этилган (ҚР Қурилиш вазирлигининг 2019 йил 2 августдаги 01-07/01-1695-сон маълумотномаси). Натижада Қорақалпоғистон маҳаллий хом ашё ва минерал тўлдирувчилари асосида юқори физик-механик ва иссиқлик ўтказмайдиган хоссаларга эга бўлган тўла ва кавакли силикат ғиштлар олиш имконини берган;

Қорақалпоғистон маҳаллий гипсли минераллар асосида паст ҳароратли гипсли боғловчи ва юқори мустаҳкам гипсли боғловчиларни олиш технологияси «КНАУФ ГИПС БУХОРО» МЧЖда амалиётга жорий қилинган (ҚР Қурилиш вазирлигининг 2019 йил 2 августдаги 01-07/01-1695-сон маълумотномаси). Натижада Қорақалпоғистон маҳаллий хом ашёлари

асосида таннархи 35-40 % арзон бўладиган қурилиш гипси, ва юқори мустаҳкам гипс боғловчиларини олиш имконияти яратилган.

**Тадқиқот натижаларининг апробацияси.** Мазкур тадқиқот натижалари, жумладан 10 та халқаро ва 20 та республика илмий-амалий анжуманларида муҳокамадан ўтказилган.

**Тадқиқот натижаларнинг эълон қилиниши.** Диссертация мавзуси бўйича жами 87 та илмий иш чоп этилган, шулардан, Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг докторлик диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларда 44 та мақола, жумладан, 37 таси республика ва 7 таси хорижий журналларда нашр этилган.

**Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми.** Диссертация таркиби кириш, бешта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 200 бетни ташкил этган.

## ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

**Кириш** қисмида ишнинг долзарблиги ва тадқиқотлар ўтказиш зарурати асосланган, тадқиқотнинг мақсад ва вазифалари тавсифланган, Республикамиз фан ва технологияси тараққиётининг устувор йўналишларига мослиги, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилинган, олинган натижаларнинг илмий ва аҳамияти очиб берилган, тадқиқот натижалари амалиётга жорий қилинганлиги, чоп этилган илмий ишлар ва диссертациянинг структураси бўйича маълумотлар келтирилган.

**Диссертациянинг “Дисперс боғловчи системаларда гидратли структураларни ҳосил бўлиши ва хоссаларини ўрганилганлик муаммоларини таҳлили”** деб номланган биринчи бобида адабиётлар шарҳи, жумладан карбонат ва гипсли минераллари, уларнинг коллоид-кимёвий ва физик-механик хоссалари ҳамда қурилиш саноатида қўлланиладиган боғловчи системаларни энг муҳим технологик хусусиятлари, уларни синфланиши, боғловчиларни ҳолатини ва уларда кетадиган жараёнларни бошқариш ҳақидаги мавжуд тушунчалар ўрганилган. Минерал боғловчилар яратишни коллоид-кимёвий асослари тўғрисида батафсил маълумотлар ҳамда кимёвий реагентлар - қотиш вақтларини бошқарувчи микротўлдирувчилар ва боғловчиларнинг бошқа технологик сифатлари келтирилган.

Адабиётлар таҳлили Қорақалпоғистон карбонатли ва гипсли минералларни янги материал ва реагентлар ҳамда улар асосида боғловчилар олиш учун қўллаш имкониятини аввалдан белгилайди. Ушбу бобда келтирилган илмий ишларга танқидий ёндашилган ҳолда тадқиқотнинг мақсади ва вазифалари белгиланган.

Диссертациянинг **“Бошланғич материаллар ва микротўлдирувчиларни кимёвий, коллоид-кимёвий ва физик-механик кўрсаткичлари”** деб номланган иккинчи бобида Қорақалпоғистон Республикаси карбонат ва гипсли минераллар, микротўлдирувчиларни

кимёвий, кимёвий-минералогик таркиблари ва физик-механик сифатлари тўғрисида маълумотлар келтирилган.

Намуналарни минералогик таркибини комплекс тадқиқ қилишда рентгенографик, термогравиметрик, электрон-микроскопик ва ИҚ-спектроскопик таҳлил усулларидадан фойдаландик.

Урге, Равшан, Айбуйир, Белтау, Кусханатау ва Хўжақўл бошланғич моддалари - гипсли дисперсия ва табиий гипсининг ўзгарган шакллари ва Устюрт, Мўйноқ, Қўнғирод, Порлитау, Оқбурли, Ашшитау, Жамансай, Белтау оҳак-карбонатли жинсларни (оҳакгил) кимёвий, кимёвий-минералогик таркиблари ва асосий физик- ва коллоид-кимёвий хоссалари аниқланди.

### 1-жадвал.

#### Карбонатли минералларнинг кимёвий таркиби, %

Конлар	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,умум.</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	б.б.б.	Σ
Устюрт	13,93	7,28	3,62	26,9	2,5	0,1	0,1	0,08	42,27	96,78
Мўйноқ	20,5	4,45	0,87	32,2	2,8	След.	0,95	0,62	37,47	99,86
Қўнғирод	8,91	3,96	1,17	34,4	2,9	3,10	0,94	0,49	44,11	99,98
Порлитау	9,73	3,78	1,00	36,5	3,5	0,21	0,92	0,50	43,47	99,61
Оқбурли	7,68	5,81	1,10	46,5	2,1	3,70	0,80	0,73	31,55	99,97
Ашшитау	7,43	2,70	1,04	36,3	3,4	изи.бор	0,97	0,58	44,83	97,25
Жамансай	1,34	0,85	0,15	48,98	1,3	0,41	изи.бор	изи.бор	46,0	99,95
Белтау	13,68	3,60	1,70	25,41	15,77	0,45	изи.бор	изи.бор	39,10	99,71

Оҳакгиллар – ўзида карбонат (кальцит, доломит) ва гилли (каолинит, монтмориллонит, гидрослюдлар) қисмлар тутган ҳамда кварц, дала шпатлари ва бошқа қўшимчали чўкинди гилли-карбонатли тоғ жинсларидир. Карбонат ва гилли компонентларни нисбатига қараб узлуксиз қатор мавжуд бўлиши мумкин: 95-90% CaCO<sub>3</sub> тутган оҳакгилли оҳактош, 90-75% CaCO<sub>3</sub> тутган оҳакгилли оҳак, 75-40% CaCO<sub>3</sub> тутган табиий оҳакгил ва 40-20% CaCO<sub>3</sub> тутган тупроқли оҳакгил. Оҳакгилли оҳактош асосан паст навли оҳак ишлаб чиқариш учун ишлатилади, оҳакгилли оҳак - гидравлик оҳак ва ОББ ишлаб чиқаришда, табиий оҳакгил эса портландцемент ишлаб чиқаришда қимматбаҳо материал бўлиб ҳисобланади.

Табиий карбонат ва гипсли минералларни 4013-82 Дав.Станд. бўйича лабораторияда кимёвий тадқиқ қилинди. Кимёвий таҳлил натижалари 1 ва 2 жадвалларда келтирилган.

ҚР карбонат-гилли жинсларни кимёвий ва физик-кимёвий тавсифлари уларни турли боғловчи қурилиш материаллари: енгил оҳак, қурилиш оҳаги, оҳакли-белитли боғловчи, гидравлик оҳак ва романцемент, турли мақсадларда ишлатиладиган боғловчи моддаларни асоси сифатида ишлатилиши мумкинлигидан далолат беради.

2-жадвал.

Гипсли минералларнинг кимёвий таркиби, %

Оксидлар		Конлар					
		Урге 1	Равшан 2	Айбуйир 3	Кусханатау 4	Белтау 5	Хўжақўл 6
Хавода қуриган моддаги масса улушлари, %	SiO <sub>2</sub>	1,37	1,85	2,57	2,76	7,31	20,18
	TiO <sub>2</sub>	<0,01	0,035	0,051	0,015	0,019	0,15
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	<0,10	0,53	0,82	0,45	0,76	2,44
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,17	0,31	0,40	0,25	0,27	1,08
	MgO	0,65	0,70	0,60	0,4	0,5	0,5
	MnO	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,01	0,02
	CaO	31,66	31,50	30,31	30,54	29,16	23,97
	Na <sub>2</sub> O	0,07	0,18	0,24	0,1	0,21	0,39
	K <sub>2</sub> O	0,03	0,36	0,21	0,11	0,22	0,37
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,053	0,048	0,05	0,048	0,042	0,068
	SO <sub>3</sub> , сульфат	44,52	44,37	44,18	44,61	41,5	32,9
	Б.б.б.	21,33	20,06	20,52	20,68	19,95	17,91
	Σ	99,97	99,96	99,98	99,97	99,95	99,98
H <sub>2</sub> O, 320°	20,1	16,89	18,76	19,63	18,75	14,32	

Табий гипсли жинсларни минералогик таркибини комплекс тадқиқ қилиш натижасида улар бир-бирлари билан иккита сувли гипсни миқдори ва уни кўринишлари, қўшимчаларни миқдори, жумладан кварц, гил, доломит ва кальцитлар билан фарқланиши аниқланди.

Микротўлдиргич сифатида майда дисперсли моно- ва полиминералли табиий силикатлар кварц қуми (99,2 % SiO<sub>2</sub>), мармар кўринишидаги кальцит (96,5% CaCO<sub>3</sub>), каолинит (98,3% каолин) ва алюмосиликатлар - монтмориллонит ва лёсс тупроқлар олинди (3-жадвал).

3-жадвал.

Микротўлдирувчи намуналарини умумий кимёвий таркиби, %

Тўлдиргич тури	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	Б.б.б	Σ
Кварц қуми	98,60	0,63	изи.бор	изи.бор	изи.бор	изи.бор	0,08	0,10	0,36	99,77
Мармар	0,54	0,42	0,16	53,73	0,81	изи.бор	0,40	0,16	42,73	98,95
Каолин	46,98	37,85	0,80	0,34	изи.бор	0,11	0,12	0,49	13,64	100,3
Лёсс тупроқ	49,80	11,13	4,00	13,90	2,01	изи.бор	1,32	1,88	15,31	99,35
Монтмориллонит	56,75	16,17	5,50	0,15	2,01	изи.бор	3,50	2,51	13,37	99,96

Рентгенографик таҳлилни XRD-6100 (Shimadzu, Japan) номли дифрактометр ёрдамида қилинди. Детекторни 4 град/дақ. 0,02 кадам билан доимий айланиши тезлигида, сканлаш бурчаги эса 4 дан 80°С гача бўлган ҳолда CuK<sub>α</sub> – нурланишни (β-фильтр, Ni, то режими 1,54178 ва трубкадаги кучланиш 30 мА, кв) қўлладик. Минерал намуналарини дифференциал-термик таҳлиллари Паулик-Паулик-Эрдей системали дериватографда 0,1 г намуна ва 9-10 град/дақ. ва гальванометрларнинг Т-900, ТГ-100, ДТА-1/10, ДТГ-1/10 даги сезгирлигида ўтказилди. Қайд этишлар атмосфера шароитида олиб борилди. Тутгич сифатида 7 мм ли қопқоқсиз платина тигелидан фойдаланилди. Эталон сифатида Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> дан фойдаланилди. ИҚ-ютилиш

спектрлари “Shimadzu” фирмасини IRTracer-100 (400-4000  $\text{cm}^{-1}$ ) PУE ва NiSAM (400-4000  $\text{cm}^{-1}$ ) спектрофотометрида намуналарни KBr билан пресслаш усулини қўллаш орқали қайд этилди.

Майда дисперсли тўлдирувчилар ўзларини табиатларидан қайтий назар улар доимо полидисперсдир, бу эса уларни физик-механик ва коллоид-кимёвий хоссаларига таъсир этади (4-жадвал).

#### 4-жадвал.

#### Минерал тўлдирувчиларни асосий физик-механикавий хоссалари

Тўлдирувчи тури	Намлиги, %	Зичлиги, $\text{г/см}^3$	Ҳажм массаси, $\text{г/см}^3$	Маълум даражадаги нисбий юза		Ранги
				ПСХ-2 жиҳозидаги, $\text{см}^2/\text{г}$	Паст ҳароратли адсорбция бўйича, $\text{м}^2/\text{г}$	
Кварц куми	0,15	2,70	1,1-1,15	2300-3200	3,33	Кул ранг
Мармар	0,20	2,72	0,9-1,0	2500-3500	4,04	Оқ
Каолин	0,59	2,48	-	12300-14000	18,33	Оч жигар
Лёсс тупроқ	0,53	2,56	0,35-0,4	25000-31000	33,61	Оқ
Монтмориллонит	0,47	2,50	-	40000-46000	42,03	Оч кул

Дастлабки материалларни кимёвий, физик-кимёвий ва физик-механик хоссаларини тадқиқ қилиш натижалари уларни гипсли, оҳакли ва оҳакли-белитли боғловчи системалар яратишда ишлатиш ва боғловчилар асосида яхшиланган физик-механик хоссаларга эга бўлган композицион, қурилиш, силикат материаллари ва маҳсулотлари олиш имкониятларини кўрсатади.

Диссертациянинг “**Гипсли ва оҳакли-белитли боғловчи системаларни олиш жараёнларини танланган минералларни термик қайта ишлаш орқали бошқариш**” деб номланган учинчи бобда термик қайта ишлашни янгидан пайдо бўлган гипсли минералли маҳсулотлар таркибига; гипсли боғловчи дисперсияларни асосий физик - ва коллоид-кимёвий, ҳамда физик-механик хоссаларига иссиқлик билан қайта ишлашни; термик қайта ишлаш ва майда дисперсли тўлдирувчиларни оҳакли-белитли бирикмаларни ҳосил бўлиш жараёнларига таъсирлари ўрганилган.

Термик қайта ишлаш жараёнларда гипс минерали таркибига кечаётган ўзгаришларни ва уларни боғловчиларни гидратацион қотишига таъсири аниқлаштириш учун гипсли минералларни турли ҳароратларда термик қайта ишлангандаги моддий таркиблари ўрганилди.

Ҳарорат ва қиздириш шароитига боғлиқ равишда кристаллизацияли суви, зичлиги, кристалларни шакли ва ўлчамлари, гидратланиш иссиқлиги, иссиқлик сиғими, эрувчанлиги, оптик ва бошқа физик-кимёвий ва механик хоссалари билан фарқланадиган турли шаклдаги кальций сульфат олинади. Олинган экспериментал маълумотлар таҳлили куйдириш ҳароратини йўналтирган ҳолда ва хом ашёли аралашмани дисперслигини ўзгартириш орқали турли ўзгарган шаклдаги гипсли минерал боғловчилар олиш мумкинлиги ҳақида хулоса қилишга имкон беради.

**Оҳакли-белитли бирикмаларни ҳосил бўлиш жараёнларига термик қайта ишлашни таъсири.** Кейинги тадқиқотларда таркиби ва амалий аҳамияти бўйича боғловчилар олиш учун мақбул хом ашё сифатида Оқбурли

(намуна №1) ва Порлитау (намуна №2) конларининг оҳақгиллари танлаб олинди.

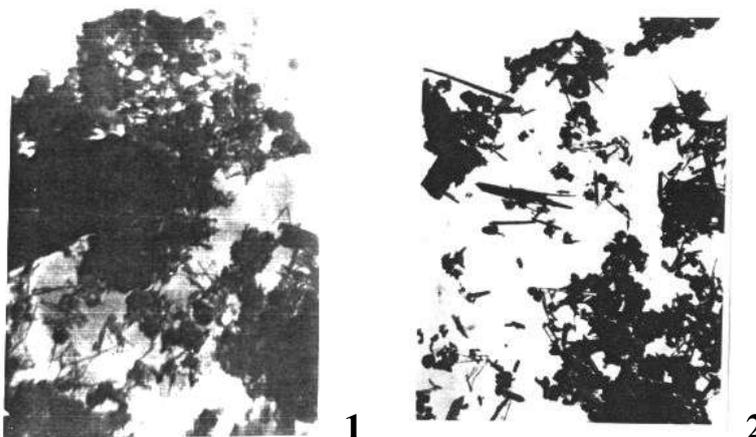
Қорақалпоғистонни Оқбурли ва Порлитау конларининг оҳақгиллари асосида биринчи марта оҳақли-белитли боғловчи (ОББ<sub>1</sub>) олинди, оҳақгилларни термик қайта ишлашни мақбул тартиблари аниқланди, олинган маҳсулотларни кимёвий-минералогик таркиблари аниқланди (5-жадвал).

**5-жадвал.**

**Олинган оҳақли-белитли боғловчининг минералогик таркиби**

Оҳақгил кони	K <sub>асос.</sub>	Минераллар, %					
		C <sub>3</sub> A	C <sub>2</sub> F	CaSO <sub>4</sub>	CaO <sub>эрк.</sub>	C <sub>2</sub> S	Σ
Оқбурли	6,23	4,79	1,23	7,43	57,24	29,25	99,94
Порлитау	3,72	5,07	2,17	6,58	58,53	27,45	99,80

Хом ашё материаллари уларни қиздириш жараёнларида бир вақтда ўзида минералогик таркиб ва физик хоссаларни ўзгариши билан мураккаб ўзгаришларга учрайди (1-расм). Келтирилган электрон-микроскопик расмлардан кўриниб турибдики, эркин ҳолидаги кальций оксид паға-паға ва думалоқ кристаллар кўринишида, β-C<sub>2</sub>S эса рангсиз думалоқ ва овал кўринишларда бўлади. Уч кальцийли алюминат изотермик квадрат ва думалоқ доналар кўринишига эга. Кальций феррит эса ингичка игнасимон кристаллар кўринишида бўлади.



**1-расм. 90 дақиқа мобайнида 1000°C да қайта ишлаб олинган ОББ<sub>1</sub> намуналарнинг электрон-микроскопиялари: 1-Оқбурли; 2-Порлитау (20 минг марта катталаштирилган).**

Хом ашёга 5, 10 ва 20% кварц қуми қўшиб боғловчилар олиш жараёнларини бошқариш амалга оширилди (мос равишда ОББ<sub>2</sub>-5, ОББ<sub>2</sub>-10 ва ОББ<sub>2</sub>-20). Оҳақгилларни кварц қуми билан термик қайта ишлаш маҳсулотларининг минералогик таркиби 6-жадвалда келтирилган. Хом ашёвий аралашмага мақбул миқдорда (оҳақгилни массасига 20%) кварц қуми қўшиш йўли билан β-икки кальцийли силикат ҳосил бўлиш жараёнини бошқариш мумкин ва бунда термик қайта ишлаш маҳсулотларида (ОББ<sub>2</sub>-20)

эркин CaO ни SiO<sub>2</sub> билан таъсирлашиш ҳисобига уни миқдорини 38-40% га ошириш мумкин.

**6-жадвал.**

**Оҳақгилларни кварц қуми билан термик қайта ишлаш маҳсулотларини минералогик таркиби**

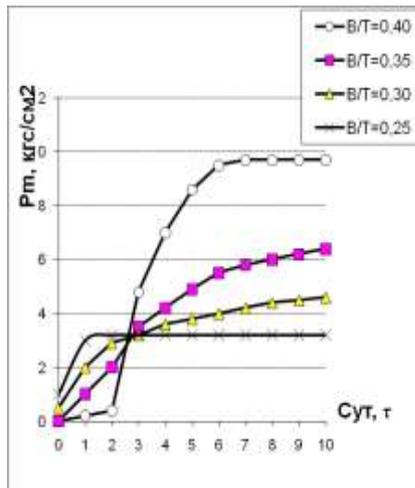
Оҳақгиллар кони	Қум	K <sub>асос</sub>	Минераллар,%				
			C <sub>3</sub> A	C <sub>2</sub> F	CaSO <sub>4</sub>	CaO	C <sub>2</sub> S
Оқбурли	5	5,52	6,32	9,65	7,79	28,17	48,13
Оқбурли	10	3,24	6,93	9,88	7,83	16,93	50,31
Оқбурли	20	1,07	7,65	10,13	9,65	3,05	67,94
Порлитау	5	4,89	8,07	9,48	7,87	25,74	48,29
Порлитау	10	2,37	9,76	9,52	7,91	15,03	55,97
Порлитау	20	1,75	10,38	11,95	7,80	1,43	65,78

Ўрганилган оҳақгилларни кварц қумисиз ва кварц қуми қўшилган ва мос равишда ОББ<sub>1</sub> ва ОББ<sub>2</sub> ларни олишни мақбул катталиклари 1000°С да 90 дақиқада термик қайта ишлаш эканлиги аниқланди. Рентгенфазавий, ИҚ-спектроскопия, электрон-микроскопия ва таҳлилнинг бошқа усулари билан термик қайта ишлаш маҳсулотларида эркин кальций оксид, β-икки кальцийли силикат, кальций алюминат ва феррит борлиги аниқланди.

Шундай қилиб, Оқбурли ва Порлитау оҳақгил намуналарини турли ҳароратларда термик қайта ишлашни мақбул ҳарорати 1000°С ва давомийлиги 90 дақиқа эканлиги физик-кимёвий тадқиқотлар натижалари кўрсатиб турибди. Бундай шароитда энг кўп миқдорда эркин кальций оксид ва β-икки кальцийли силикат, кам миқдорда эса кальций алюминат ва феррит ҳосил бўлади.

