

**ИСЛОМ КАРИМОВ номидаги ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА  
УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ «ФАН ва ТАРАҚҚИЁТ» ДАВЛАТ  
УНИТАР ҚОРХОНАСИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ  
DSc.03/30.12.2019.К/Т.03.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**ИСЛОМ КАРИМОВ номидаги ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА  
УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ «ФАН ва ТАРАҚҚИЁТ» ДАВЛАТ  
УНИТАР ҚОРХОНАСИ**

**ЮЛЧИЕВА СУРАЙЁ БАХРАМОВНА**

**КИМЁ САНОАТИ УСКУНАЛАРИНИ ҲИМОЯЛАШ УЧУН  
АНТИКОРРОЗИОН КОМПОЗИЦИОН ҚОПЛАМАЛАРНИНГ  
САМАРАЛИ ТАРКИБЛАРИ ВА ОЛИШ ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ИШЛАБ  
ЧИҚИШ**

**02.00.07 – Композицион, лок-бўёқ ва резина материаллари кимёси ва технологияси  
05.02.01 – Машинасозликда материалшунослик. Қуймачилик. Металларга термик ва  
босим остида ишлов бериш. Қора, рангли ва ноёб металлар металлургияси (техника  
фанлари)**

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

**Тошкент-2021**

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

Кимё саноати ускуналарини химоялаш учун антикоррозион композицион қопламаларнинг самарали таркиблари ва олиш технологиясини ишлаб чиқиш..... 3

**Юлчиева Сурайё Бахрамовна**

Разработка эффективных составов антикоррозионных композиционных материалов и технология получения покрытий для защиты оборудования химической промышленности ..... 27

**Yulchieva Surayo Bakhramovna**

Development of effective compositions of anticorrosive composite materials and technology for obtaining coatings for the protection of chemical industry equipment..... 51

**Эълон қилинган ишлар рўйхати**

Список опубликованных работ ..... 55  
List of published works.....

**ИСЛОМ КАРИМОВ номидаги ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА  
УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ «ФАН ва ТАРАҚҚИЁТ» ДАВЛАТ  
УНИТАР ҚОРХОНАСИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ  
DSc.03/30.12.2019.К/Т.03.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**ИСЛОМ КАРИМОВ номидаги ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА  
УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ «ФАН ва ТАРАҚҚИЁТ» ДАВЛАТ  
УНИТАР ҚОРХОНАСИ**

**ЮЛЧИЕВА СУРАЙЁ БАХРАМОВНА**

**КИМЁ САНОАТИ УСКУНАЛАРИНИ ҲИМОЯЛАШ УЧУН  
АНТИКОРРОЗИОН КОМПОЗИЦИОН ҚОПЛАМАЛАРНИНГ  
САМАРАЛИ ТАРКИБЛАРИ ВА ОЛИШ ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ИШЛАБ  
ЧИҚИШ**

**02.00.07 – Композицион, лок-бўёқ ва резина материаллари кимёси ва технологияси  
05.02.01 – Машинасозликда материалшунослик. Қўймачилик. Металларга термик ва  
босим остида ишлов бериш. Қора, рангли ва ноёб металлар металлургияси (техника  
фанлари)**

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

**Тошкент-2021**

**Фан доктори (DSc) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида B2021.4.DSc./T467 рақам билан рўйхатга олинган.**

Диссертация Ислон Каримов номидаги Тошкент давлат техника университети «Фан ва тараққиёт» давлат унитар корхонасида бажарилган.

Диссертация автореферати учта тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)). Илмий кенгаш веб-саҳифасида [www.gurft.uz](http://www.gurft.uz) ва «ZiyoNET» ахборот таълим порталида ([www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz)) жойлаштирилган.

**Илмий маслаҳатчилар:**

**Негматов Сайибжан Садикович**  
техника фанлари доктори, профессор,  
ЎЗР ФА академиги

**Негматова Комила Сайибжановна**  
техника фанлари доктори, профессор

**Расмий оппонентлар:**

**Талипов Нигматилла Хамидович**  
техника фанлари доктори, катта илмий  
ходим

**Юсунов Фарход Маҳкамович**  
техника фанлари доктори, профессор

**Рустамов Раҳматилла Муродович**  
техника фанлари доктори, профессор

**Етакчи ташкилот:**

**Андижон машинасозлик институти**

Диссертация ҳимояси Ислон Каримов номидаги Тошкент давлат техника университети «Фан ва тараққиёт» давлат унитар корхонаси ҳузуридаги DSC.03/30.12.2019.К/Т.03.01 рақамли Илмий кенгашнинг **2021 йил «28» декабр соат 14<sup>00</sup>** даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100174, Тошкент, Мирзо Ғолиб кўчаси, 7а уй. Тел.: (99871)246-39-28, факс: (99871)227-12-73, 246-02-24, E-mail:fan va taraqqiyot@mail.ru, «Фан ва тараққиёт» ДУК биноси, 2-қават, анжуманлар зали).