Диссертациянинг **“Гидратацияли структура ҳосил бўлиш жараёнларини бошқариш ва уларни гипсли ва гил-гипсли боғловчи системаларнинг дисперсиясидаги хоссалари”** деб номланган тўртинчи бобида микротўлдирувчисиз ва микротўлдирувчили турли шаклли гипсли боғловчилар системаларида гидратацион структура ҳосил бўлиш жараёнларини коллоид-кимёвий асосларини тадқиқот натижалари келтирилган.

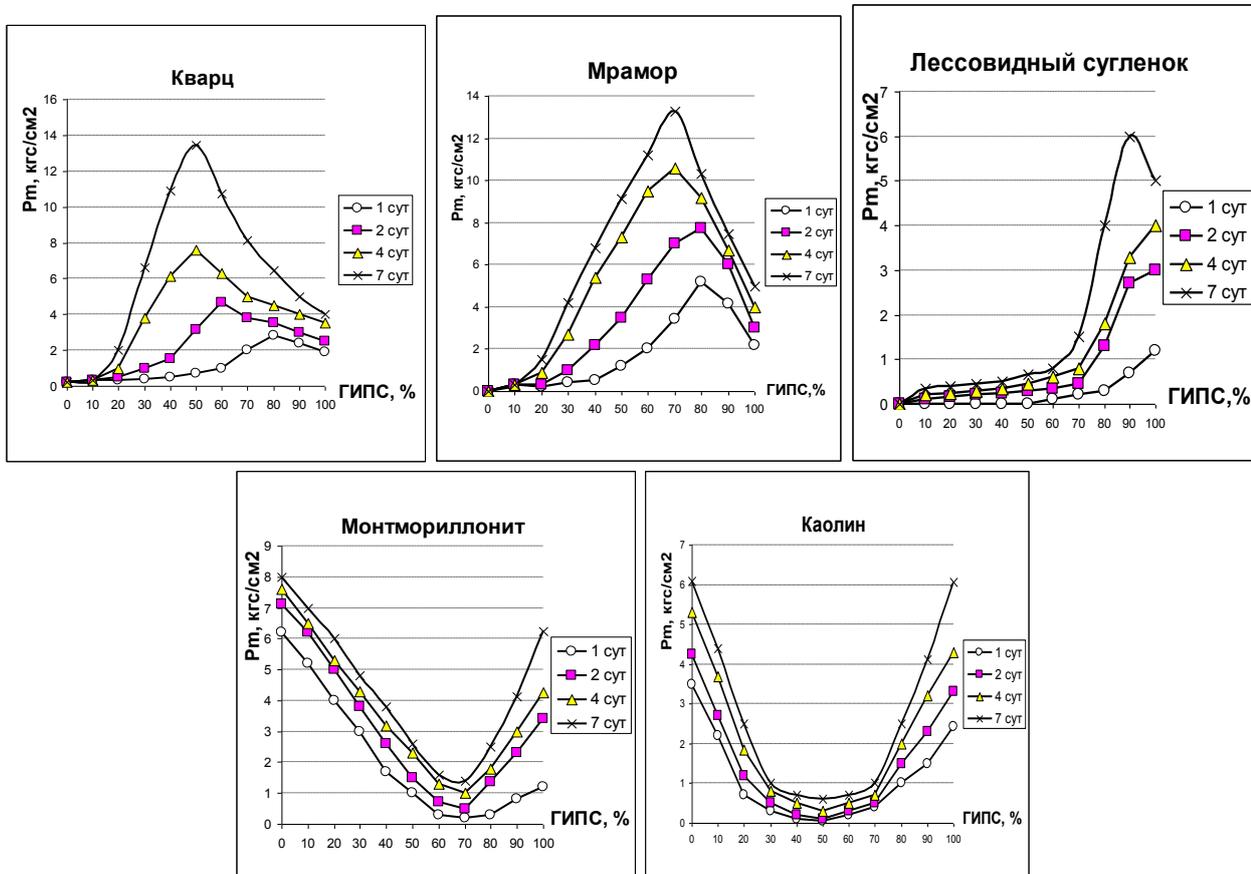
Турли термик қайта ишлашда ҳосил бўладиган, битта кимёвий табиатга эга бўлган (кальций сульфат), аммо турли ҳароратларда қайта ишлаш натижасида турли эрувчанлик ва дисперсликка эга бўлган CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O; CaSO<sub>4</sub>·0,5H<sub>2</sub>O; CaSO<sub>4</sub>(эрув); CaSO<sub>4</sub> (эримай) боғловчи системалар қаторида структурани ҳосил бўлиш жараёнларига минерал тўлдирувчиларни тури ва концентрациясини таъсири кўриб чиқилди. Ушбу қаторда тайёр ҳолидаги икки сувли гипс асосан коагуляцион, термик қайта ишланган гипслар эса гидратацияли структура ҳосил қилади, янги ҳосил бўлган кристалларни ажралиши, ўсиши, дастлабки каттик фаза заррачалари ва улар ўртасида контактларни шаклланишига қўшимча минерал компонентлар табиатининг таъсири ўрганилди.



**2-расм. Иккита сувли кальций сульфат структурасини ҳосил бўлиш кинетикасига сув-қаттиқ нисбатни таъсири.**

Турли С/Қ нисбатлардаги иккита сувли гипс суспензияларини пластик мустаҳкамлиги ( $P_m$ ) системадаги сувнинг миқдорига боғлиқлиги яққол кўринади ва бу коагуляцион структура ҳосил бўлишга хосдир (2-расм). С/Қ ни 0,25 дан 0,40 гача ортиши мустаҳкамликни уч марта ортишига олиб келади – 3,55 дан 10,50 кг/см<sup>2</sup> гача.

Эрувчанлиги ва дисперслиги фарқ қиладиган минерал тўлдирувчиларни тури ва концентрациясини турли ҳароратларда олинган боғловчили системаларда структурани шаклланиш жараёнларига таъсири ўрганилди (3-расм).



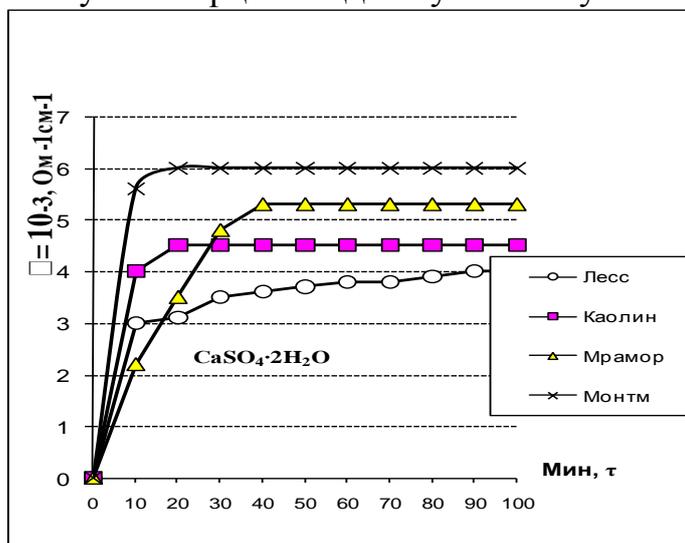
**3-расм.  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} - \text{MT} - \text{H}_2\text{O}$  пастасида структура ҳосил бўлиш кинетикасига тўлдирувчиларнинг тури ва концентрациясини таъсири.**

Юқори дисперсли каолин ва монтмориллонитли тўлдиргичли аралашмалар вақт ўтиши билан сувли пасталарда икки сувли гипсни мустаҳкамлигиданда юқорироқ бўлган коагуляцияли структураларни ҳосил қилади ва бу мустаҳкамлик гипсни миқдори ортиши билан мос равишда камайиб боради. Ушбу маълумотлар иккиламчи гидратларни қўшимчаларга мойиллигини билвосита баҳолашга хизмат қилиши мумкин. Вақт ўтиши билан (4-7 кун) сув-қаттиқ нисбат омили барча системалар учун аҳамиятсиз бўлиб боради.

Икки сувли кальций сульфатдан фарқли ўлароқ, ярим сувли гипс сувда яхши эришга эга бўлиб, икки сувли гипс билан ўта тўйинган эритмалар ҳосил қила олади ва у бу эритмалардан  $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$  системани гидратацияли қотишига сабаб бўлади.

Гипс минералини  $200^\circ\text{C}$  ҳароратгача куйдириш маҳсулотларида асосан ярим сувли гипс бўлади, кристаллизацион структурани ҳосил бўлиши асосан жараённинг бошланғич даврида юзага келади. Киритилаётган инерт тўлдирувчини концентрацияси ортиши ва вақтни ўтиши билан структурани яхлитлиги бузилади ва бутун системани мустаҳкамлиги камаяди.

Тадқиқот натижалари шуни кўрсатадики, тўлдирувчи гидратларни ажаралиши ва кристалланишига қўшимча сифатида хизмат қилиб, дастлабки заррачаларни бу жараёндан озод этади ва уларни эрувчанлигини жадаллаштиради ва буни боғловчи ва тўлдирувчи нисбати 1:4 бўлгандаги суюлтирилган суспензияларни солиштирма электр ўтказувчанлигини ўзгариш кинетикасини ўлчаш орқали яққол кузатиш мумкин (4-расм).



**4-расм.  $20^\circ\text{C}$  да  $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ -МТ- $\text{H}_2\text{O}$  ни сувли суспензиясини солиштирма электр ўтказувчанлик кинетикасига тўлдирувчи турини таъсири.**

Кўриниб турибдики, барча тўлдирувчили аралашмаларда 1-5 дақиқадаёқ иккигидратли эритмаларга нисбатан ўта тўйинган эритмалар ҳосил бўлади ва эгри чизиклар тезда бир хил даражага эга бўлиб қолади. Энг катта электр ўтказувчанлик монтмориллонитли аралашмага мос келади. Тўлдирувчини солиштирма сирти қанчалик катта бўлса намунани сув билан таъсирланиши биринчи сонияларидаги кўтарилиш қисми тезроқ системани мувозанат

ҳолати билан алмашади (æ-τ эгри чизиклари параллел вақт ўқиға тўғри чизикли қисм билан чиқади). Бунда иккиламчи иккита сувли гипсни электр ўтказувчанлиги яримта сувли гипс олинган иккита сувли гипсга қараганда бир қанча катта, бу эса гидратланиш маҳсулоти бўлган иккиламчи гипсни дисперслиги юқори эканлиги ва мос равишда эрувчанлиги яхши эканлигини кўрсатади.

Концентрланган гипсли суспензияларда структура ҳосил бўлиш кинетикасига тўлдирувчиларни таъсири ўрганилди (7-жадвал).

Янги ҳосил бўлган гидратлар сув билан таъсирлашганда кристаллар ҳосил қилади ва бу кристаллар ўсиш жараёнида ўзаро киришиб кетиб юқори мустаҳкамликка эга бўлган конденсацион-кристаллик структурани беради. Жараён тез боради ва 15-30 дақиқа ўтгандан кейиноқ системада энг юқори мустаҳкамлик пайдо бўлади. Бунда конденсацион-кристалли структурани асосий барча белгилари намоён бўлади: кристаллар орасидаги ўзаро фазавий контактлар мустаҳкамлигини белгиловчи - коагуляцияли структурага нисбатан мустаҳкамлик, бузилиш характерини қайтар эмаслиги – яққол эластиклик ва мўртлик ва кам қайишқоқлик, фазавий контактларни ҳосил бўлиш жараёнида ички тарангликни мавжудлиги.

7-жадвал.

**CaSO<sub>4</sub>·0,5H<sub>2</sub>O нинг концентрланган суспензияларида структура ҳосил бўлиш кинетикасига кварц миқдори ва сув-қаттиқ нисбатни таъсири**

Кварцли кумнинг аралашмадаги миқдори, %	P <sub>m</sub> кг/см <sup>2</sup>											
	1 дақ.	5 дақ.	15 дақ.	30 дақ.	1 с	2 с	4 с	6 с	1 кун	2 кун	4 Кун	7 Кун
C/K=0,60												
-	0,00	0,9	122	137	122	125	19	130	122	125	125	126
10	0,10	20,4	127	118	116	111	113	104	102	104	102	52
30	0,00	20,4	78,8	76,9	79,4	75,1	70,1	66,1	61,5	62,7	56,8	53,4
50	0,00	4,2	37,4	36,0	35,3	33,3	31,1	29,9	28,8	25,8	26,4	25,8
70	0,00	2,3	16,4	14,6	13,2	11,8	10,9	10,8	8,9	8,7	8,7	8,3
90	0,00	0,0	2,6	2,1	1,7	1,2	0,8	0,9	0,4	0,4	0,2	0,1
100	0,00	0,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C/K=0,50												
-	0,30	4,1	190	193	185	197	172	165	166	165	171	150
10	1,1	144	159	171	168	161	156	153	156	140	148	142
30	0,2	30,9	115	117	108	99	99	95	90	89	92	94
50	0,00	19,7	66,4	69,0	66,4	58,8	54,6	53,7	51,2	48,0	47,7	47,7
70	0,00	4,6	26,6	25,4	23,3	20,4	19,2	19,7	17,6	17,3	16,0	15,7
90	0,00	0,1	3,9	3,3	2,9	2,5	2,5	2,3	1,1	1,2	1,2	0,7
100	0,00	0,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

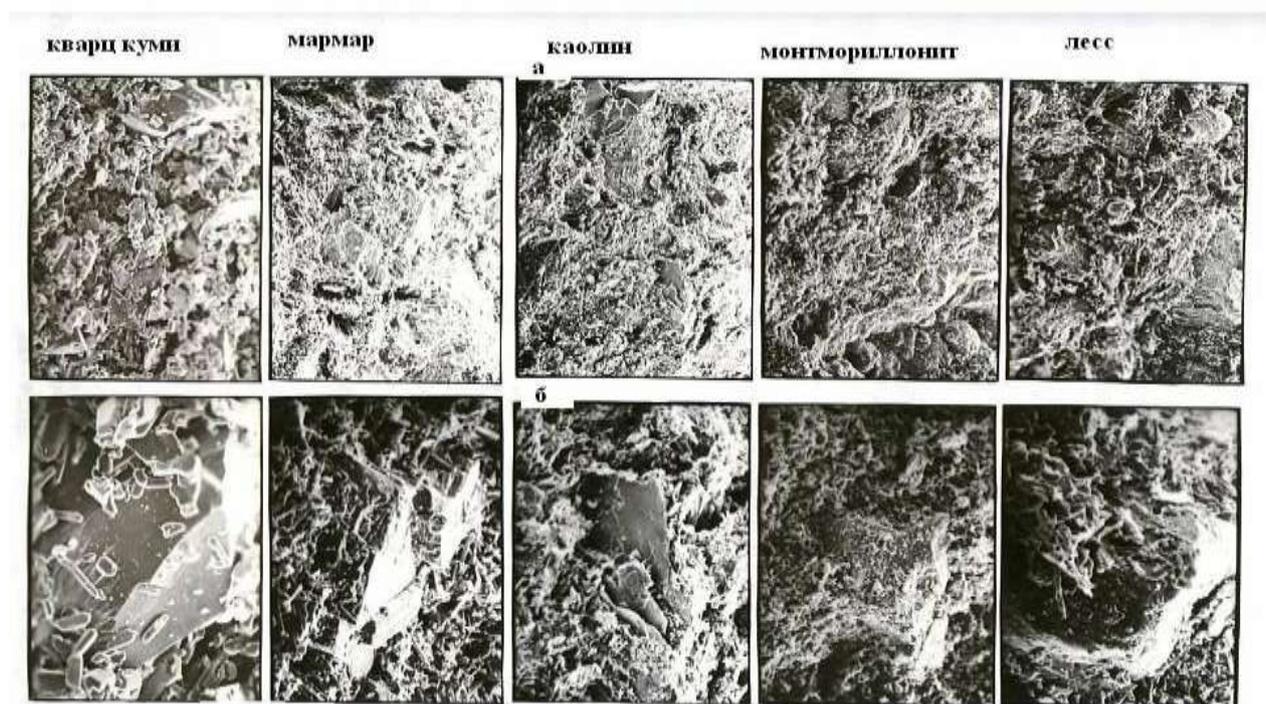
Кальций сульфатни сувсиз ва сувли шаклларини ўз ичига олган CaSO<sub>4</sub>-H<sub>2</sub>O системаси учун бир томондан сув-қаттиқ нисбатини ўзгартириш орқали, иккинчи томондан майда дисперсли минерал қўшимчалар қўшиши орқали қотиш структурасини ғоваклиги ва мустаҳкамлиги орасидаги боғлиқлик аниқланди.

Микротўлдирувчиларни табиати нафақат янги пайдо бўлган гидратларни ажралиш шароитларига, балки уларни кристалланишига, системада локалланишга ва контактларни шаклланишига ҳам таъсир этиши кўрсатилди.

Кварц ва лёсс тупроқни гидратланиш ва қотишни жадаллаштирувчи ярим сувли гипс ва ангидрит учун мақбул микротўлдирувчиларнинг тури ва кўшиш микдорлари аниқланди.

Эрувчан ангидрид ярим сувли гипсга ўхшаб сувсиз кальций сульфатни сув билан таъсирлашиш ҳисобига икки сувли гипс ҳосил қилиш орқали гидратацияли қотиш қобилятига эга. Эритмани ўта тўйинганлиги ярим гидратга нисбатан эриш тезлиги кичик бўлган ангидритни эритиш орқали ушлаб турилади, бу ҳолат солиштирама электр ўтказувчанлик ва кальций сульфатни суолтирилган суспензияни суюқ фазасини таркиби орқали яққол кўриш мумкин.

Гипс минералларини 300°C дан юқори ҳароратда қайта ишлашдан олинган маҳсулотларни (асосан эрувчан ангидрит тутган) эриш тезлиги ярим гидратга нисбатан паст.  $\text{CaSO}_{4\text{эрий.}}$ -тўлдирувчи- $\text{H}_2\text{O}$  системадаги структура ҳосил бўлиш жараёнлари ўрганилди (5-расм).



**5-расм.  $\text{CaSO}_{4\text{эрувчанг}}$ -тўлдирувчи- $\text{H}_2\text{O}$  системасида сув бириккандан 1 соат кейин ҳосил бўлган гипсли тошни синган жойини сиртидан олинган электрон суратлар. а-х450, б-х1500.**

$\text{CaSO}_{4\text{эрувчанг}}$ -тўлдирувчи- $\text{H}_2\text{O}$  системада ҳосил бўлган гипсли тошни синган жойини юзасидан олинган электрон суратлар шуни кўрсатадики, пасталарни мәрмәр ва кум кўшимчаларида мустаҳкамланиши янгидан ҳосил бўлган маҳсулот ва бу материаллардан ҳосил бўлган ёстикчалар ўртасидаги нисбатан зич ва мустаҳкам контакт натижаларидир. Монтмориллонит ва каолин сиртларидаги иккита сувли гипсни кристаллари жуда майда ва ёмон кристалланган. Ушбу минераллар кристалларни шакли ва ўлчамини ёмонлашиш тарафига таъсир этади. Ўзини полиминерал таркиби туфайли

лесс тупроқ оралиқ ҳолатни эгаллайди. Тахмин қилиш мумкинки, икки гидратни кристалланиш тезлиги ва даражасига қўшимчалар табиатини турли таъсирларини гипсли суспензиядаги эрувчан компонентларга нисбати аввало эса CaO га нисбати билан тушунтириш мумкин.

700°C ҳараоратда олинган эримайдиган ангидрит агидритли боғловчини асоси бўлиб ҳисобланади. Олиниш усулига кўра ангидритли боғловчилар куйдирилмаган ва куйдирилган турларига бўлинади. Куйдирилмаган турларига табиий ангидритлар, куйдирилган турларига эса суъний тайёрланган CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O ни 600-700°C ҳароратда куйдиришдан ҳосил бўлган ангидрит киритилади. Сув-қаттиқ нисбати суспензияни P<sub>m</sub> ўзгариш характерига таъсирини ўрганиш вақтида шуни таъкидлаш мумкинки, нормал ҳолдаги қоришмадаги (C/Қ=0,30) сезиларли пластик мустаҳкамлик 6-чи соатда кузатилади, C/Қ 0,40-0,50 гача оширилганда эса бу ҳолатни 2 кунгача ортга сурилишига, системадаги сувни 5-7% га ортиши эса 40 кундан кейин мустаҳкамликни беш марта камайишига олиб келади.

Гипсли боғловчиларда гидратли структура ҳосил бўлиши ва CaSO<sub>4</sub> эримай.-МТ-Н<sub>2</sub>О системасини концентрланган пасталарини гидратланишига микротўлдирувчиларнинг таъсири ўрганилди (8-жадвал).

Эримайдиган ангидритни гидратланиш даражаси бошланғич муддатларда (1 кунгача) бор-йўғи 4,5% ни, кварц ва мармар иштирокида 5% ни, гилли тўлдирувчилар қўшилганда эса 4-5 марта ортиши кузатилиб, у 16-20% га етади.

#### 8-жадвал.

#### CaSO<sub>4</sub> эримайдиган.ни гидратланишига тўлдирувчиларни таъсири

Тўлдирувчи		Махсулотнинг гидратланиш даражаси, %					
Номи	Аралашмадаг и микдори, %	1 соат		1 кун		7 кун	
		CaSO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O : CaSO <sub>4</sub>		CaSO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O : CaSO <sub>4</sub>		CaSO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O : CaSO <sub>4</sub>	
Тўлдирувчисиз		3,4	95,6	4,5	95,2	26,6	73,1
Кварц	10	4,0	95,5	4,1	95,5	29,0	78,8
	30	5,1	94,3	5,0	94,9	31,3	68,5
Мармар	10	4,2	95,4	4,9	94,5	30,6	69,0
	30	4,3	95,2	4,8	94,4	32,2	68,0
Каолин	10	4,5	95,0	20,3	80,1	34,4	65,3
	30	6,6	93,1	29,5	70,2	42,7	57,1
Монтмориллонит	10	12,5	87,1	16,7	82,6	33,6	65,8
	30	12,7	86,7	15,6	84,4	52,0	48,0
Лесс тупроқ	10	6,8	93,0	16,9	83,1	34,8	65,0
	30	5,9	94,0	20,8	79,1	48,7	51,2

Гидратланиш даражаси ўсишини фарқлари камая бошлагандан, гарчи уни абсолют қиймати 1,5-2 марта катта бўлсада, 7-чи кундан бошлаб тўлдирувчиларни структура ҳосил бўлишининг жадаллаштирувчи таъсирлари намоён бўлади. Паст куйдиришли гипсли боғловчилардан фарқли ўлароқ юқори куйдиришли гипсли боғловчиларда қотувчи масса ҳажмини ортиши кузатилмайди ва бу ҳолат қаттиқ структуранинг кўп вақт йўқлиги ҳисобига кристалларни таранглигини релаксацияси билан боғланган.

Майда дисперсли кварц қумини боғловчига нисбатан 10% миқдорини кўшиш, келиб чиқишидан қаътий назар барча ўрганилаётган намуналарни куйдириш маҳсулотларини гидратли қотиши ва боғланиши учун фаолловчи сифатида тавсия этиш мумкин.

Тадқиқот натижалари шуни кўрсатадики, турли кўринишдаги гипсли боғловчиларни қотиш ва гидратли структура ҳосил бўлиш жарёнларида тўлдирувчининг табиати энг муҳим аҳамиятга эга. Системаларда компонентларни мақбул нисбатларини аниқлаш энг юқори қийматли мустаҳкам боғловчи материаллар олиш имкониятини беради.

Диссертациянинг “**СаО-С<sub>2</sub>S-минерал тўлдирувчи-Н<sub>2</sub>О системасида гидратацияли структура ҳосил бўлишини бошқариш**” деб номланган бешинчи бобида оҳакли-белитли боғловчи система дисперсияларида гидратацияли структуранинг ҳосил бўлиш жараёнларини ўрганиш натижалари келтирилган ва улар асосида оҳакли-белитли боғловчи моддалар ва турли маҳсулотлар олиш технологияси ишлаб чиқилган.

ОББ<sub>1</sub> оҳагилларини термик қайта ишлаш маҳсулотлари уларни сув билан таъсирлашиши билан қотиши иккита йўналишда бориши мумкин: енгил оҳакни қотиш тури, ҳамда гидравлик боғловчиларни қотиш тури бўйича. Бу ОББ<sub>1</sub> таркибида кўп миқдорда эркин ҳолдаги оҳакни борлиги ва у асосан ҳавода қотади, силикат, алюминат ва ферритлар эса аввал ҳавода қотгандан сўнг сувли муҳитда ҳам қотиши билан боғлиқ. ОББ<sub>1</sub> ни концентрланган пасталарида гидратли структуранинг ҳосил бўлиш жараёнларини ўрганиш натижасида мустаҳкам структурали шаклларни ҳосил бўлиш кинетикасига гидратланувчи фаза табиатининг ролини аниқлашга имкон беради.

ОББ<sub>1</sub> пасталарида структура ҳосил бўлиш кинетикасига сув-қаттиқ нисбатларнинг таъсирини ўрганиш натижалари 9-жадвалда келтирилган.

#### 9-жадвал.

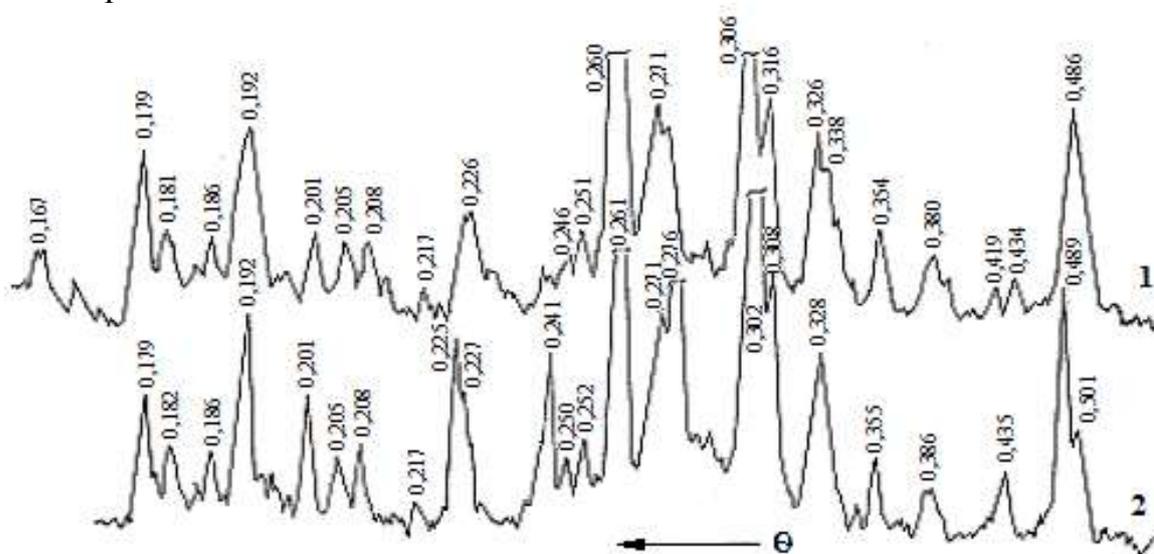
#### Оқбурли оҳагиллари асосидаги пастасида структура ҳосил бўлиш кинетикасига сув-қаттиқ нисбатни таъсири (Pm, МПа).

Пишири лиш вакти, дақ.	С/К	Ўлчаш вақтлари											
		дақиқалар			соатлар			кунлар					
		1	15	30	1	3	6	1	3	7	14	28	40
60	0,90	0,48	2,69	4,01	7,37	9,78	10,2	13,2	13,81	13,50	14,31	18,30	20,00
-«-	1,00	0,33	2,45	3,77	7,18	9,42	10,3	12,1	13,51	13,01	13,98	17,9	20,67
-«-	1,20	0,18	1,51	2,61	6,81	8,12	9,70	11,8	12,64	12,76	12,90	16,12	19,80
90	0,90	0,98	4,29	8,34	8,74	9,31	13,3	15,6	20,53	16,63	14,24	20,40	28,75
-«-	1,00	0,56	5,47	7,01	7,74	10,9	13,1	12,1	13,39	14,48	14,48	18,30	23,42
-«-	1,20	0,40	4,34	6,85	7,75	10,0	10,4	12,0	13,00	14,01	13,85	17,90	21,34
120	0,90	0,87	4,51	7,15	7,20	8,55	13,9	14,0	15,53	16,45	15,30	19,10	27,76
-«-	1,00	0,68	3,70	6,40	6,35	8,79	12,9	13,1	13,59	14,62	14,10	18,75	25,27
-«-	1,20	0,36	1,92	4,17	5,44	7,16	12,9	13,0	12,45	13,69	12,57	18,05	23,14

Жадвалда келтирилган маълумотларни солиштириш шуни кўрсатадики, 1000°С ва 90 дақиқа мобайнида куйдиришда ОББ<sub>1</sub> асосида олинган

пасталарнинг мустаҳкамлик кўрсаткичлари бошқа ҳарорат ва дақиқаларда олинганларга қараганда юқори. Бу шуни кўрсатадики, тадқиқ қилинган оҳақгиллар учун 1000°C ва 90 дақиқа мобайнида термик қайта ишлаш мақбул катталиқ бўлиб ҳисобланади. Оқбурли оҳақгилларини термик қайта ишлаш маҳмулотларини С/Қ нисбати 0,90 бўлганда 40 кундан кейинги нам-ҳаволи сақлаш шароитларида энг юқори мустаҳкамлиги 28,75 мПа, Порлитау конлари асосидагиси эса 30,25 мПа га тенг бўлади.

ОББ<sub>1</sub> ни гидратация маҳсулотларини рентгенфазавий таҳлил натижалари б-расмда кўрсатилган. 28 кун мобайнида оҳақли-белитли боғловчиларни гидратланишида гиллебрандит (0,302; 0,271; 0,260 нм), портландит (0,486 ва 0,192 нм), С-S-H (II) типигади кальций гидросиликат (0,306 нм) ларнинг юқори чўкқили, ҳамда тоберморит - 5CaO·6SiO<sub>2</sub>·5H<sub>2</sub>O нинг паст чўкқили (0,251 ва 0,246 нм) чизиқлари мавжуд. 0,326; 0,205 нм ва 0,186; 0,179 нм чизиқлар эса мос равишда кальций гидроалюминат ва гидроферритга тегишлидир.



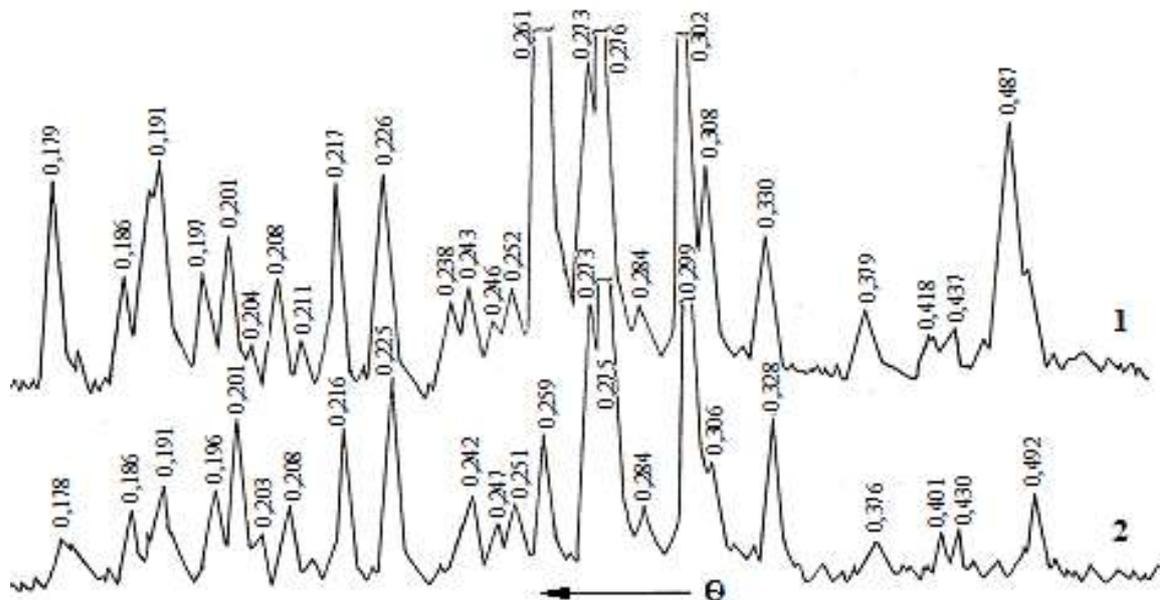
**б-расм. №1 ва №2 оҳақгиллар асосида олинган ОББ<sub>1</sub> ни гидратланиш маҳсулотларининг дифрактограммалари**

Гидратли структура ҳосил бўлиш жараёнларини ўрганиш шуни кўрсатадики, Қорақалпоғистон Республикаси маҳаллий Оқбурли ва Порлитау оҳақгиллари асосида олинган оҳақли-белитли боғловчи материаллар самарадор боғловчилар бўлиб ҳисобланади. Улар етарли даражадаги юқори мустаҳкам силикатли маҳсулотлар олишда ишлатилиши мумкин. Аммо кўрсатилган маҳсулотни янада мустаҳкам катталиқларга эга бўлган оҳақли-белитли боғловчилар олиш янада афзалроқдир. Бу мос минерал тўлдирувчиларни қўллаш ва гидратли структура ҳосил қилиш жараёнларини гидротермал шароитларда олиб бориш орқали эришиш мумкин.

**Оҳақли-белитли-тўлдирувчи-сув системасида гидратли структуранинг ҳосил бўлиши.** Ушбу система ОББ<sub>2</sub> дисперсияларида структура ҳосил бўлиш жараёнларида карбонат ва эрувчан ангидритни тўлдирувчилар сифатидаги ролини ўрганиш жиддий қизиқиш уйғотади. Тўлдирувчиларни таъсир механизмлари, уларни Қорақалпоғистон

Республикаси оҳақгиллари асосида олинган оҳақли-белитли боғловчиларда гидратли структура ҳосил бўлиш жараёнларини бошқаришдаги энг юқори самарадорлик шароитлари аниқланди. Ушбу ишдаги фойдаланилган карбонатлар мрамар ишлаб чиқариш чиқиндилари бўлиб ҳисобланади.

ОББ<sub>2</sub>-10-мрамар-сув системасидаги гидратация маҳсулотларини рентгенфазавий таҳлил натижалари 7-расмда кўрсатилган.



**7-расм. ОББ<sub>2</sub>-10-мрамар-сув системасида гидратация маҳсулотларини дифрактограммалари. ОББ<sub>2</sub>-10 Оқбурли (1) ва Порлитау (2) конларини оҳақгиллари асосида олинган.**

28 кун мобайнида гидратланган ОББ<sub>2</sub>-10 дифрактограммаларида гиллебрандит (0,302; 0,276; 0,273 нм), кальций гидроксид (0,261 ва 0,191 нм) ларнинг юқори чўққили, кальций гидроферрит (0,186 нм) ва монокарбонатли кальций гидроалюминат (0,211 ва 0,201 нм) ларнинг паст чўққили чизиқлари билан тавсифланади.

Тадқиқотлар шуни кўрсатадики, мрамарни ООБ га киритилиши уни мустаҳкамлик тавсифларига сезиларли таъсир этади, тўрт кальций монокарбонатли гидроалюминат ҳосил бўлиши ҳисобига системанинг мустаҳкамлигини кучайтиради.

Эрувчан ангидритни тўлдирувчи сифатида ишлатилиши ўрганилганда ОББ<sub>2</sub> системасида уни кальций ионларига нисбатан ўта тўйинган эритмалар ҳосил бўлиши туфайли системани кўшимча мустаҳкамлигининг ўсиши ва мос равишда янги ҳосил бўлувчиларни шаклланиш жараёнларини кучайиши аниқланди.

Системага ангидритни киритилиши туфайли унинг пластик мустаҳкамлиги вақт ўтиши билан ортиб боради. Гидратланишнинг бошланғич даврларида боғловчи заррачалари билан сувни тўқнашиши туфайли сирт юзада сувсиз минерал кристалларни эриш реакциялари бошланади ва суяқ фазани тўйиниши, келгусида ўта тўйиниши содир бўлади. Ўта тўйинишга етганда эритмадан Са(ОН)<sub>2</sub> ва эттрингит кристалланади ва улар бошланғич

мустаҳкамликни тавсифлайди. Гидратланиш жараёнидан тахминан 1 соат ўтгандан кейин кальций гидросиликатнинг бирламчи кристалларини пайдо бўлиши кузатилади. 2-4 соатли даврда реакцияни бир оз секинлаши кузатилади, кейин эса унинг остида ўсаётган эттрингит ва портландит кристаллари қобикни бузиши туфайли гидратларнинг ҳосил бўлиш жараёнлари яна тезлашади, бу эса системани яна мустаҳкамлиги аста ортиб боради.

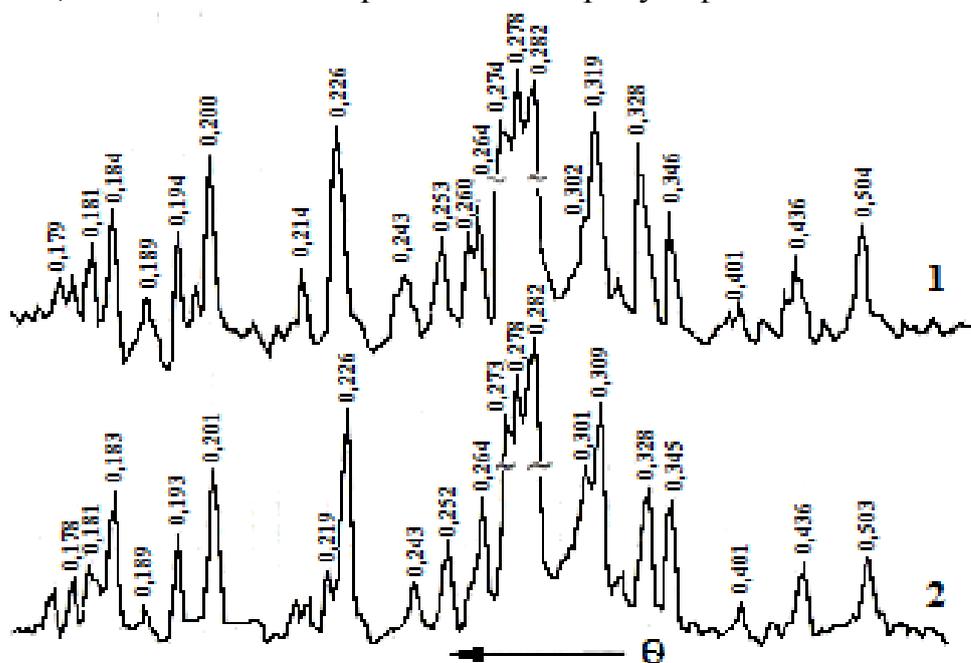
Тўдирувчиларни у ёки бу даражада эркин кальций оксид билан таъсирлашиш намоён қилувчи нисбатларнинг чегаралари ва системанинг физик-механик катталикларини белгиловчи мос равишда реакция маҳсулотлари ҳосил бўлиши аниқланди.

### **Гидротермал қайта ишлаш шароитида микротўдирувчи ОББ<sub>1</sub> ва ОББ<sub>2</sub> ситемаларидаги мустаҳкамлик.**

Гидротермал шароитларда эрувчанг ангидритни ОББ<sub>1</sub> ни структура ҳосил бўлиши ва мустаҳкамлигига таъсирини ўрганиш шуни кўрсатдики, эрувчанг ангидрит учкальцийли алюминат билан таъсирлашиб эттрингит ҳосил қилиб системага қўшимча мустаҳкамлик беради.

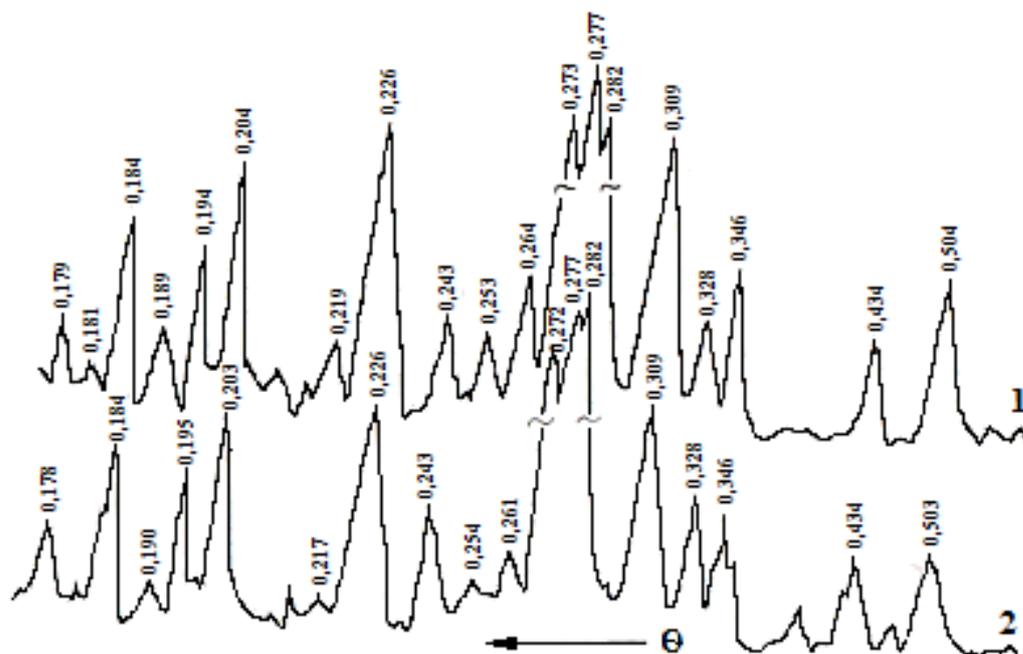
ОББ<sub>1</sub>-эрувчанг ангидрит-сув системасидаги гидратланиш маҳсулотларини рентгенфазавий таҳлил натижалари 8-расмда кўрсатилган.

ОББ<sub>1</sub>-эрувчанг ангидрит-сув системаси гидратация маҳсулотларини гидротермал қайта ишлагандаги дифрактограммаларида тоберморит (0,282 нм) ва CSH (I) гидросиликат (0,278 нм) ларнинг юқори чўққили чизиқлари борлиги кўринади. Намунада окенитни борлиги 0,436 нм даги чизиқда кўринади. Юқори асосли кальций силикатлари ҳам ҳосил бўлади (0,309;0,226 нм). 0,302; 0,243 и 0,200 нм ли чизиқлар кальций гидросульфалюминатга тегишлидир.