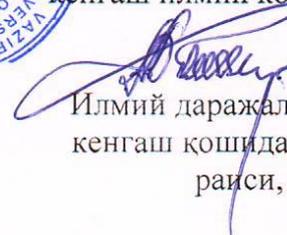
Диссертация билан «Фан ва тараққиёт» давлат унитар корхонасининг Ахборот ресурс марказида танишиш мумкин (№ 32 рақами билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100174, Тошкент, Мирзо Ғолиб кўчаси, 7а уй. Тел.: (99871)246-39-28, факс: (99871)227-12-73).

Диссертация автореферати 2021 йил «15» декабр куни тарқатилди.  
(2021 йил «03» декабрдаги 32-21 рақамли реестр баённомаси)



  
**Т.О. Камолов**  
Илмий даражалар берувчи илмий  
кенгаш раиси, т.ф.д.

  
**М.Э. Икратова**  
Илмий даражалар берувчи илмий  
кенгаш илмий котиби, к.ф.н., к.и.х.

  
**А.М. Эминов**  
Илмий даражалар берувчи илмий  
кенгаш қошидаги илмий семинар  
раиси, т.ф.д., профессор.

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

**Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати.** Бугунги кунда дунёда ускуналар, биналар ва иншоотларни агрессив кимёвий муҳитнинг зарарли таъсиридан ҳимоя қилиш замонавий кимё, металлургия, нефть кимёси, электрокимё соҳалари учун энг асосий муаммолардан биридир. Бу борада металл ускуналари ва механизмларнинг коррозияга учраш сабабларини аниқлаш, саноатнинг иккиламчи маҳсулотлари ва техноген чиқиндилари асосида белгиланган хусусиятларга эга бўлган янги композицион материаллар ва улар асосида қопламаларни яратиш, техноген чиқиндаларни қайта ишлаш учун энергия тежамкор ва экологик хавфсиз технологияларни ишлаб чиқиш ва такомиллаштириш муҳим аҳамиятга эгадир.

Жаҳон миқёсида кимё саноати ускуналари ва қурилмаларининг коррозияга учрашига таъсир этувчи омилларини аниқлаш, уларга нисбатан самарали кураш чораларини ишлаб чиқиш, адгезион-мустаҳкамлик хусусиятлари яхши бўлган антикоррозион композицион материаллар ва улар асосидаги қопламаларни яратишнинг самарали усулларини ишлаб чиқиш ва такомиллаштириш бўйича илмий изланишлар олиб борилмоқда. Бу борада, жумладан, антикоррозион композицион материаллар асосидаги қопламалар ёрдамида коррозия жараёнини секинлаштириш усулларини ишлаб чиқиш, яратилаётган антикоррозион ингибирловчи материаллар ва улар асосидаги қопламаларнинг адгезион мустаҳкамлигини ошириш, металлларни ҳимоялаш даражасини, физик-механик ва эксплуатацион хусусиятлари яхшилаш усулларини ишлаб чиқиш натижасида кимё саноати, металлургия ва қурилиш соҳалари учун хомашё базаларини яратишга алоҳида эътибор берилмоқда.

Республикамизда давлат стратегик ва иқтисодий аҳамиятга эга бўлган агрессив муҳитлар таъсирида фаолият кўрсатаётган кимё саноатининг ривожланиши учун ишлатиладиган антикоррозион қопламалар таркибига кўшиладиган маҳаллий хом ашё ва саноат чиқиндилари асосида олинадиган органоминерал ингредиентларни танлаш, уларни олиш усулларини ва ишлаб чиқиш технологиясини яратиш бўйича чора тадбирлар олиб борилмоқда ва маълум бир натижаларга эришилмоқда. Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар Стратегияси дастурининг тўртинчи йўналишида «... мутлақо янги турдаги маҳсулот ва технологиялар билан таъминлаш, шу асосда ташқи ва ички бозорда рақобатбардош маҳаллий маҳсулотлар ишлаб чиқаришни таъминлаш...»<sup>1</sup> бўйича муҳим вазифалар белгилаб берилган. Бу борада кимё саноатида қўллаш учун қимматбаҳо импорт қопламаларнинг ўрнига юқори физик-механик ва эксплуатацион хоссаларга эга бўлган арзон антикоррозион композицион материаллар ва улар асосида қопламалар олиш учун самарали таркиблар ва олиш технологияларини ишлаб чиқиш муҳим аҳамият касб этади.