**8-расм. ОББ<sub>1</sub>-эрувчанг ангидрит-сув системасида гидратланиш маҳсулотларининг гидротермал қайта ишлашдан кейинги дифрактограммалари: ОББ<sub>1</sub> №1 ва №2 оҳақгиллари асосида олинган.**

Гидротермал шароитларда ОББ<sub>2</sub> асосидаги системани хоссаларига эрувчан ангидритни таъсир ўрганилди. ОББ<sub>2</sub>-эрувчанг ангидрит-сув системасидаги гидратланиш маҳсулотларини рентгенфазавий таҳлил натижалари 9-расмда кўрсатилган.



**9-расм. ОББ<sub>2</sub>-эрувчанг ангидрит-сув системасида гидратланиш маҳсулотларини автоклавда қайта ишлашдан кейинги дифрактограммалари: ОББ<sub>2</sub> №1 ва №2 оҳақгиллари асосида олинган.**

Намуналарни дифрактограммалари ОББ<sub>1</sub> қўлланилгандаги каби ҳосил бўладиган минералларни борлигини кўрсатади. Аммо гидросиликатлар, жумладан тоберморит (0,282 нм), CSH (I) (0,278 нм) а гиллебрандит (0,309 ва 0,226 нм) ларга тегишли чизиқларни интенсивлиги ортади.

Тадқиқот натижалари шуни кўрсатадики, намуналарни мустаҳкамлиги системани қотиш вақти ва қўшимчалар миқдорининг кўпайиши билан ортади. ОББ<sub>1</sub> асосидаги системага қараганда ОББ<sub>2</sub> асосидаги системани нисбатан катта мустаҳкамликка эга эканлигини кальций гидросиликатларни кўп миқдорда, айниқса тоберморит ва CSH (I) лари ҳосил бўлиши билан тушунтириш мумкин. Кўринишдан, системадаги ангидрит тоберморит ва CSH (I) ларни ҳосил бўлиш жараёнларига таъсир қилади. Бунга ҳосил бўлган кальций гидросульфоалюминат ҳам қўшимча мустаҳкамликни беради. Учкальцийли алюминат билан кимёвий таъсирлашмаган ортиқча эрувчанг гипс икки сувли гипс ҳосил қилади ва у ҳам системага бир мунча қўшимча мустаҳкамликни беради.

СаО-С<sub>2</sub>S-минерал тўлдиргич-Н<sub>2</sub>О системасида гидратли структура ҳосил бўлиш жараёнларини бошқариш бўйича ўтказилган тадқиқотлар шуни кўрсатадики, Қорақалпоғистон оҳақгилларидан минерал тўлдиргичли оҳақли-белитли боғловчилар асосида юқори мустаҳкам кўрсаткичли автоклавли қотиш маҳсулотлар олиш мумкин, бунда боғловчининг мақбул таркиби 20%-ли эрувчанг ангидритдан иборат бўлган ОББ<sub>2</sub> бўлади.

## ХУЛОСА

Диссертация мавзуси бўйича ўтказилган тадқиқотлар натижалари бўйича қуйидагича умумий хулосалар шакллантирилган:

1. Тоза иккита сувли кальций сульфат ва табиий гипсли минераллардан олинган дисперслиги, эрувчанлиги ва гидратланиш кинетикаси билан фаркланадиган турли шакллардаги кальций сульфатларда қуйидаги турдаги майда дисперсли тўлдирувчиларни турлари ва концентрацияларини: кремнийли, карбонатли ва гилли моддаларни уларни сувли суспензияларида турли сув-қаттиқ нисбатлардаги коагуляцияли ва гидратли структура хоссаларига таъсири аниқланади.

2. Гипсли минералларни термик қайта ишлаш жараёнларида минерал тўлдирувчиларни тури, дисперслиги ва қўйдириш режимини ўзгартириш билан янги ҳосил бўлган гипсли боғловчи системаларни олиш жараёнлари ва физик-кимёвий хоссаларини бошқариш имкониятлари аниқланди. Шундан келиб чиққан ҳолда, яримта сувли гипс ва юқори мустаҳкам гипс олишда мақбул дисперслик ва нисбатга эга бўлган минерал тўлдирувчиларни самарали қўшимча-тўлдирувчи сифатида ишлатиш таклиф этилди.

3. Нормал ва гидротермал қотиш шароитларида кетадиган қаттиқсуёқ фазавий реакцияларда минерал ҳосил бўлиш кетма-кетлиги ва бошланғич табиий гипсли минералларнинг мақбул нисбатлари аниқланди. Мақбул дисперслик ( $180-200 \text{ м}^2/\text{г}$ ) ва қайта ишлаш ҳароратига ( $140-160^\circ\text{C}$ ) эга бўлган паст ҳароратли гипсли боғловчилар; дисперслиги  $180-200 \text{ м}^2/\text{г}$  ва қайта ишлаш ҳарорати  $880-900^\circ\text{C}$  бўлган юқори ҳароратли ва дисперслиги  $10-13 \text{ м}^2/\text{г}$  бўлган  $100-110^\circ\text{C}$  ҳароратда  $0,3-0,4 \text{ МПа}$  буғ босимида ишланган автоклавли гипсли боғловчилар олинди ва танланган намуналар асосида қурилиш, юқори мустаҳкам ва ангидритли боғловчилар олишни мақбул катталиклари тавсия этилди.

4. Майда дисперсли тўлдирувчиларни табиати уларни кристалланишда янгидан пайдо бўлиш учун фаоллаштирувчи қўшимча сифатидаги ролини белгилаши аниқланди. Шундан келиб чиқиб, кварц қуми ва мрамарни 15% гача миқдорда қўшиб самарали минерал қўшимча – яримта сувли гипс қотишини бошқарувчи ва эримайдиган ангидритни қотишини фаолловчи сифатида ишлатилиши тавсия этилди.

5. Биринчи марта маҳаллий оҳақгиллар асосида оҳақли-белитли боғловчилар (ОББ<sub>1</sub>) олинди, уларни мақбул термик қайта ишлаш катталиклари аниқланди, олинган боғловчи намуналарини кимёвий ва минералогик ташкил этувчилари ўрганилди. Кварц қумини бошланғич аралашмага 5-20% қўшиб, ҳамда автоклавли қайта ишлаш ва ҳаволи шароитларда оҳақли-белитли боғловчиларни сўнгги маҳсулотларни физик ва механик хоссаларини яхшилаш учун тўлдирувчи сифатида  $\text{CaSO}_{4\text{эрувчан}}$  ва  $\text{CaCO}_3$  ларни қўшиб ундаги структуранинг ҳосил бўлиш жараёнлари яхшилашни коллоид-кимёвий усуллари кўрсатилди.

6. Маҳаллий оҳақли-гилли минералардан кварц қуми қўшилган ва қўшилмаган аралашмаларни термик қайта ишлаш йўли билан олинган оҳақли-

белитли боғловчиларни олиш учун мақбул ҳарорат  $1000^{\circ}\text{C}$  ва вақт 90 дақиқа эканлиги аниқланди. Замонавий физик-кимёвий таҳлил усуллари орқали термиқ қайта ишлаш намуналарида асосан эркин кальций оксид,  $\beta$ -дикальцийли силикат, кальций алюминат ва феррит бўлиши аниқланди. Мақбул фоизларда кварц қумини хом ашёли аралашмага қўшиб олинган маҳсулотларда  $\beta$ -дикальцийли силикат миқдорини 45 % гача етказиш мумкинлиги кузатилди.

7. Оҳакли-белитли боғловчиларда гидратли структура ҳосил бўлиш жараёнларини характери 2 хил бўлиши аниқланди – коагуляцияли ва кристаллизацияли. Системада гидратли структуранинг бошланғич даврида коагуляцияли структура, гидрат фазаларни ажралиши билан кристаллизацияли структура ҳосил бўла бошлайди. Ҳаволи қотиш шароитларида ОББ<sub>1</sub> намуналарини мустаҳкамлиги уларда қурилиш материаллари ва маҳсулотлари ишлаб чиқариш учун етарли даражада катта эмаслиги (10 МПа гача) аниқланди. ОББ<sub>1</sub> аралашмасига минерал қўшимча сифатида мрамар уни ва эрувчанг ангидрит қўшилганда (15% гача миқдорда) охириги маҳсулотларни физик-механик кўрсаткичларини 130-180% га ошириши исботланди.

8. Автоклавли қайта ишлашда (Ҳарорат- $175^{\circ}\text{C}$ , Босим-0,8 МПа) олинаётган ОББ ларда мустаҳкамлик кўрсаткичларини шиддатли ортиши аниқланди. Гидротермал қайта ишлашда ОББ<sub>1</sub> нинг мустаҳкамлик кўрсаткичлари 23,7 -28,4 дан 41,3-42,5 МПа гача, ОББ<sub>2</sub> да (эрувчан ангидрит киритилганда) эса 25,4-28,9 дан 45,6-47,2 МПа гача бўлган ораликда ўзгаради. Бу эса бундай системаларда киритилган тўлдирувчи ва гидротермал қайта ишлашларни гидратли структура ҳосил бўлиш жараёнларни тезлаштиришга таъсири билан боғлиқлиги кузатилди.

9. Қорақалпоғистон оҳақгиллари асосида минерал тўлдирувчисиз оҳакли-белитли боғловчилар (ОББ<sub>1</sub>) ва минерал тўлдирувли ОББ<sub>2</sub> олиш мумкинлиги ва улар асосида юқори мустаҳкамлик кўрсаткичларига эга бўлган автоклавли қотиш маҳсулотлари олиниши исботланди. Олинган илмий тадқиқот натижалари асосида “ХОРЖ КУРЫЛЫС” МЧЖ ҚК да оҳакли-белитли боғловчиларни тажриба партияси ишлаб чиқарилди ва “Минтақавий мустақил сертификат маркази” ТК экспериментал базасида синовдан ўтказиш натижаларига кўра 379-95-Дав. Станд. бўйича талабларига жавоб берувчи қониқарли физик-кимёвий ва физик-механик хоссаларга эга эканлиги кузатилди.

10. Айланма печларни ва автоклавни қўллаш орқали гипсли боғловчилар олиш технологияси ишлаб чиқилди: Қорақалпоғистоннинг турли гипсли минерал конлари асосида қурилиш гипсини ва автоклавли қайта ишлаш орқали юқори мустаҳкамлик гипс олиш технологияси. Натижада Қорақалпоғистон маҳаллий хом ашёлари асосида таннархи 35-40 % арзон бўладиган қурилиш гипси, ва юқори мустаҳкам гипс боғловчиларини ва 50% арзон бўлган оҳакли-белитли боғловчилар олиш имконияти яратилди.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.27.06.2017.К/Т.35.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ  
УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ПРИ ИНСТИТУТЕ ОБЩЕЙ И  
НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ И ТАШКЕНТСКОМ ХИМИКО-  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ**

---

**ИНСТИТУТ ОБЩЕЙ И НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ**

**ТУРЕМУРАТОВ ШАРИБАЙ НАУРИЗБАЕВИЧ**

**КОЛЛОИДНО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ УПРАВЛЕНИЯ  
ПРОЦЕССАМИ СОЗДАНИЯ И ГИДРАТАЦИОННОГО  
СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ ГИПСОВЫХ, ИЗВЕСТКОВЫХ И  
ИЗВЕСТКОВО-БЕЛИТОВЫХ ВЯЖУЩИХ ДИСПЕРСИЙ  
МИНЕРАЛЬНЫМИ МИКРОНАПОЛНИТЕЛЯМИ**

**02.00.11 – Коллоидная и мембранная химия**

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

**Ташкент – 2019**

Тема диссертации доктора наук (DSc) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за номером B2019.3.DSc/K71.

Диссертация выполнена Институте общей и неорганической химии АН РУз.  
Автореферат диссертации на трёх языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице Научного совета по адресу [www.iopx.uz](http://www.iopx.uz) и информационно-образовательном портале «Ziyounet» по адресу ([www.ziyounet.uz](http://www.ziyounet.uz)).

Научный консультант: **Ахмедов Улут Каримович**  
доктор химических наук, профессор

Официальные оппоненты: **Гуро Виталий Павлович**  
доктор химических наук, профессор

**Аминов Собир Нигматович**  
доктор химических наук, профессор

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

Ведущая организация: **Национальный университет Узбекистана**

Защита диссертации состоится «22» октября 2019 г. в 15<sup>00</sup> часов на заседании Научного совета DSc.27.06.2017.K/T.35.01 при Институте общей и неорганической химии и Ташкентском химико-технологическом институте. (Адрес: 100170, г. Ташкент, ул. Мирзо Улугбека, 77-а. Тел.: (+99871) 262-56-60; факс: (+99871) 262-79-90; e-mail: [iopxanguz@mail.ru](mailto:iopxanguz@mail.ru).)

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Института общей и неорганической химии (зарегистрирована за №16). (Адрес: 100170, г. Ташкент, ул. Мирзо Улугбека, 77-а. Тел.: (+99871) 262-56-60; факс: (+99871) 262-79-90).

Автореферат диссертации разослан «9» октября 2019 года  
(реестр протокола рассылки №16 «9» октября 2019 года.



**Закиров Б.С.**  
Председатель научного совета по присуждению  
ученой степени, д.х.н., проф.

**Салиханова Д.С.**  
Ученый секретарь научного совета по присуждению  
ученой степени, д.т.н.

**Абдурахимов С.А.**  
Председатель Научного семинара при  
научном совете по присуждению ученой  
степени, д.т.н., проф.

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

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** В мире при производстве строительных материалов особенно актуальны важные показатели экологичности и удельной энергоёмкости, которые существенно влияют на экономику. Главными задачами являются улучшение потребительских качеств и функциональных свойств продукции: её прочность, легкость, тепло-, звуко- и водопроницаемости. Поэтому сегодня востребованы исследования по поиску недефицитных природных ресурсов для создания новых, отвечающих требованиям современной строительной промышленности материалов.

В настоящее время необходимо обосновать следующие научные решения в области получения вяжущих на основе природных гипсовых и карбонатных минералов, улучшение их коллоидно-химических свойств и физико-механических характеристик с помощью микронаполнителей: определение влияния температуры на их коллоидно-химические свойства при термообработке исходных минералов; определение возможностей применения природных минералов и промышленных отходов в качестве микронаполнителей; определение влияние микронаполнителей на структурообразование вяжущих систем.

В Республике достигнуты определенные научные и практические результаты по разработке эффективных видов вяжущих веществ для строительной индустрии на основе гипсового и карбонатного минералов с использованием наполнителей, тем самым решаются проблемы расширения ассортимента материалов различного назначения. В Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан предусмотрены задачи по «подъему промышленности путем перевода ее на качественно новый уровень, к дальнейшей интенсификации производства готовой продукции на базе глубокой переработки местных сырьевых ресурсов, освоению выпуска новых видов продукции и технологий»<sup>1</sup>. В этой связи важное значение имеют научные исследования по разработке новых модифицированных смесей на основе местного сырья и промышленных отходов в соответствии с техническими условиями строительной промышленности.

Данное диссертационное исследование, в определенной степени, служит выполнению задач, предусмотренных в указах Президента Республики Узбекистан УП-4947 от 7 февраля 2017 года «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан» и постановлений ПП-3236 от 23 августа 2017 года, «О программе развития химической промышленности на 2017-2021 годы», ПП-3855 от 14 июля 2018 года «О дополнительных мерах по повышению эффективности коммерциализации результатов научной и научно-технической деятельности» и ПП-4335 от 23 мая 2019 года «О дополнительных мерах по

---

<sup>1</sup> Указ Президента Республики Узбекистан УП-4947 «О стратегии действий по пяти приоритетным направлениям развития Республики Узбекистан на 2017-2021 годы»

ускоренному развитию промышленности строительных материалов» а также в других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

**Соответствие исследования приоритетным направлениям развития в республике науки и технологий:** Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий в республике.

**Обзор зарубежных научных исследований по теме диссертации<sup>2</sup>.** Научные исследования, направленные на регулирование процесса гидратационного структурообразования в вяжущих системах, осуществляются в ведущих научных центрах и высших образовательных учреждениях мира, в том числе, Los Alamos National laboratory (США), Princeton University (США), Wollner GmbH (Германия), IUBH (Германия), University of Miskolc (Венгрия), Институт химии силикатов им.Гребенщикова, РАН (Россия), Российский химико-технологический университет им.Менделеева (Россия), Munich University of Applied Sciences (Германия), University of Koblenz-Landau (Германия), Belarusian State Technological University (Беларусь), Kaunas University of technology (Литва), Gambarotta Gschwendt (Италия), Whitehopleman (Великобритания), НИУ МГСУ (Россия), ЮУРГУ (Россия), НИИЖБ при Российской Академии наук.

В мире по результатам многолетних исследований процессов структурообразования в вяжущих системах выявлен ряд научных результатов, в том числе: получен  $\alpha$ -полуводного сульфата кальция из гипсовых отходов десульфуризации отходящих газов в мягких условиях в содержащем К, Mg растворе  $\text{CaCl}_2$  (Jiling University China); разработана активация безводного фосфогипса путем добавления полугидрата сульфата кальция, получены и исследованы характеристики сорбции/десорбции материалов для регулирования влажности на основе гипса (Wuhan University China); определены поверхности при гидратации силикатов кальция (Portland Cement Associations Research and Development laboratories, USA); определено влияние различных жидкостей на гидратацию полугидрата сульфата кальция (Friedrich-Alexander-University, Germany); получена гранулированная гидрофобная добавка для вяжущих композиций (Dow Corning Corporation, USA); разработана технология повышения водостойкости гипсовых вяжущих веществ (НИИ БГТУ им. В.Г.Шухова).

В мире по регулированию свойств вяжущих систем, по ряду приоритетных направлений проводятся исследования, в том числе: расширение масштабов разработки технологии получения композиционных материалов и изделий на основе минеральных систем; совершенствование способов получения и управления гидратационным структурообразованием вяжущих дисперсий; ещё большее укрепление роли и механизма влияния

---

<sup>2</sup> Обзор зарубежных научных исследований по теме диссертации подготовлен: <https://www.lanl.gov/>; <https://ehs.princeton.edu/>; <https://www.woellner.de/>; <https://www.iubh.de/>; <http://www.uni-miskolc.hu/en/>; <https://www.iscras.ru/>; <https://muctr.ru/>; <https://www.hm.edu/en/>; <https://www.uni-koblenz-landau.de/>; <http://en.belstu.by/>; [www.ktu.edu/](http://www.ktu.edu/); <https://www.gambarotta.in/>; <https://www.mgsu.ru/>; <https://www.susu.ru/>; [http://abbr\\_rus.academic.ru](http://abbr_rus.academic.ru) и других источников.

минеральных наполнителей на процесс получения композиционных материалов.

**Степень изученности проблемы.** До настоящего времени не было проведено всестороннее исследование по расширению ассортимента стройматериалов на основе сырьевых ресурсов месторождений Каракалпакстана. Однако результаты анализа литературных данных по другим странам показывают, что исследованиям структуры и свойств гипсовых и карбонатных минералов в качестве основы вяжущих веществ посвящены работы зарубежных ученых. В частности, Ле-Шателье, Я.Вант-Гофф, А.А.Байков, Д.С.Белянкин, П.П.Будников, Л.Г.Берг, П.А.Ребиндер, Е.Е.Сегалова, А.В.Волженский, Ю.М.Бутт, А.В.Ферронская, В.Б.Ратинов, В.К.Саснаускас, Н.Б.Урьев, К.Келли, Д.Суттард, М.М.Сычев, Х.Ф.Тейлор, К.Андерсон и другие занимались изучением физико- и коллоидно-химических свойств различных дисперсных вяжущих систем.

Ученые Узбекистана К.С.Ахмедов, Ф.Л.Глекель, С.С.Хамраев, А.А.Агзамходжаев, С.Н.Аминов, Р.З.Копп, Т.А.Атакузиев, О.Асаматдинов, У.К.Ахмедов, Н.Х.Толипов и другие внесли определенный вклад своими исследованиями в решение проблемы использования местных гипсовых и карбонатных минералов в качестве вяжущих систем.

В научной литературе имеются сведения о влиянии различных наполнителей на процессы структурообразования в системе и сроки схватывания вяжущего вещества на основе гипса и ИБВ. К настоящему времени на примерах различных минеральных систем, способных к гидратационному твердению, доказано, что кинетика этого процесса определяется поверхностными свойствами на границе твердой и жидкой фаз, а свойства структуры - числом и прочностью единичных контактов, и соотношением прочности, пористости и внутренних напряжений. Соответственно и к управлению этим процессом следует подходить избирательно в зависимости от природы гидратирующейся фазы, определяющей свойства новообразований и контакта гидрат - подложки и наличие добавок или других твердых фаз-наполнителей. Однако многие вопросы, связанные с механизмом их действия и гидратации на разных стадиях образования структур в присутствии минеральных микронаполнителей, остаются ещё не выясненными. Коллоидно-химические свойства минеральных вяжущих веществ существенно влияют на процесс образования гидратационных структур твердения и, тем самым, они определяют качество получаемого материала.

В связи с этим исследование роли природы минеральных микронаполнителей в структурообразовании вяжущих систем является актуальной задачей не только прикладного, но и фундаментального характера.

**Связь темы диссертационной работы с научно-исследовательскими работами, где выполнена диссертация.** Диссертационная работа тесно связана с исследованиями в рамках следующих НИР: «Исследование влияния минеральных добавок на процессы образования и свойств гидратационных

структур в дисперсных ганчевых системах» (ПФИ-3Ф, Ф-329, 2003-2007 гг.); «Исследование процессов получения и регулирование свойств гидратационных структур в дисперсиях гипсовых, известковых и смешанных на их основе вяжущих системах» (ПФИ ФА-Ф3-Т030, 2007-2011 гг.); «Исследование и разработка научных основ поиска и рационального использования природных и минерально-сырьевых ресурсов Республики Каракалпакстан» (ПФИ-7, 2012-2016 гг.); «Исследование физико-химических свойств и создания научных основ получения вяжущих систем на основе использования карбонатных минералов Каракалпакстана» (ФА-Ф-7-001, 2017-2020 гг.).

**Целью исследования** является развитие коллоидно-химических способов регулирования процессов гидратационного структурообразования полученных вяжущих дисперсий минеральными микронаполнителями Каракалпакстана.

**Задачи исследования:**

изучение сырьевой базы гипсосодержащих и карбонатных минералов Каракалпакстана и исследование их химических, физико-химических, коллоидно-химических, физико-механических свойств и минералогического состава;

разработка способов получения минеральных вяжущих веществ на основе местного гипсового, известкового и карбонатного сырья и минеральных наполнителей Каракалпакстана;

коллоидно-химическое обоснование эффективности тонкодисперсных минеральных микронаполнителей в управлении свойствами вяжущих веществ;

разработка способов получения строительных материалов и изделий на основе полученных вяжущих веществ и местных минеральных микронаполнителей;

установление коллоидно-химических закономерностей гидратационного структурообразования при получении строительных материалов и изделий на основе исследуемых вяжущих систем;

опытно-промышленные испытания разработанных составов вяжущих и строительных материалов на их основе, оценка технико-экономической эффективности, рекомендация к внедрению в производство.

**Объект исследования** являются гипсовые, известковые и известково-белитовые вяжущие полученные из минерального сырья месторождений Каракалпакстана.

**Предмет исследования** является разработка способов получения гипсовых, известковых и известково-белитовых вяжущих на основе местных сырьевых ресурсов и управление процессами их гидратационного структурообразования и твердения.

**Методы исследования.** Рентгенография, электронная микроскопия, ИК- спектроскопия, химические, коллоидно-химические, физико-механические и дифференциально-термические методы анализа.

**Научная новизна исследования** заключается в следующем:

впервые выявлены роль и определены механизмы действия тонкодисперсных минеральных добавок Каракалпакстана разной природы в активности процессов гидратационного структурообразования в системах  $\text{CaSO}_4\text{-MH-H}_2\text{O}$ ,  $\text{Ca(OH)}_2\text{-MH-H}_2\text{O}$  и  $\text{CaO-C}_2\text{S-MH-H}_2\text{O}$ ;

впервые установлена последовательность процесса минералообразования в твердожидкостных фазовых реакциях, протекающих в нормальных и гидротермальных условиях твердения в упомянутых системах;

разработаны коллоидно-химические способы регулирования процессов гидратационного структурообразования, а так же изучено влияние вида и концентрации тонкодисперсных наполнителей разной природы – кремнеземистых, карбонатных и глинистых на свойства коагуляционных и кристаллизационных структур в их водных суспензиях при разных водотвердых отношениях;

получены дисперсные гипсовые системы с высокими физико-механическими свойствами, при термообработке в печи и гидротермальных условиях в автоклаве;

выявлены оптимальные виды и дозировка микронаполнителей (кварца и лессовидного суглинка) Каракалпакстана для полуводного гипса и ангидрита, интенсифицирующие процесс гидратации и твердения;

научно-обоснованы процессы, протекающие при термообработке дисперсных мергелей, и установлены оптимальные их условия и фазовый состав образующихся соединений в строительных материалах и изделиях автоклавного твердения с удовлетворительными коллоидно-химическими и физико-механическими свойствами;

впервые выявлена возможность улучшения физико-механических свойств дисперсий известково-белитовых вяжущих, полученных на основе мергелей Акбурлы и Порлытау, путем регулирования процессов гидратационного структурообразования с помощью местных минеральных наполнителей (ангидрит, карбонат кальция) в нормальных и гидротермальных условиях;

**Практические результаты исследования** заключается в следующем:

на основе полученных результатов определена возможность развития целенаправленного регулирования процесса гидратационного структурообразования в дисперсных вяжущих системах;

разработанные принципы способствуют созданию на основе, имеющейся в Каракалпакстане сырья, расширенного производства вяжущих строительных материалов, которые могут полностью удовлетворить потребности внутреннего и внешнего рынков;

на основе установленных закономерностей термообработки мергелей разработана возможность получения строительных материалов с высокими технико-эксплуатационными характеристиками.

**Надежность результатов исследования.** Достоверность результатов обусловлена использованием современных химических, аналитических, физико-коллоидно-химических методов анализов.

**Научное и практическое значение результатов исследования.**

Научная значимость результатов исследования заключается в том, что выявлены коллоидно-химические аспекты механизма действия тонкодисперсных минеральных добавок Каракалпакстана разной природы и активности в процессах гидратационного структурообразования в системах  $\text{CaSO}_4\text{-МН-Н}_2\text{О}$ ,  $\text{Ca(OH)}_2\text{-МН-Н}_2\text{О}$  и  $\text{CaO-C}_2\text{S-МН-Н}_2\text{О}$ . Разработаны способы регулирования процессов гидратационного структурообразования и изучено влияние тонкодисперсных наполнителей разной природы на свойства коагуляционных и кристаллизационных структур в водных суспензиях.

Практическая значимость результатов исследования заключается в расширении сырьевой базы для получения высококачественных гипсовых, известковых и известково-белитовых вяжущих, на основе которых можно производить строительные материалы с высокими эксплуатационными характеристиками.

**Внедрение результатов исследования.** На основе полученных научных данных по получению новых высококачественных материалов на основе гипсовых и карбонатных минералов Каракалпакстана:

технология получения известково-белитового вяжущего на основе карбонатных минералов Акбурлинского и Порлытаского месторождения внедрена на базе СП ООО «ХОРЖ КУРЫЛЫС» (Справка Министерства строительства РК №01-07/01-1695 от 02 августа 2019 года). В результате этого появилась возможность получить известково-белитовые вяжущие вещества с заниженной на 50 % себестоимостью на основе карбонатных минералов Каракалпакстана;

технология получения силикатного кирпича с автоклавной обработкой внедрена на экспериментальной базе КП «Независимый зональный центр сертификации» (Справка Министерства строительства РК №01-07/01-1695 от 02 августа 2019 года). В результате этого появилась возможность получить силикатный кирпич на основе известково-белитового вяжущего, барханного и глауконитового песка с повышенными физико-механическими свойствами;

технология получения пустотелого и полнотелого силикатного кирпича с автоклавной обработкой внедрена на заводе «КЎШКУПИР СИЛИКАТ ФИШТ ЗАВОДИ» (Справка Министерства строительства РК №01-07/01-1695 от 02 августа 2019 года). В результате этого появилась возможность получить пустотелый и полнотелый силикатный кирпич с повышенными физико-механическими и теплоизоляционными свойствами на основе местного сырья и минеральных наполнителей Каракалпакстана;

технология получения низкотемпературного и высокопрочного гипсового вяжущего на основе местных гипсовых минералов Каракалпакстана внедрена на базе ИП ООО «КНАУФ ГИПС БУХАРА» (Справка Министерства строительства РК №01-07/01-1695 от 02 августа 2019

года). В результате этого появилась возможность получить строительного, ангидритового и высокопрочного гипсовых вяжущих веществ, с заниженной на 35-40 % себестоимостью, на основе местного сырья Каракалпакстана.

**Апробация результатов исследования.** Результаты данного исследования были обсуждены на 10 Международных и 20 республиканских научно-практических конференциях.

**Публикация результатов исследования.** По теме диссертации опубликовано всего 87 научных работ. Из них 44 научных статей, в том числе 37 в республиканских и 7 в зарубежных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертаций.

**Структура и объем диссертации.** Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованной литературы и приложения. Объем диссертации составляет 200 страниц.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** обосновываются актуальность работы и востребованность проведенных исследований, характеризуются цель и задачи, излагается соответствие научных и практических исследований приоритетным направлениям развития науки и технологий республики Узбекистан, научная новизна и практические результаты исследования, раскрываются научная и практическая значимость полученных результатов исследования, опытно-промышленные испытания, сведения об опубликованных работах и структуре диссертации.

В первой главе диссертации **«Анализ проблем образования и изученности свойств гидратационных структур в дисперсных вяжущих системах»** рассмотрены карбонатные и гипсовые минералы, их коллоидно-химические и физико-механические свойства, а также наиболее важные технологические характеристики вяжущих систем, применяемых в строительной промышленности, их классификация, изучены существующие представления об управлении поведением вяжущих и о процессах, протекающих в них. Подробно представлены данные о коллоидно-химических основах создания минеральных вяжущих, а также химических реагентов - микронаполнителей регуляторов сроков схватывания и других технологических характеристик вяжущих.

Анализ литературы предопределяет возможность применения карбонатных и гипсовых минералов Каракалпакстана для получения новых материалов и реагентов, а также вяжущих на их основе. В этой главе обозначены цель и задачи исследования на основе критического подхода к рассмотренным научным работам.

Во второй главе диссертации **«Химические, коллоидно-химические и физико-механические показатели исходных материалов и микронаполнителей»** приведены данные о химических, химико-

минералогических составах и физико-механических характеристиках микронаполнителей, карбонатных и гипсовых минералов месторождений РК.

Комплексное исследование минералогических составов образцов осуществляли методами рентгенографического, термогравиметрического, электронно-микроскопического и ИК-спектрометрического анализа.

Установлены химические, химико-минералогические составы и основные физико- и коллоидно-химические свойства исходных модификаций гипсовых дисперсий и природных гипсов Урге, Раушан, Айбуйир, Бельтау, Кусханатау, Худжакуль, и известково-карбонатных пород (мергели) месторождений Устюрт, Муйнак, Кунград, Порлытау, Акбурлы, Ашшытау, Жамансай, Белтау.

**Таблица 1.**

**Химический состав карбонатных минералов, %**

Место- рождение	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,об.</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	П.п.п	Σ
Устюрт	13,93	7,28	3,62	26,9	2,5	0,1	0,1	0,08	42,27	96,78
Муйнак	20,5	4,45	0,87	32,2	2,8	След.	0,95	0,62	37,47	99,86
Кунград	8,91	3,96	1,17	34,4	2,9	3,10	0,94	0,49	44,11	99,98
Порлытау	9,73	3,78	1,00	36,5	3,5	0,21	0,92	0,50	43,47	99,61
Акбурлы	7,68	5,81	1,10	46,5	2,1	3,70	0,80	0,73	31,55	99,97
Ашшытау	7,43	2,70	1,04	36,3	3,4	След.	0,97	0,58	44,83	97,25
Жамансай	1,34	0,85	0,15	48,98	1,3	0,41	След.	След.	46,0	99,95
Белтау	13,68	3,60	1,70	25,41	15,77	0,45	След.	След.	39,10	99,71

Мергели - осадочные глино-карбонатные горные породы, включающие карбонатную (кальцит, доломит) и глинистую (каолинит, монтмориллонит, гидрослюда) части с примесями кварца, полевых шпатов и т.д. В зависимости от соотношения карбонатных и глинистых компонентов, возможен непрерывный ряд: известняк мергелистый 95-90% CaCO<sub>3</sub>, известковый мергель 90-75% CaCO<sub>3</sub>, натуральный мергель 75-40% CaCO<sub>3</sub> и глинистый мергель 40-20% CaCO<sub>3</sub>. Мергелистый известняк в основном используется для производства низкосортной извести, известковый мергель - для производства гидравлической извести и ИБВ, натуральный мергель является ценным материалом в производстве портландцемента.

Лабораторные химические исследования природных карбонатных и гипсовых минералов проведены по ГОСТу 4013-82. Результаты химического анализа приведены в таблицах 1 и 2.

Химическая и физико-химическая характеристика карбонатно-глинистых пород РК свидетельствует о возможности их использования для производства различных вяжущих строительных материалов: воздушной извести, строительной извести, известково-белитового вяжущего, гидравлической извести и романцемента, в качестве основы вяжущих веществ различного назначения.

Таблица 2.

## Химический состав гипсовых минералов, %

Оксиды		Месторождение					
		Урге	Раушан	Айбуйир	Кусханатау	Бельтау	Худжакуль
Массовое содержание в % на воздушно сухое вещество	SiO <sub>2</sub>	1,37	1,85	2,57	2,76	7,31	20,18
	TiO <sub>2</sub>	<0,01	0,035	0,051	0,015	0,019	0,15
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	<0,10	0,53	0,82	0,45	0,76	2,44
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,17	0,31	0,40	0,25	0,27	1,08
	MgO	0,65	0,70	0,60	0,4	0,5	0,5
	MnO	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,01	0,02
	CaO	31,66	31,50	30,31	30,54	29,16	23,97
	Na <sub>2</sub> O	0,07	0,18	0,24	0,1	0,21	0,39
	K <sub>2</sub> O	0,03	0,36	0,21	0,11	0,22	0,37
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,053	0,048	0,05	0,048	0,042	0,068
	SO <sub>3</sub> сulfат	44,52	44,37	44,18	44,61	41,5	32,9
	П.п.п.	21,33	20,06	20,52	20,68	19,95	17,91
	∑	99,97	99,96	99,98	99,97	99,95	99,98
H <sub>2</sub> O,320°C	20,1	16,89	18,76	19,63	18,75	14,32	

В результате комплексного исследования минерального состава природных гипсовых пород определено, что они отличаются между собой по количеству двухводного гипса, его модификациям, количеству примесей, в частности кварца, глины, доломита и кальцита.

В качестве добавок – микронаполнителей были взяты тонкодисперсные моно- и полиминеральные природные силикаты кварцевый песок (99,2 % SiO<sub>2</sub>), кальцит в виде мрамора (96,5% CaCO<sub>3</sub>), каолинит (98,3% каолинита) и алюмосиликаты – монтмориллонит и лессовидный суглинок (табл. 3).

Таблица 3.

**Общий химический анализ использованных образцов  
микронаполнителей, %**

Вид наполнителя	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	П.п.п	∑
Кварцевый песок	98,60	0,63	След.	След.	След.	След.	0,08	0,10	0,36	99,77
Мрамор	0,54	0,42	0,16	53,73	0,81	След.	0,40	0,16	42,73	98,95
Каолин	46,98	37,85	0,80	0,34	След.	0,11	0,12	0,49	13,64	100,3
Лессов. суглинок	49,80	11,13	4,00	13,90	2,01	След.	1,32	1,88	15,31	99,35
Монтмориллонит	56,75	16,17	5,50	0,15	2,01	След.	3,50	2,51	13,37	99,96

Рентгенографический анализ проводили с помощью дифрактометра XRD-6100 (Shimadzu, Japan). Применили CuK<sub>α</sub> – излучение (β-фильтр, Ni, 1,54178 режим тока и напряжение трубки 30 mA, kV) при постоянной скорости вращения детектора 4 град/мин с шагом 0,02 град, а угол сканирования изменялся от 4 до 80°. Дифференциально-термический анализ образцов минералов проводился на дериватографе системы Паулик-Паулик-Эрдей со скоростью 9-10 град/мин и навеской 0,1 г. При чувствительности гальванометров Т-900, ТГ-100, ДТА-1/10, ДТГ-1/10. Запись проводили при атмосферных условиях. Держателем служил платиновый тигель диаметром 7 мм без крышки. В качестве эталона использовали Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. ИК-спектры

поглощения записывали на спектрофотометрах, IRTracer-100 фирмы «Shimadzu». IRTracer-100 ( $400-4000\text{ см}^{-1}$ ) PУЕ и NiCAM ( $400-4000\text{ см}^{-1}$ ) с применением методики прессования образцов с KBr.

Мелкодисперсные наполнители независимо от их природы всегда полидисперсны, что влияет на их физико-механические и коллоидно-химические свойства (табл. 4).

**Таблица 4.**

**Основные физико-механические свойства минеральных наполнителей**

Вид наполнителя	Влажность, %	Плотность г/см <sup>3</sup>	Объемная масса г/см <sup>3</sup>	Удельная поверхность определенная		Цвет
				на приборе ПСХ-2, см <sup>2</sup> /г	по низко-температурной адсорбции, м <sup>2</sup> /г	
Кварцевый песок	0,15	2,70	1,1-1,15	2300-3200	3,33	Серый
Мрамор	0,20	2,72	0,9-1,0	2500-3500	4,04	Белый
Каолин	0,59	2,48	-	12300-14000	18,33	Светлокор.
Лессов. суглинок	0,53	2,56	0,35-0,4	25000-31000	33,61	Белый
Монтмориллонит	0,47	2,50	-	40000-46000	42,03	Светлосер.

Результаты исследований химических, физико-химических и физико-механических свойств исходных материалов показывают возможность их использования в создание гипсовых, известковых и известково-белитовых вяжущих систем и получения на их основе композиционных, строительных, силикатных материалов и изделий с улучшенными физико-механическими свойствами.

В третьей главе «**Регулирование процесса получения гипсовых и известково-белитовых вяжущих систем путем термообработки подобранных минералов**» изучены влияния: термообработки на состав продуктов новообразований гипсовых минералов; тепловой обработки на основные физико- и коллоидно-химические, а также физико-механические свойства гипсовых вяжущих дисперсий; термообработки и тонкодисперсных наполнителей на процессы образования известково-белитовых соединений.

Для выяснения происходящих изменений в составе гипсового минерала в процессе термической обработки и их влияния на гидратационное твердение вяжущих были исследованы вещественные составы термообработанных при различных температурах гипсовых минералов.

В зависимости от температуры и условий нагрева получают различные модификации сульфата кальция, отличающиеся содержанием кристаллизационной воды, плотностью, формой и размерами кристаллов, теплотой гидратации, теплоемкостью, растворимостью, оптическими и другими физико-химическими и механическими свойствами. Анализ полученных экспериментальных данных позволяет заключить, что направленным изменением температуры обжига и дисперсности сырьевой смеси можно получить гипсовые минеральные вяжущие различных модификаций.

**Влияние термообработки на процессы образования известково-белитовых соединений.** Для дальнейших исследований, как оптимальное сырье по составу и практической значимости для получения вяжущих были выбраны мергели Акбурлинского (1) и Порлытауского (2) месторождений.

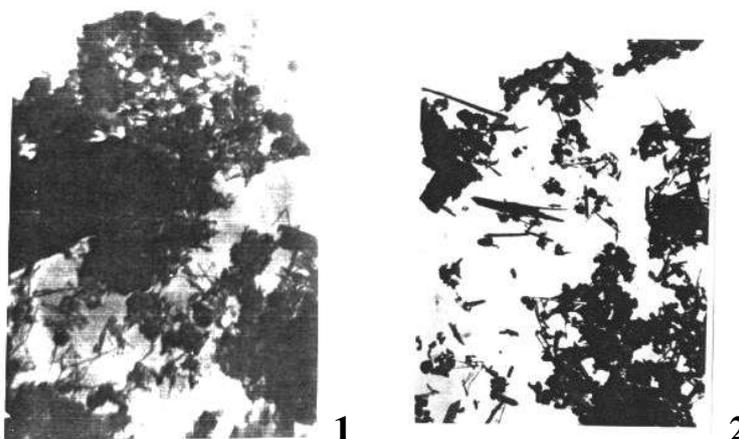
На основе мергелей Акбурлинского и Порлытауского месторождений Каракалпакстана впервые получены известково-белитовые вяжущие (ИБВ<sub>1</sub>), установлены оптимальные режимы термообработки мергелей, определены химико-минералогические составы полученных продуктов (табл. 5).

**Таблица 5.**

**Минералогический состав полученных известково-белитовых вяжущих**

Месторождения мергеля	K <sub>осн.</sub>	Минералы, %					
		C <sub>3</sub> A	C <sub>2</sub> F	CaSO <sub>4</sub>	CaO <sub>св.</sub>	C <sub>2</sub> S	Σ
Акбурлы	6,23	4,79	1,23	7,43	57,24	29,25	99,94
Порлытау	3,72	5,07	2,17	6,58	58,53	27,45	99,80

Сырьевые материалы в процессе их нагревания претерпевают сложные превращения, сопровождающиеся изменением минералогического состава и физических свойств (рис.1). Как видно из представленных электронно-микроскопических микрофотографий свободный оксид кальция представлен хлопьевидными и округленными кристаллами, а β-C<sub>2</sub>S - бесцветными округленными и овальными. Трехкальциевый алюминат имеет изометричные зерна с квадратными и округлыми очертаниями кристаллов; ферриты кальция представлены тонкими игольчатыми кристаллами.



**Рис. 1.** Электронно-микроскопические снимки образцов, полученных при термообработке мергелей при 1000<sup>0</sup>С с выдержкой 90 мин.: 1-Акбурлы; 2-Порлытау (увеличение 20 тыс. )

Осуществлено регулирование процессов получения вяжущих с добавлением 5, 10 и 20% кварцевого песка в сырьевую смесь (соответственно ИБВ<sub>2</sub>-5, ИБВ<sub>2</sub>-10, ИБВ<sub>2</sub>-20). Минералогический состав продуктов термообработки мергелей с кварцевым песком приведен в таблице 6. Путем введения в сырьевую смесь оптимального количества (20 % к массе мергеля) кварцевого песка можно регулировать процесс образования β-

двухкальциевого силиката и повысить его содержание на 38-40% в продуктах термообработки (ИБВ<sub>2</sub>-20) за счет взаимодействия свободного CaO с SiO<sub>2</sub>.

**Таблица 6.**

**Минералогический состав продуктов термообработки мергелей с кварцевым песком**

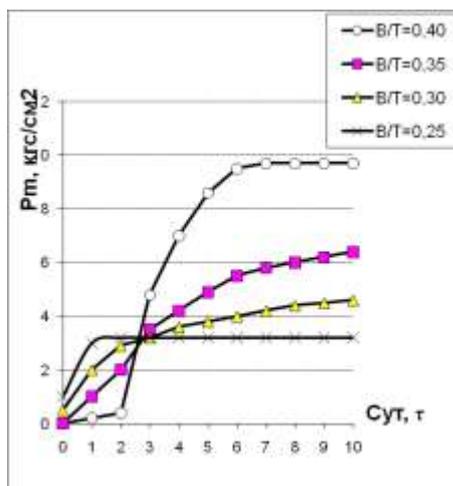
Месторождение мергеля	Добавка песка	K <sub>осн</sub>	Минералы, %				
			C <sub>3</sub> A	C <sub>2</sub> F	CaSO <sub>4</sub>	CaO	C <sub>2</sub> S
Акбурлы	5	5,52	6,32	9,65	7,79	28,17	48,13
Акбурлы	10	3,24	6,93	9,88	7,83	16,93	50,31
Акбурлы	20	1,07	7,65	10,13	9,65	3,05	67,94
Порлытау	5	4,89	8,07	9,48	7,87	25,74	48,29
Порлытау	10	2,37	9,76	9,52	7,91	15,03	55,97
Порлытау	20	1,75	10,38	11,95	7,80	1,43	65,78

Установлено, что оптимальным режимом термообработки изученных мергелей без и с добавками кварцевого песка и получения, соответственно, ИБВ<sub>1</sub> и ИБВ<sub>2</sub> является температура 1000<sup>0</sup>С с выдержкой 90 мин. Рентгенофазовыми, ИК-спектроскопическими, электронно-микроскопическими и другими методами исследования установлено, что продукты термообработки характеризуются содержанием свободного оксида кальция, β-двухкальциевого силиката, алюминатов и ферритов кальция.

Таким образом, результаты физико-химических исследований термообработки при различных температурах образцов мергелей Акбурлы и Порлытау показывают, что оптимальным температурным условием их термообработки является 1000<sup>0</sup>С с выдержкой 90 минут. В этих режимах образуется наибольшее количество свободного оксида кальция и β-двухкальциевого силиката, в малых количествах - трехкальциевый алюминат и феррит кальция.

В четвертой главе диссертации «Регулирование процессов гидратационного структурообразования и их свойств в дисперсиях гипсовых и глино-гипсовых вяжущих систем» приведены результаты исследований коллоидно-химических основ процессов гидратационного структурообразования в системах гипсовых вяжущих различных модификаций без и в присутствии микронаполнителей.

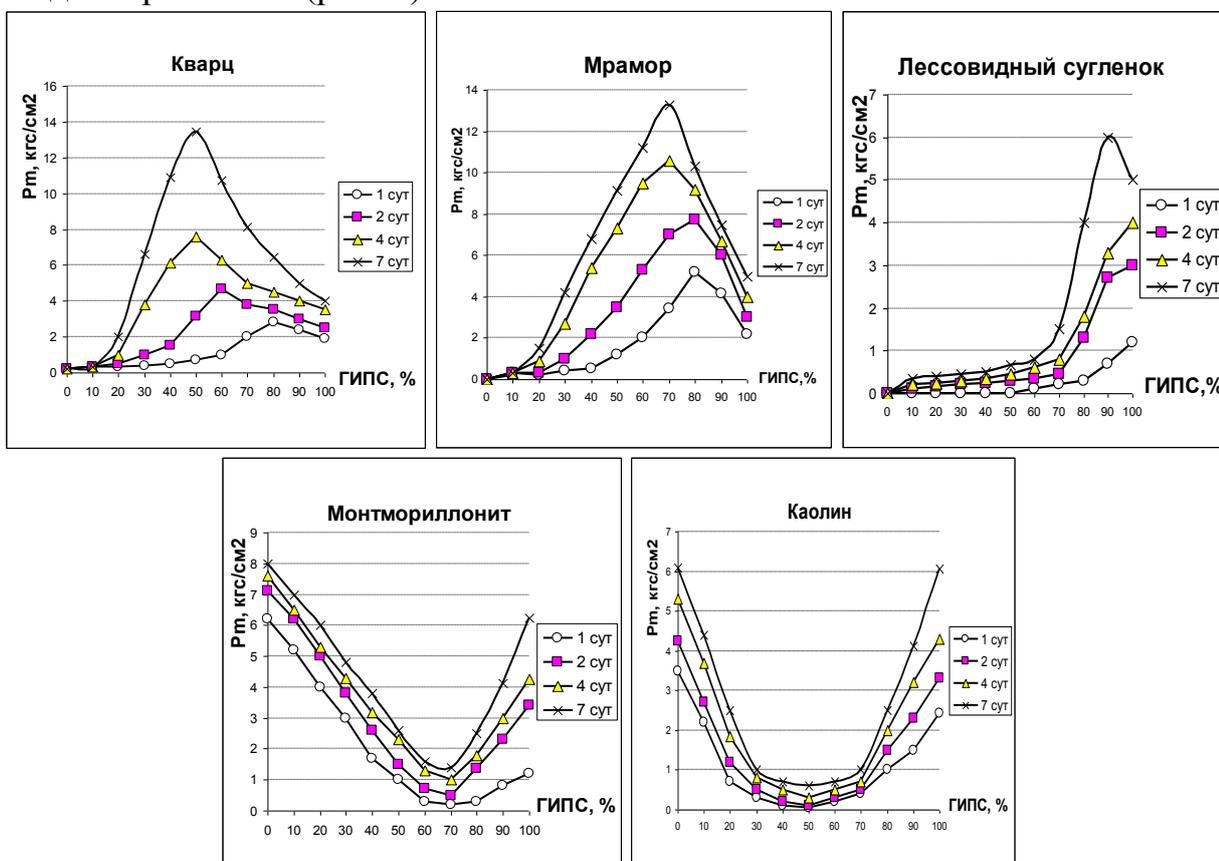
Рассмотрено влияние вида и концентрации минеральных наполнителей на процесс формирования структуры в ряду систем с вяжущим одной и той же химической природы (сульфат кальция), но различающимся растворимостью и дисперсностью в результате получения при различной термической обработке: CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O; CaSO<sub>4</sub>·0,5H<sub>2</sub>O; CaSO<sub>4(раств)</sub>; CaSO<sub>4(нераств)</sub>. В этом ряду, где готовый двухводный гипс способен преимущественно к коагуляционному, а термообработанные гипсы - к гидратационному структурообразованию, исследовано влияние природы примесного минерального компонента на выделение и рост кристаллов новообразований и на формирование контактов между ними и частицами исходной твердой фазы.



**Рис.2. Кинетика структурообразования двуводного сульфата кальция в зависимости от водо-твердого отношения.**

При измерении пластической прочности суспензий двуводного гипса с различными  $V/T$  отношениями отмечается четкая зависимость  $P_m$  от содержания в системе воды, характерная для коагуляционного структурообразования (рис. 2) – увеличение  $V/T$  от 0,25 до 0,40 привело к трехкратному повышению прочности – от 3,55 до 10,5 кг/см<sup>2</sup>.

Исследовалось влияние вида и концентрации минеральных наполнителей на процессы формирования структуры в системах с вяжущими полученными при различных температурах, различающимся растворимостью и дисперсностью (рис. 3).



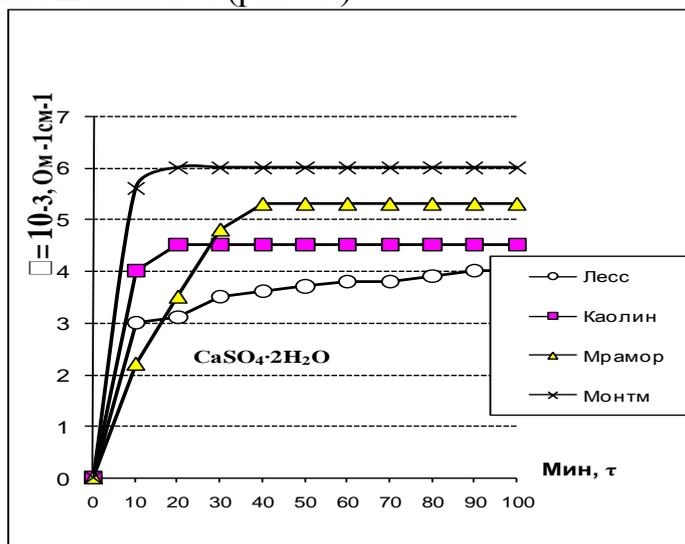
**Рис. 3. Влияние вида и концентрации наполнителей на кинетику структурообразования в пастах  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ -MH- $H_2O$ .**

В смесях с высокодисперсными наполнителями каолином и монтмориллонитом, которые с течением времени в водных пастах дают коагуляционную структуру с прочностью даже более высокой, чем двухводный гипс, при изменении соотношения гипс-наполнитель прочность снижается пропорционально увеличению содержания гипса. Эти данные могут служить косвенной оценкой сродства вторичных гидратов к подложке. С течением времени (4-7сут) фактор водо-твердого отношения становится для всех систем незначимым.

В отличие от рассмотренного двухводного сульфата кальция, полуводный гипс, обладая повышенной растворимостью в воде, способен давать пересыщенные двухгидратным гипсом растворы, из которых он и кристаллизуется, обуславливая гидратационное твердение системы  $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ .

Для продуктов обжига гипсового минерала при температурах до  $200^\circ\text{C}$ , содержащих в основном полуводный гипс, особенности кристаллизационного структурообразования проявляются в основном в начальный период процесса. С увеличением концентрации вводимого инертного наполнителя и с течением времени нарушается целостность структуры и снижается прочность всей системы.

Результаты исследований показали, что наполнитель, служа подложкой для выделения и кристаллизации гидратов, освобождает от этого исходные частицы и тем самым интенсифицирует их растворение, что можно наглядно проследить при измерении кинетики изменения удельной электропроводности разбавленных суспензий, содержащих вяжущее и наполнитель в соотношении 1:4 (рис. 4.).



**Рис. 4.** Влияние вида наполнителя на кинетику изменения удельной электропроводности водных суспензий  $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ -МН-Н<sub>2</sub>О при  $20^\circ\text{C}$

Как видно в смесях со всеми наполнителями, уже в первые 1-5 минут образуются пересыщенные относительно двухгидрата растворы и кривые быстро стабилизируются на этом уровне. Наибольшая электропроводность соответствует смесям с монтмориллонитом. Восходящий участок в первые секунды взаимодействия образца с водой, и тем скорее сменяется

равновесным состоянием системы (кривая  $\alpha$ - $\tau$  выходит на прямолинейный участок параллельный оси времени), чем выше удельной поверхность наполнителя. При этом уровень электропроводности, соответствующий растворимости вторичного двуводрата несколько выше, чем для двуводного гипса, из которого был получен полуводный, что указывает на более высокую дисперсность и соответственно растворимость вторичного гипса-продукта гидратации.

Исследованы влияния наполнителей на кинетику структурообразования в концентрированных гипсовых суспензиях (табл. 7).

При взаимодействии с водой гидраты новообразования образуют кристаллы, которые в процессе роста срастаются между собой и дают конденсационно-кристаллизационную структуру с высокой прочностью. Процесс протекает так быстро, что максимальная прочность в системе возникает уже через 15-30 минут. При этом отмечены все основные признаки конденсационно-кристаллизационных структур: высокая по сравнению с коагуляционными структурами прочность, определяемая высокой прочностью фазовых контактов между кристалликами, необратимый характер разрушения – ярко выраженные упругость и хрупкость и весьма малая пластичность, наличие внутренних напряжений, возникающих в процесс образования фазовых контактов.

Таблица 7.

**Влияние кварца и водо-твердого отношения на кинетику структурообразования в концентрированных суспензиях  $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$**

Кварцевый песок, % в смеси	$R_m$ кг/см <sup>2</sup>											
	1 мин	5 мин	15 мин	30 мин	1ч	2ч	4ч	6ч	1 сут	2 сут	4 сут	7 сут
В/Т=0,60												
-	0,00	0,9	122	137	122	125	19	130	122	125	125	126
10	0,10	20,4	127	118	116	111	113	104	102	104	102	52
30	0,00	20,4	78,8	76,9	79,4	75,1	70,1	66,1	61,5	62,7	56,8	53,4
50	0,00	4,2	37,4	36,0	35,3	33,3	31,1	29,9	28,8	25,8	26,4	25,8
70	0,00	2,3	16,4	14,6	13,2	11,8	10,9	10,8	8,9	8,7	8,7	8,3
90	0,00	0,0	2,6	2,1	1,7	1,2	0,8	0,9	0,4	0,4	0,2	0,1
100	0,00	0,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
В/Т=0,50												
-	0,30	4,1	190	193	185	197	172	165	166	165	171	150
10	1,1	144	159	171	168	161	156	153	156	140	148	142
30	0,2	30,9	115	117	108	99	99	95	90	89	92	94
50	0,00	19,7	66,4	69,0	66,4	58,8	54,6	53,7	51,2	48,0	47,7	47,7
70	0,00	4,6	26,6	25,4	23,3	20,4	19,2	19,7	17,6	17,3	16,0	15,7
90	0,00	0,1	3,9	3,3	2,9	2,5	2,5	2,3	1,1	1,2	1,2	0,7
100	0,00	0,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Для системы  $\text{CaSO}_4\text{-H}_2\text{O}$ , включающей различные разновидности водного и безводного сульфатов кальция, установлена зависимость между прочностью и пористостью структур твердения, которую изменяли водо-твердым отношением, с одной стороны, и введением тонкодисперсных минеральных добавок – с другой.

Показано, что природа микронаполнителя влияет не только на условия выделения гидратных новообразований, но и на их кристаллизацию, локализацию в системе и формирование контактов.

Выявлены оптимальные вид и дозировка микронаполнителей для полуводного гипса и ангидрита, интенсифирующие гидратацию и твердение – кварц и лессовидный суглинок.

Растворимый ангидрит так же как полуводный гипс способен к гидратационному твердению за счет образования двуводного гипса при взаимодействии безводного сульфата кальция с водой. Пересыщение раствора поддерживается растворением ангидрита, скорость растворения которого ниже, чем у полугидрата, что наглядно видно при измерении удельной электропроводности и состава жидкой фазы разбавленных суспензий сульфата кальция.

Скорость растворения продуктов гипсовых минералов полученных термообработкой при температурах выше 300°C (в основном содержащий растворимый ангидрит) ниже, чем у полугидрата. Исследованы процессы структурообразования в системе  $\text{CaSO}_{4\text{раств.}}$ -наполнитель- $\text{H}_2\text{O}$  (рис. 5).

Электронные фотографии с поверхности скола гипсового камня, образованного в системе  $\text{CaSO}_{4\text{раств.}}$ -наполнитель- $\text{H}_2\text{O}$  показывают, что упрочнение паст с добавками мрамора и песка является результатом более плотных и прочных контактов между новообразованиями и подложкой из этих материалов.



**Рис. 5. Электронные фотографии с поверхности скола гипсового камня, образованного в системе  $\text{CaSO}_{4\text{раств.}}$ -наполнитель- $\text{H}_2\text{O}$  через 1ч гидратации. а-х450, б-х1500.**

На поверхности монтмориillonита и каолина кристаллики двуводного гипса очень мелкие и плохо закристаллизованные. Эти минералы влияют на форму и размер кристаллов в сторону их ухудшения. Лессовидный суглинок занимает промежуточное положение благодаря его полиминеральному составу. Можно полагать, что такое различное влияние природы подложки на

скорость и степень кристаллизации двуhydrата объясняется еще и отношением этой подложки к растворимым компонентам гипсовой суспензии и прежде всего к CaO.

Нерастворимый ангидрит, полученный при температуре 700<sup>0</sup>С, является основой ангидритового вяжущего. В зависимости от способа получения ангидритовое вяжущее делят на без обжиговое и обжиговое. К без обжиговым относят природные ангидриты, к обжиговым – искусственно приготовленные обжигом при 600-700<sup>0</sup>С из CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O.

При изучении влияния водо-твердого отношения на характер изменения R<sub>m</sub> суспензий искусственно приготовленного нерастворимого ангидрита, можно отметить, что при нормальной густоте теста (В/Т=0,30) заметные значения пластической прочности отмечаются к 6 часам, увеличение В/Т до 0,40-0,50 отодвигает этот момент до 2 суток, причем увеличение содержания воды в системе на 5-7% через 40 суток дает пятикратное снижение прочности.

Изучено влияние микронаполнителей на гидратационное структурообразование гипсового вяжущего и гидратацию в концентрированных пастах CaSO<sub>4</sub> не раств.-МН-Н<sub>2</sub>O (табл. 8).

Степень гидратации нерастворимого ангидрита в начальные сроки (до 1 сут) составляет всего 4,5%, а в присутствии кварца и мрамора незначительно увеличивается до 5%, а при введении глинистых наполнителей возрастает в 4-5 раза, достигая 16-20%.

**Таблица 8.**

**Влияние наполнителей на гидратацию CaSO<sub>4</sub> не раств.**

Наполнитель		Содержание в продуктах гидратации, % через					
Наименование	% в смесь	1 час		1 сут		7 сут	
		CaSO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O:CaSO <sub>4</sub>					
Без наполнителя	0	3,4	95,6	4,5	95,2	26,6	73,1
Кварц	10	4,0	95,5	4,1	95,5	29,0	78,8
	30	5,1	94,3	5,0	94,9	31,3	68,5
Мрамор	10	4,2	95,4	4,9	94,5	30,6	69,0
	30	4,3	95,2	4,8	94,4	32,2	68,0
Каолин	10	4,5	95,0	20,3	80,1	34,4	65,3
	30	6,6	93,1	29,5	70,2	42,7	57,1
Монтмориллонит	10	12,5	87,1	16,7	82,6	33,6	65,8
	30	12,7	86,7	15,6	84,4	52,0	48,0
Лессовидный суглинок	10	6,8	93,0	16,9	83,1	34,8	65,0
	30	5,9	94,0	20,8	79,1	48,7	51,2

Интенсифицирующее влияние наполнителей на структурообразование явно проявляется только, начиная с 7 суток, когда разница в приросте степени гидратации уменьшается, хотя абсолютные величины ее остаются в 1,5-2 раза большими. Процесс твердения высокообжигового ангидрита в отличие от низкообжиговых гипсовых вяжущих не сопровождается увеличением объема твердеющей массы, что связано с полной релаксацией напряжений кристаллизации за счет длительного отсутствия жесткой структуры.

Тонкодисперсного кварцевого песка в количестве 10% от массы вяжущего можно рекомендовать в качестве активатора схватывания и гидратационного твердения продуктов обжига всех изучаемых образцов независимо от происхождения.

Результаты исследований показали, что природа наполнителя имеет основополагающее значение в процессах гидратационного структурообразования и твердения гипсовых вяжущих всех модификаций. Определение оптимальных соотношений компонентов в системах позволяет получить вяжущие материалы с максимальными значениями прочности.

В пятой главе диссертации «**Регулирование процессов гидратационного структурообразования в системе CaO-C<sub>2</sub>S-минеральный наполнитель-H<sub>2</sub>O**» приведены результаты исследования процессов образования гидратационных структур в дисперсиях известково-белитовых вяжущих систем и проведена разработка технологии получения известково-белитовых вяжущих веществ и различных изделий на их основе.

Продукты термообработки мергелей ИБВ<sub>1</sub>, могут подвергаться твердению при их затворении с водой в двух направлениях: по типу твердения воздушной извести, а также по типу твердения гидравлических вяжущих. Это связано с тем, что в составе ИБВ<sub>1</sub> содержится большое количество свободной извести, которая твердеет в основном на воздухе, а силикаты, алюминаты и ферриты кальция, после предварительного твердения на воздухе продолжают твердеть и в водной среде. Изучение процессов ГС в концентрированных пастах ИБВ<sub>1</sub> позволяет выявить роль природы гидратирующейся фазы в кинетике формирования прочности возникающей структуры.

Результаты исследований влияния водо-твердого отношения на кинетику структурообразования в пастах ИБВ<sub>1</sub> представлены в таблице 9.

**Таблица 9**

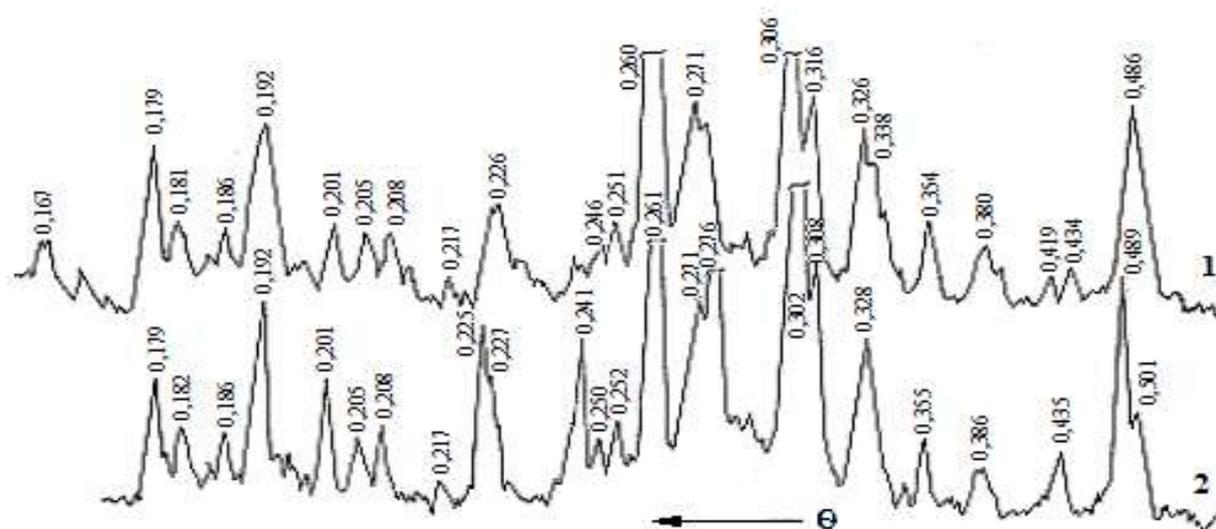
**Влияние водо-твердого отношения на кинетику структурообразования в пастах ИБВ<sub>1</sub> на основе мергеля Акбурлы (Pm, МПа).**

Выдержка, мин	В/Т	Сроки измерения											
		минуты			часы			сутки					
		1	15	30	1	3	6	1	3	7	14	28	40
60	0,90	0,48	2,69	4,01	7,37	9,78	10,2	13,2	13,81	13,50	14,31	18,30	20,00
-«-	1,00	0,33	2,45	3,77	7,18	9,42	10,3	12,1	13,51	13,01	13,98	17,9	20,67
-«-	1,20	0,18	1,51	2,61	6,81	8,12	9,70	11,8	12,64	12,76	12,90	16,12	19,80
90	0,90	0,98	4,29	8,34	8,74	9,31	13,3	15,6	20,53	16,63	14,24	20,40	28,75
-«-	1,00	0,56	5,47	7,01	7,74	10,9	13,1	12,1	13,39	14,48	14,48	18,30	23,42
-«-	1,20	0,40	4,34	6,85	7,75	10,0	10,4	12,0	13,00	14,01	13,85	17,90	21,34
120	0,90	0,87	4,51	7,15	7,20	8,55	13,9	14,0	15,53	16,45	15,30	19,10	27,76
-«-	1,00	0,68	3,70	6,40	6,35	8,79	12,9	13,1	13,59	14,62	14,10	18,75	25,27
-«-	1,20	0,36	1,92	4,17	5,44	7,16	12,9	13,0	12,45	13,69	12,57	18,05	23,14

Сопоставление представленных в таблице данных указывает, что у паст на основе ИБВ<sub>1</sub>, полученных при 1000<sup>0</sup>С и выдержке 90 мин, прочностные показатели выше, чем у паст на основе ИБВ<sub>1</sub>, полученных при других температурных режимах и выдержках. Это указывает на то, что режим

термообработки при  $1000^{\circ}\text{C}$  с выдержкой 90 мин. является оптимальным для исследуемых мергелей. Системы на основе продуктов термообработки мергеля Акбурлинского месторождения при В/Т отношении 0,90 в условиях влажно-воздушного хранения имеют максимальную прочность 28,75 МПа, а Порлытауского месторождения - 30,25 МПа после 40 суток выдержки.

Результаты исследований рентгенофазового анализа продуктов гидратации ИБВ<sub>1</sub> показаны на рисунке 6. Дифрактограммы гидратированных в течение 28 суток известково-белитовых вяжущих характеризуются присутствием более интенсивных линий гиллебрандита (0,302; 0,271; 0,260 нм), портландита (0,486 и 0,192 нм), гидросиликата кальция типа С-S-II (0,306 нм), а также менее интенсивных линий тоберморита  $5\text{CaO}\cdot 6\text{SiO}_2\cdot 5\text{H}_2\text{O}$  (0,251 и 0,248 нм). Линии 0,326; 0,205 нм и 0,186; 0,179 нм относятся соответственно к гидроалюминату и гидроферриту кальция.



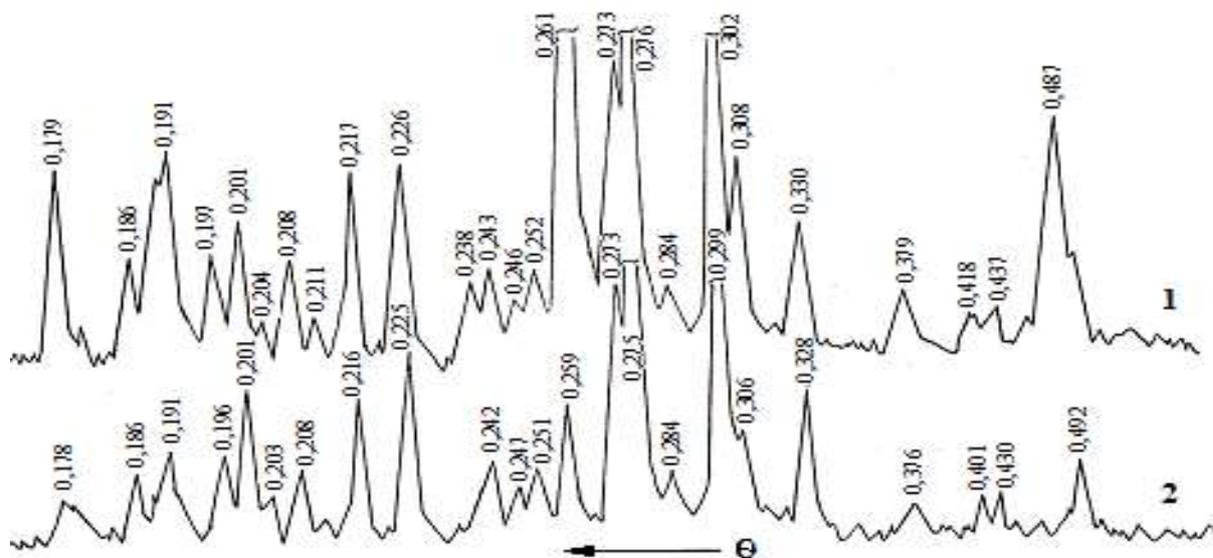
**Рис. 6. Дифрактограммы продуктов гидратации ИБВ<sub>1</sub>, полученных на основе мергелей №1 и №2**

Исследования процессов гидратационного структурообразования показывают, что известково-белитовые вяжущие материалы на основе местных мергелей Акбурлы и Порлытау Республики Каракалпакстан представляют собой эффективные вяжущие. Они могут быть использованы для изготовления на их основе достаточно высокопрочных силикатных изделий. Однако для получения указанных изделий предпочтительнее иметь еще большие показатели прочности образцов известково-белитовых вяжущих, что может быть достигнуто применением соответствующих минеральных наполнителей и проведением процесса ГС в гидротермальных условиях.

**Гидратационное структурообразование в системе известково-белитовое вяжущее–наполнитель–вода.** В данной системе представляет особый интерес изучение роли карбонатов и растворимого ангидрита в качестве наполнителей в процессе структурообразования в дисперсиях ИБВ<sub>2</sub>.

Выявлены механизмы действия наполнителей, условия их максимальной эффективности при регулировании процессов гидратационного структурообразования в известково-белитовых вяжущих, полученных на основе мергелей Республики Каракалпакстан. Карбонаты в данной работе представлены отходами производства мрамора.

Результаты исследований рентгенофазового анализа продуктов гидратации в системе ИБВ<sub>2</sub>-10-мрамор-вода показаны на рисунке 7.



**Рис. 7. Диффрактограммы продуктов гидратации в системе ИБВ<sub>2</sub>-10-мрамор-вода. ИБВ<sub>2</sub>-10 на основе мергеля месторождения Акбурлы(1) и Порлытау(2).**

Диффрактограммы гидратированного ИБВ<sub>2</sub>-10 в течение 28 сут характеризуются присутствием более интенсивных линии гиллебрандита (0,302; 0,276 и 0,273 нм), гидроокиси кальция (0,261 и 0,191 нм), менее интенсивных линии, характерных для гидроферрита кальция (0,186 нм) и монокарбонатного гидроалюмината кальция (0,211 и 0,201 нм).

Исследования показывают, что введение мрамора в ИБВ значительно влияет на его прочностные характеристики, усиливает прочность системы за счет образования четырехкальциевого монокарбонатного гидроалюмината.

При исследованиях растворимого ангидрита в качестве наполнителя в системе ИБВ<sub>2</sub> установлено, что его влияние на дополнительный рост прочности системы связано со степенью пересыщения раствора по отношению к ионам кальция и, соответственно, с усилением процесса формирования новообразований.

При введении ангидрита в систему ее пластическая прочность нарастает со временем. В начальный период гидратации при соприкосновении частиц вяжущего с водой на контактной поверхности сразу же начинает идти реакция растворения кристаллов безводных минералов и насыщение жидкой фазы с последующим пересыщением. После достижения пересыщения из раствора кристаллизуются Са(ОН)<sub>2</sub> и этtringит, которые и характеризуют начальные прочности. Первичные кристаллы гидросиликатов кальция наблюдаются по истечении примерно 1ч процесса гидратации. В период 2-4ч

наблюдается некоторое заторможение реакции, но затем, в результате разрушения оболочек растущими под ними кристаллами этtringита и портландита, процесс образования гидратов вновь ускоряется, о чем свидетельствует набирание прочности системы.

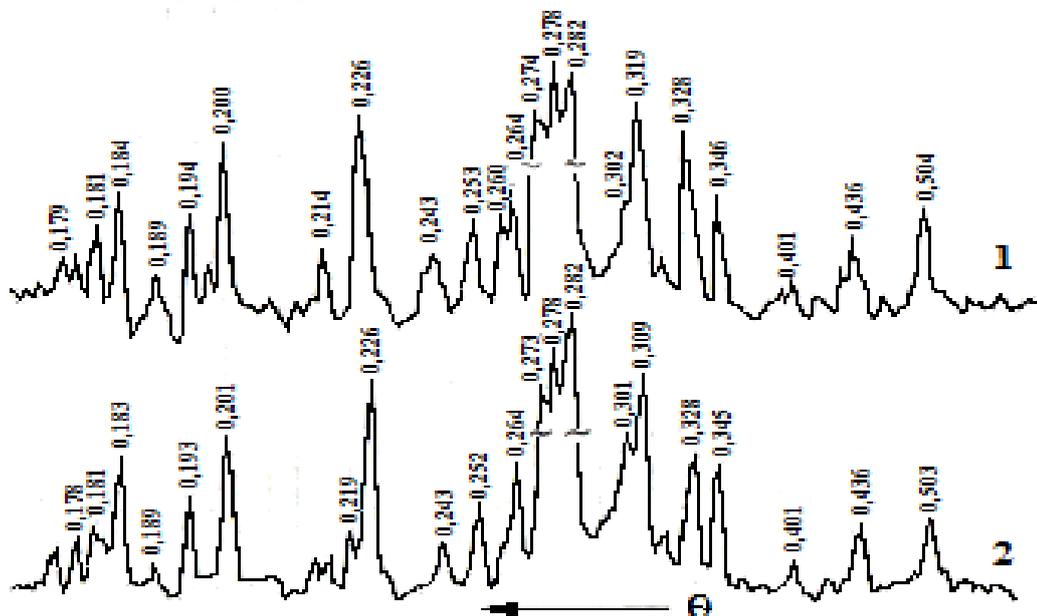
Установлены границы соотношений наполнителей, соответствующие проявлению той или иной степени их взаимодействия со свободным оксидом кальция и соответственно образованию продуктов реакции, определяющих физико-механические параметры системы.

### **Прочность в системах ИБВ<sub>1</sub> и ИБВ<sub>2</sub> с микронаполнителями в условиях гидротермальной обработки.**

Изучение влияния растворимого ангидрита на структурообразование и прочность ИБВ<sub>1</sub> в гидротермальных условиях показало, что растворимый ангидрит взаимодействует с трехкальциевым алюминатом, образуя этtringит, тем самым придает дополнительную прочность в системе.

Результаты исследований рентгенофазового анализа продуктов гидратации в системе ИБВ<sub>1</sub>-растворимый ангидрит-вода показаны на рисунке 8.

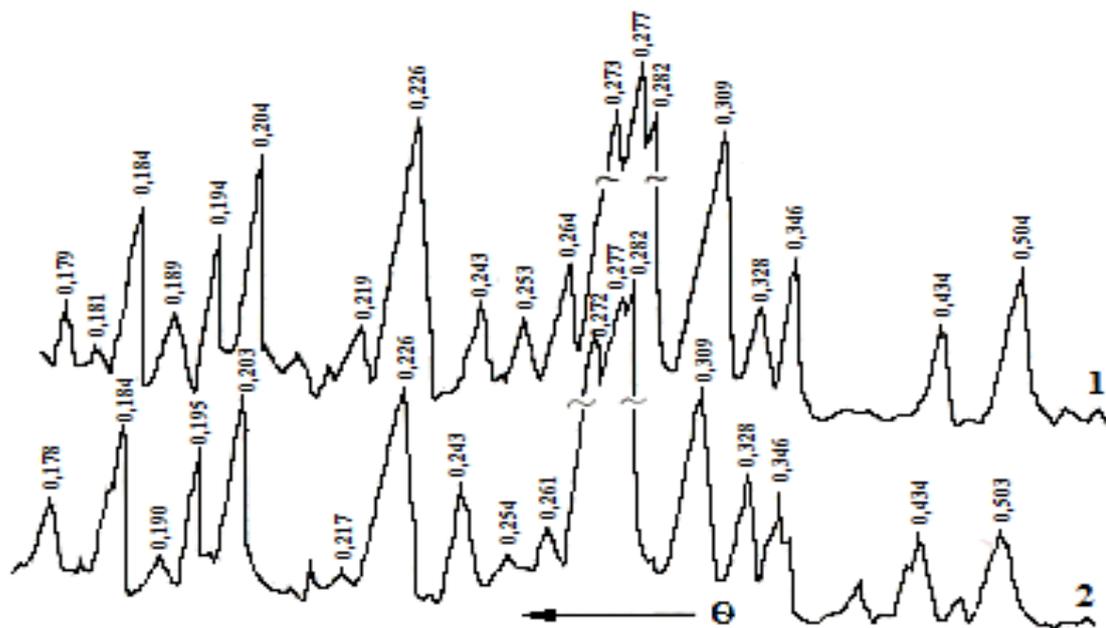
Дифрактограммы продуктов гидратации в системе ИБВ<sub>1</sub>-растворимый ангидрит-вода при ее гидротермальной обработке показывают наличия интенсивных линий, характерных для тоберморита (0,282 нм) и гидросиликата CSH(I) (0,278 нм). Присутствие в образце окенита характеризуется линией при 0,436 нм. Образуются также высокоосновные гидросиликаты кальция (0,309; 0,226 нм). Линии (0,302; 0,243 и 0,200 нм) характерны для гидросульфатоалюмината кальция.



**Рис. 8. Дифрактограммы продуктов гидратации в системе ИБВ<sub>1</sub>-растворимый ангидрит-вода при ее гидротермальной обработке: ИБВ<sub>1</sub> получены на основе мергелей №1 и №2.**

Исследовалось влияние растворимого ангидрита в гидротермальных условиях на свойства системы на основе ИБВ<sub>2</sub>. Результаты исследований

рентгенофазового анализа продуктов гидратации в системе ИБВ<sub>2</sub>-растворимый ангидрит-вода показаны на рисунке 9.



**Рис. 9. Диффрактограммы продуктов гидратации в системе ИБВ<sub>2</sub>-растворимый ангидрит-вода при ее автоклавной обработке: ИБВ<sub>2</sub> получены на основе мергелей №1 и №2.**

Диффрактограммы образцов указывают на образование минералов, что и в случае использования ИБВ<sub>1</sub>. Однако, как видно интенсивность линий, характерных для гидросиликатов, в частности тоберморита (0,282 нм), CSH(I) (0,278 нм) и гиллебрандита (0,309 и 0,226 нм) увеличивается.

Результаты исследований показали, что прочность образцов возрастает с увеличением времени твердения системы и количества добавки. Относительно большая прочность системы на основе ИБВ<sub>2</sub> по сравнению с системой на основе ИБВ<sub>1</sub> можно объяснить большим количеством образующихся гидросиликатов кальция, особенно тоберморита и CSH(B). Видимо, присутствующий в системе растворимый ангидрит оказывает влияние на процессы образования тоберморита и CSH(I). К тому же образовавшийся гидросульфат алюмината кальция дает дополнительную прочность. Не вступивший в химическое взаимодействие с трехкальциевым алюминатом некоторый избыток растворимого гипса образует двухводный гипс, который также сообщает некоторую дополнительную прочность системе.

Результаты исследовательских работ по регулированию процессов гидратационного структурообразования в системе CaO-C<sub>2</sub>S-минеральный наполнитель-H<sub>2</sub>O показали, что на основе известково-белитовых вяжущих из мергелей Каракалпакстана, с минеральными наполнителями можно получить изделия автоклавного твердения с высокими показателями прочности, наиболее оптимальным является состав вяжущего, состоящий из ИБВ<sub>2</sub> с 20 % -тами растворимого ангидрита.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам выполненных исследований можно сделать следующие выводы, внести научно- практические предложения и рекомендации:

1. На различных модификациях сульфата кальция полученных из чистого двуводного сульфата кальция и природных гипсовых минералов, отличающихся дисперсностью, растворимостью и кинетикой гидратации, изучено влияние вида и концентрации тонкодисперсных наполнителей следующего вида: кремнеземистых, карбонатных и глинистых – на свойства коагуляционных и гидратационных структур в их водных суспензиях при разных водо-твердых отношениях.

2. Установлена, что изменением видов, дисперсности и режимом обжига минеральных наполнителей в процессе термообработки гипсовых минералов, возможность управления процессов получения и физико-химических свойств новообразований гипсовых вяжущих систем. Исходя из этого, предложено использовать такие минеральные наполнители с оптимальными дисперсностью и соотношениями в качестве эффективных добавок-наполнителей при получении полуводного и высокопрочного гипса.

3. Определены оптимальные соотношения исходных природных гипсовых минералов и последовательность минералообразования в твердожидкостных фазовых реакциях, протекающих в нормальных и гидротермальных условиях твердения. Получены низкотемпературные гипсовые вяжущие при оптимальной дисперсности 180-200 м<sup>2</sup>/г и температурой обработки 140-160 °С; высокотемпературные при дисперсности 160-180 м<sup>2</sup>/г и температурой 880-900 °С и автоклавные при дисперсности 10-13 м<sup>2</sup>/г при температуре 100-110 °С и паровом давлении 0,3-0,4 МПа и предложены оптимальные параметры получения строительного, высокопрочного и ангидритовых вяжущих на основе подобранных образцов.

4. Выявлено, что природа тонкодисперсных наполнителей определяет их роль как активных подложек для выделяющихся новообразований при кристаллизации. Исходя из этого, предложено использовать кварцевый песок и мрамор в количестве до 15 % в качестве эффективных минеральных добавок -регуляторов схватывания полуводного гипса и активизаторов твердения нерастворимого ангидрита.

5. На основе местных мергелей впервые получены известково-белитовые вяжущие (ИБВ<sub>1</sub>), выявлены оптимальные режимы их термообработки, исследованы химические и минералогические составляющие образцов полученных вяжущих. Проведено исследование получения ИБВ с добавлением 5-20% кварцевого песка в начальную шихту, а также процессов образования структур в них с использованием в качестве наполнителя CaSO<sub>4</sub>растворимый и CaCO<sub>3</sub> для повышения физических и механических показателей конечных продуктов твердения известково-белитовых вяжущих при воздушных условиях и автоклавной обработке.

6. Установлено, что температура 1000°С с выдержкой 90 мин является оптимумом для получения известково-белитовых вяжущих путём

термической обработки смеси из местных известково-глинистых минералов с добавлением кварцевого песка и без него. Современными физико-химическими методами анализов определено, что образцы термообработки в основном содержат свободный оксид кальция,  $\beta$ -двухкальциевый силикат, алюминаты и ферриты кальция. При добавлении кварцевого песка в оптимальных процентах в сырьевую шихту, наблюдалось повышение содержания  $\beta$ -двухкальциевого силиката до 45 % в получаемых продуктах.

7. Определено, что для процессов гидратационного структурообразования в известково-белитовых вяжущих характерно образование 2-х структур - коагуляционной и кристаллизационной. В начальный период структурообразование в системе образуется коагуляционная структура, с выделением гидратных фаз начинает образовываться кристаллизационная. Установлено, что при воздушных условиях твердения прочность образцов ИБВ<sub>1</sub> недостаточно высока (до 10,0 МПа) для производства из них строительных материалов и изделий. Доказано, что добавлением в смесь ИБВ<sub>1</sub> в качестве минеральной добавки мраморной муки и растворимого ангидрита (в количестве до 15 %) можно повысить физико-механические показатели конечных продуктов на 130-180 %.

8. Установлено, что при автоклавной обработке (при  $T = 175^{\circ}\text{C}$ ,  $P = 0,8$  МПа) наблюдается резкое повышение прочностных показателей получаемых ИБВ. Наблюдалось, что при гидротермальной обработке прочностные показатели ИБВ<sub>1</sub> меняются от 23,7-28,4 МПа до 41,3-42,5 МПа, а в случае ИБВ<sub>2</sub>, (введением растворимого ангидрита) от 25,4-28,9 до 45,6-47,2 МПа, что связано с влиянием введенного наполнителя и гидротермальной обработки на ускорение процессов гидратационного структурообразования в таких системах.

9. Доказано, что на основе мергелей Каракалпакстана можно получить известково-белитовые вяжущие без (ИБВ<sub>1</sub>) и с минеральными наполнителями (ИБВ<sub>2</sub>), получить изделия автоклавного твердения с высокими показателями прочности на их основе. На основе полученных результатов научных исследований на СП ООО «ХОРЖ КУРЫЛЫС» выпущена опытная партия известково-белитового вяжущего, которая при испытаниях на экспериментальной базе КП «Независимый зональный центр сертификации» показала удовлетворительные физико-химические и физико-механические параметры, отвечающие требованиям ГОСТа-379-95.

10. Разработаны технологии получения гипсовых вяжущих с применением вращающихся печей: строительный гипс и высокопрочный гипс на основе гипсовых минералов различных месторождений Каракалпакстана и получения высокопрочного гипса при автоклавной обработке. В результате этого появилась возможность получить строительного, ангидритового и высокопрочного гипсовых вяжущих с заниженной на 35-40 % и известково-белитовых вяжущих веществ с заниженной на 50 % себестоимостью на основе местного сырьевых ресурсов Каракалпакстана.

**SCIENTIFIC COUNCIL AWARDING SCIENTIFIC  
DEGREES DSc.27.06.2017.K/T.35.01 AT INSTITUTE OF GENERAL AND  
INORGANIC CHEMISTRY AND TASHKENT  
CHEMICAL TECHNOLOGICAL INSTITUTE**

---

**INSTITUTE OF GENERAL AND INORGANIC CHEMISTRY**

**TUREMURATOV SHARIBAY NAURIZBAYEVICH**

**COLLOID-CHEMICAL BASES OF PROCESSES CONTROL OF  
CREATING AND HYDRATION STRUCTURE FORMATION OF  
GYPSUM, LIME AND LIME-BELITE BINDER DISPERSIONS  
OF MINERAL MICROFILLERS**

**02.00.11 - Colloid and membrane chemistry**

**DISSERTATION ABSTRACT  
OF DOCTOR OF SCIENCES (DSc) IN CHEMISTRY**

**Tashkent – 2019**

The dissertation subject of doctor of science (DSc) is registered at Supreme Attestation Commission of the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan in number B2019.3.DSc/K71.

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

The abstract of the dissertation in three languages (Uzbek, Russian and English (resume)) is posted on the web page of Scientific council at the address of [www.ionx.uz](http://www.ionx.uz) and Information-educational portal «Ziyonet» [www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz).

**Scientific consultant:** Akhmedov Ulug Karimovich  
doctor of chemical sciences, professor

**Official opponents:** Guro Vitaliy Pavlovich  
doctor of chemical sciences, professor

Aminov Sobir Nigmatovich  
doctor of chemical sciences, professor

Eminov Ashrap Mamurovich  
doctor of technical sciences, professor

**Leading organization:** National University of Uzbekistan

The defense will take place on the «22» October 2019 at 15<sup>00</sup> at the meeting of Scientific council DSc.27.06.2017.K/T.35.01 at Institute of General and Inorganic Chemistry, Tashkent Chemical-technological Institute. (Address: 100170, Tashkent, Mirzo Ulugbek Str., 77-a. ph.: (+99871) 262-56-60; fax: (+99871) 262-79-90, e-mail: [ionxanruz@mail.ru](mailto:ionxanruz@mail.ru)).

The dissertation can be reviewed at the Information Resource center of Institute of General and Inorganic Chemistry, (is registered number No 16). (Address: 100170, Tashkent, Mirzo Ulugbek Str., 77-a. ph.: (+99871) 262-56-60, fax: (+99871) 262-79-90).

Abstract of dissertation sent out on «09» October 2019 year  
(mailing report No 16 on «09» October 2019 y.).



**B.S. Zakirov**  
Chairman of the scientific council  
for the award of scientific degrees,  
doctor of chemical sciences, professor

**D.S. Salikhanova**  
Scientific secretary of the scientific council  
for the award of scientific degrees,  
doctor of technical sciences

**S.A. Abdurakhmanov**  
Chairman of the scientific seminar at scientific  
council on award of scientific degrees,  
doctor of technical sciences, professor

## INTRODUCTION (abstract of DSc. thesis)

**The aim of research** is the development of colloid-chemical methods of regulating the processes of hydration structure formation obtained binders dispersions of Karakalpakstan mineral microfillers.

**The objects of research** are gypsum, lime and lime-belite binders obtained from mineral deposits of Karakalpakstan.

**The scientific novelty of the research is as follows:**

for the first time there were identified role and clarified the mechanisms of action of finely dispersed mineral additives of Karakalpakstan with different nature in the activity of the processes of hydration structure formation in the systems  $\text{CaSO}_4\text{-MH-H}_2\text{O}$ ,  $\text{Ca(OH)}_2\text{-MN-H}_2\text{O}$  and  $\text{CaO-C}_2\text{S-MN-H}_2\text{O}$ ;

for the first time, the sequence of mineral formation in solid-liquid phase reactions occurring under normal and hydrothermal hardening conditions in these systems was established;

colloidal-chemical methods of regulating the processes of hydration structure formation have been developed, as well as the influence of the type and concentration of fine fillers of different nature – silica, carbonate and clay on the properties of coagulation and crystallization structures in their aqueous suspensions at different water-solid ratios has been studied;

dispersed gypsum systems with high physical and mechanical properties were obtained during heat treatment in a furnace and hydrothermal conditions in an autoclave;

the optimum types and dosages of microfillers (quartz and loess-like loam) of Karakalpakstan for semi-aquatic gypsum and anhydrite, intensifies the process of hydration and hardening were obtained;

there were researched and scientifically proved the processes occurring in during heat treatment of dispersed clays, and established optimal conditions and phase composition of formed compounds in building materials and products of autoclave hardening with satisfactory colloidal-chemical and physico-mechanical properties;

for the first time it was identified the possibility of improving the physico-mechanical properties of dispersions of lime-belite binders, derived from marls of Akburly and Porlytau by regulating the processes of hydration structure formation with the help of local mineral fillers (anhydrite, calcium carbonate) in normal and hydrothermal conditions.

**Implementation of research results.** Based on the obtained scientific data on the production of new high-quality materials based on gypsum and carbonate minerals in Karakalpakstan:

the technology for producing a lime-belite binder based on carbonate minerals of the Akburly and Porlytau deposits has been introduced on the basis of the joint venture LLC «KHORJ KURILIS» (Certificate of the Ministry of Construction of the Republic of Karakalpakstan No. 01-07/01-1695 of August 2,

2019). As a result of this, it became possible to obtain lime -belite binders with a 50% underestimated cost based on the carbonate minerals of Karakalpakstan;

the technology for producing silicate brick with autoclave processing was introduced on the experimental basis of the KP “Independent Zone Certificate Authority” (Certificate of the Ministry of the Republic of Karakalpakstan No. 01-07/01-1695 of August 2, 2019). As a result of this, it became possible to obtain silicate brick based on lime-belite binders sand and glauconite sand with enhanced physical and mechanical properties;

The technology for producing hollow and full-bodied silicate bricks with autoclave treatment was introduced at the factory «Silicate brick plant of Kushkupir» (Certificate of the Ministry of Construction of the Republic of Karakalpakstan No. 01-07/01-1695 of August 2, 2019). As a result of this, it became possible to obtain hollow and full-bodied silicate brick with enhanced physical mechanical and thermal insulation properties based on local raw materials and mineral fillers of Karakalpakstan;

the technology for producing low-temperature and high-strength gypsum binder based on local gypsum minerals of Karakalpakstan was implemented on the basis of IP «KNAUF GIPS BUKHARA» LLC (Certificate of the Ministry of Construction of the Republic of Karakalpakstan No. 01-07/01-1695 of August 2, 2019). As a result of this it became possible to obtain building anhydrite and high-strength gypsum binders with an underestimated cost of 35-40% based on local raw materials of Karakalpakstan.

**The structure and volume of dissertation.** The thesis consists of an introduction, four chapters, conclusion, the list of references and appendixes. The volume of the dissertation is 200 pages.

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

**I бўлим (I часть; part I)**

1. Туремуратов Ш.Н., Абылова А.Ж. Химические и физико-химические характеристики гипсовых минералов Устюртского месторождения // Вестник журнала НУУз. – 2014. -№1. – С. 51-56. (02.00.00 №12)

2. Туремуратов Ш.Н., Абылова А.Ж. Влияние минеральных микронаполнителей на гидратацию, кристаллизацию и образования структуру в системе  $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O} - \text{H}_2\text{O}$  // Узбекский химический журнал. - 2014. - № 3. – С. 26-29. (02.00.00 №6)

3. Туремуратов Ш.Н., Абылова А.Ж. Низкообжиговые гипсовые вяжущие на основе гипсовых минералов Устюртского месторождения // Композиционные материалы. - 2014. -№2. – С. 75-81. (02.00.00 №4)

4. Туремуратов Ш.Н., Абылова А.Ж. Получение вяжущих веществ на основе гипсовых минералов Устюртского месторождения. //Международный научно-технический журнал Химическая технология контроль и управление, Ташкент, 2015, №1(61), –С. 16-20. (02.00.00 №10)

5. Туремуратов Ш.Н., Абылова А.Ж., Туремуратова А.Ш. Минералогические и физико-химические свойства карбонатных минералов Устюрта // Вестник ККО АН РУз, 2015 №4, – С. 20-22. ISSN-2091-508X (05.00.00 №19)

6. Туремуратов Ш.Н., Абылова А.Ж., Туремуратова А.Ш. Влияние минеральных наполнителей на физико-механические свойства гипсовых вяжущих веществ //Вестник ККО АН РУз. 2017. –№4, –С. 41-48. (05.00.00№19)

7. Асаматдинов А.О., Ахмедов У.К. Туремуратов Ш.Н., Получение набухающих гидрогелей для улучшения плодородия и влагоудержания песчаных почв // Вестник ККО ОАН РУз, 2018 г., №3, 22-28. (05.00.00 №19)

8. Turemuratov Sh.N., Abilova A.J., Uralbaeva G.B. Gypsum binders based on Karakalpakstan field // Austrian Journal of Technical and Natural Science. №3-4, 2018, – P. 38-42. (02.00.00 №2)

9. Turemuratov Sh.N., Abilova A.J. Study of the processes of hydration structure formation in lime-belite binders on the basis of marls of the Republic of Karakalpakstan // Austrian Journal of Technical and Natural Science. №7-8, 2019, – P. 64-68. (02.00.00 №2)

10. Turemuratov Sh.N., Abilova A.J., Bekbosinova R.J. Development of technology for producing cementitious composites based on gypsum minerals in Karakalpakstan // Austrian Journal of Technical and Natural Science. №7-8, 2019, – P. 17-21. (02.00.00 №2)

11. Туремуратов Ш.Н., Бекбосынова Р.Ж., Силикатные изделия на основе известково-белитовых материалов, полученных из местных мергелей республики Каракалпакстан // Universum: химия и биология, №10 (64), 2019, -P. 42-45. (02.00.02 №2)

## II бўлим (III часть; part II)

12. Turemuratov Sh.N., Kurbaniyazov S.K., Akeshova M.M. Physico-mechanical properties of lime ware binding materials affected by applied substances and undergone hydro-thermal treatment //Journal of Materials and Applications, 2013, -С. 1179-1185. (The USA. RG Journal Impact:1.00\*)

13. Туремуратов Ш.Н., Асаматдинов О. Регулирование свойств гипса добавками  $H_2O$  // Узбекский химический журнал. - 2006. - №3. – С. 20-24.

14. Туремуратов Ш.Н., Нурымбетов Б. Изучение процессов гидратационного структурообразования в известково-белитовых вяжущих на основе мергелей //Вестник Каракалпакского отделения АН РУз., №2, 2006, С. 8-10.

15. Туремуратов Ш.Н. Влияние гидротермальной обработки на физико-механические свойства известково-белитовых вяжущих веществ // Вестник Каракалпакского отделения АН РУз., – №4, 2011. – С. 19-21.

16. Turemuratov Sh.N. Kurbaniyazov S.K., Akeshova M.M. Influence of Hydrothermal Processing and Applied Substances on Physicomechanical Properties of Lime Ware Binding Materials. //World Applied Sciences Journal, 2013, 23 (9), - P. 1151-1156. (Журналы ИФ РИНЦ импакт-факторы 0,548)

17. Туремуратов Ш.Н., Абылова А.Ж. Получение разнородных гипсовых вяжущих систем на основе гипсовых минералов Республики Каракалпакстан. // Информационно-аналитический журнал Актуальные проблемы современной науки, Россия, Москва, 2014, №5 (78), – С. 117-122.

18. Туремуратов Ш.Н., Нурымбетов Б.Ч., Жуков А.Д., Асаматдинов М.О. Исследование кинетики гидратационного структурообразования и свойств известково-белитовых вяжущих на основе мергелей. // Вестник МГСУ, Строительное материаловедение, Москва, 2016, №4, -С. 62-68.

19. Туремуратов Ш.Н., Нурымбетов Б.Ч., Асаматдинов М.О., Жуков А.Д. Влияние тонкодисперсного наполнителя на процессы образования силикатов кальция. //Вестник МГСУ, Строительное материаловедение, Москва, 2017, №4, -С. 446-451.

20. Туремуратов Ш.Н., Асаматдинов О. Роль микронаполнителей в процессе гидратации и структурообразование в модельных системах  $CaSO_4 \cdot 0,5H_2O - MH - H_2O$  // Вестник ККОАН РУз. – №4, 2005. – С. 20-23.

21. Туремуратов Ш.Н., Асаматдинов О., Нурымбетов Б.Ч. Роль минеральных наполнителей в процессе гидратации и структурообразования в модельных системах  $CaSO_4 II - H_2O$  // Вестник КГУ. – №1, 2008. – С. 26-28.

22. Туремуратов Ш.Н., Асаматдинов О., Нурымбетов Б.Ч. Роль минеральных наполнителей в процессе гидратации и структурообразования в модельных системах  $CaSO_4 III - H_2O$  // Вестник КГУ. – №1, 2009. – С. 21-23.

23. Туремуратов Ш.Н., Абылова А.Ж., Нурымбетов Б.Ч., Бекбосынова Р.Ж. Силикатные материалы на основе известково-белитовых вяжущих, полученных из местных мергелей//Материалы международной конференции «Устойчивое развитие южного Приаралья». – Нукус. – 2011. – С. 63-64.

24. Туремуратов Ш.Н., Абылова А.Ж. Нурымбетов Б.Ч., Бекбосынова

Р.Ж. Процесс гидратационного структурообразования в системе известково-белитовый вяжущий-растворимый ангидрид-вода // Материалы международной конференции «Устойчивое развитие южного Приаралья». Нукус., – 2011. - С. 64-65.

25. Туремуратов Ш.Н., Абылова А.Ж. Исследование видов и модификации гипсовых вяжущих веществ // Конференция Актуальные проблемы развития химической науки, технологии и образования в РК. Нукус, 2011. С.144-145.

26. Туремуратов Ш.Н., Бекбосынова Р.Ж. Физико-химическая характеристика карбонатных минералов Устюрта // Конференция Актуальные проблемы развития химической науки, технологии и образования в РК. Нукус, 2011. С. 145-146.

27. Туремуратов Ш.Н., Нурымбетов Б.Ч. Исследование процессов гидратационного структурообразования в системе  $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O} - \text{SiO}_2 - \text{CaCO}_3 - \text{H}_2\text{O}$  // Материалы конференции «Актуальные проблемы развития химической науки, технологии и образования в РК, Нукус, – 2011г. - С. 147-148.

28. Туремуратов Ш.Н., Нурымбетов Б.Ч. Физико-химические свойства минеральных наполнителей различной природы и активности // Материалы конференции «Актуальные проблемы развития химической науки, технологии и образования в РК, Нукус, – 2011г. - С. 148-149.

29. Туремуратов Ш.Н., Есбрегенов А. Влияние гидротермальной обработки и наполнителя на физико-механические свойства известково-белитовых вяжущих // Архитектура, строительства и дизайн. №4, 2012 г. – С. 28-33.

30. Туремуратов Ш.Н., Абылова А.Ж., Бекбосынова Р.Ж. Влияние сульфата кальция на процесс гидратации окиси кальция // Материалы XII Республиканской научной конференции молодых ученых Каракалпакстана. – Нукус. - 2012. – С. 17-18.

31. Туремуратов Ш.Н. Абылова А.Ж. Автоклавно-силикатные материалы на основе барханных песков Приаралья // Материалы IV-Международной научно-практической конференции, г. Нукус, «Илим», 2012, - С. 132-133.

32. Туремуратов Ш.Н., Исмаилов Б.М., Агзамходжаев А.А. Закрепление подвижных песков на основе суспензии бентонитовых глин и промышленных отходов // Материалы IV-Международной научно-практической конференции «Проблемы рационального использования и охрана биологических ресурсов Южного Приаралья, г.Нукус, «Илим», 2012, - С. 62-64.

33. Туремуратов Ш.Н., Наурызбаев А. Автоклавно-силикатные материалы на основе известково-белитовых вяжущих и барханных песков // Материалы международной научно-технической конференции «Современные проблемы строительных материалов, конструкций, механика грунтов и сложных реологических систем», Самарканд, 2013, - С. 206-208.

34. Туремуратов Ш.Н., Абылова А.Ж., Хамраев С.С. Химические и физико-химические свойства гипсовых минералов Устюртского месторождения // Материалы XIII Республиканской научной конференции молодых ученых Каракалпакстана. – Нукус. – 2013 г. –С. 29-30

35. Туремуратов Ш.Н., Туремуратова А. Химическая и физико-химическая характеристика карбонатных минералов плато Устюрт // Материалы XIII Республиканской научной конференции молодых ученых Каракалпакстана. – Нукус, –2013 г. –С. 30-31.

36. Туремуратов Ш.Н., Абылова А.Ж., Хамраев С.С. Влияние минерального наполнителя на гидратации и формирование структуры в системе  $\text{CaSO}_4\text{-H}_2\text{O}$  // IV Республика илмий–амалий анжумани илмий маколалар туплами. – Термиз, 1-3 май 2014. – С. 70-71.

37. Туремуратов Ш.Н., Нурымбетов Б.Ч., Исмаилов Б.М. Кальций силикатларын уйрениў // Вестник КГУ, 2015, №1, -С. 17-19.

38. Туремуратов Ш.Н., Наурызбаев А. Силикатные материалы на основе барханских песков и известково-белитовых вяжущих веществ //Материалы Республиканской научно-практической конференции, г. Наманган, 2016 г., -С. 23-25.

39. Абылова А.Ж., Туремуратов Ш.Н., Бекбосынова Р.Ж., Уралбаева Г.Б. Высокопрочных гипсовых вяжущих материалов на основе гипсовых минералов месторождения Раушан // Материалы VII Республиканской научно-практической конференции «Рациональное использование природных ресурсов Южного Приаралья», КГУ, г.Нукус, 2018, -С. 125-126.

40. Туремуратов Ш.Н., Наурызбаев А. Силикатный материал на основе известково-белитовых вяжущих и барханских песков Муйнакского месторождения //Материалы VII–Международной научно-практической конференции «Проблемы рационального использования и охрана природных ресурсов Южного Приаралья, «Илим», г.Нукус, 2018 г., -С.140-141.

41. Туремуратов Ш.Н. Перспективные карбонатно-глинистые породы северных районов Каракалпакстана для производства строительных материалов //Материалы VII–Международной научно-практической конференции «Проблемы рационального использования и охрана природных ресурсов Южного Приаралья», «Илим», г. Нукус, 2018 г., -С. 171-173.

42. Туремуратов Ш.Н., Наурызбаев А. Минерально-сырьевые ресурсы Каракалпакстана для производства вяжущих и строительных материалов // Материалы Республиканской научно-практической конференции «Фан, таълим ва ишлаб чикариш интеграцияси асосида архитектура-курилиш соҳасини ривожлантириш муаммолари» г. Нукус, 2019 г., -С. 28-31.

43. Туремуратов Ш.Н., Нажимов Ж.Б., Наурызбаев А. Физико-химические свойства карбонатно-глинистых минералов Устюртского месторождения //Материалы Республиканской научно-практической конференции «Фан, таълим ва ишлаб чикариш интеграцияси асосида архитектура-курилиш соҳасини ривожлантириш муаммолари» г. Нукус, 2019 г., -С. 31-34.

44. Turemuratov Sh.N., Akhmedov U.K. Regulation of the properties of construction gypsum by the admixtures // European science №5 (47), 2019, -P. 10-13.

Автореферат «Ўзбекистон кимё журнали» таҳририятида  
таҳрирдан ўтказилди.

Бичими 60x84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Рақамли босма усули. Times гарнитураси.  
Шартли босма табағи: 4. Адади 100. Буюртма № 99.

Гувоҳнома реестр № 10-3719  
“Тошкент кимё технология институти” босмахонасида чоп этилган.  
Босмахона манзили: 100011, Тошкент ш., Навоий кўчаси, 32-уй.