---

<sup>1</sup> Ўзбекистон Республикаси Президентининг "2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикаси ривожланишининг бешта устувор йўналишларидаги ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги № ПФ-4947-сонли Фармони

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги №ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги, Фармони, 2018 йил 25 октябрдаги №ПҚ-3983-сон «Ўзбекистон Республикасида кимё саноатини ривожлантириш чора-тадбирлари тўғрисида»даги, 2019 йил 24 августдаги №ПҚ-4426-сон «Давлат ва хўжалик бошқаруви ҳамда маҳаллий ижроия ҳокимияти органларининг ишлаб чиқаришни маҳаллийлаштириш ва саноат тармоқларида кооперация алоқаларини жадаллаштиришнинг янги тизимини жорий этиш бўйича масъулиятини янада ошириш тўғрисида» ги, 2020-йил 15-мартдаги №ПҚ-6079-сон «Рақамли Ўзбекистон-2030» Қарорлари ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга мазкур диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

**Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишини устивор йўналишларига мослиги.** Мазкур тадқиқот республика фан ва технологиялар ривожланишининг VII «Кимёвий технологиялар ва нанотехнологиялар» устивор йўналишига мувофиқ бажарилган.

**Диссертация мавзуси бўйича хорижий илмий тадқиқотлар шарҳи<sup>2</sup>.** Кимё, металлургия, нефткимёси, электрокимё, қурилиш саноатлари учун маҳаллий хом ашё ва ишлаб чиқариш чиқиндиларидан фойдаланиб суёқ шиша асосида янги материалларни яратиш технологияларини ишлаб чиқишга қаратилган тадқиқотлар дунёнинг етакчи университетлари, илмий марказларида, жумладан Institute of Physics, University of Amsterdam (Нидерландия), University of Konstanz (Германия), New Materials Institute (Германия), Israel Research Center (Исроил), University Institute of Science (Туркия), Poznan University Of Technology (Польша), Самара давлат техника университети, Сибир қурилиш материаллари ва янги технологиялар ИТИ, Миллий тадқиқот Томск политехника университети, Томск давлат университети, Тюмен саноат университети, Н.С. Курнаков номидаги Умумий ва ноорганик кимё институти, Н.Н. Семенов номидаги Кимёвий физика институти (Россия), Руднен саноат институти (Қозоғистон), В.И.Никитин номи Кимё институти (Тожикистан), Ургенч давлат университети, Тошкент кимё-технология институти, Тошкент архитектура-қурилиш институти, ЎзР ФА Умумий ва ноорганик кимё институти, Тошкент кимё-технология илмий-тадқиқот институти, Тошкент давлат техника университети «Фан ва тараққиёт» ДУК (Ўзбекистон) олиб борилмоқда.

Жаҳонда силикат шиша асосидаги боғловчи материаллар ва улардан буюмлар олиш технологиясини ишлаб чиқиш ҳамда мавжуд технологияларни такомиллаштиришга оид олиб борилган тадқиқотлар бўйича бир қатор илмий натижаларга эришилган, жумладан: агрессив муҳит таъсирида ишлайдиган қурилма ва ускуналарни емирилишдан сақлашда қўлланиладиган суёқ шиша асосидаги композицияларнинг физик-кимёвий, технологик ва эксплуатацион

---

<sup>2</sup> Диссертация мавзуси бўйича хорижий илмий-тадқиқотлар шарҳи: <http://www.natlib.uz/ru>; <http://earthpapers.net>; <http://www.ngtp.ru>; <http://www.geokniga.org/books>; <http://geologinfo.ru>; <https://www.burnipi.ru> ва бошқа манбалар асосида ишлаб чиқилган.

хоссаларини яхшилашга йўналтирилган ҳолда боғловчиларни модификациялаш усуллари ишлаб чиқилган (Sapienza University of Roma (Италия), Самара давлат техника университети (Россия). Натрий силикатлари асосидаги композицияларнинг мустаҳкамлик параметрларини ва сувга чидамлилигини ошириш учун модификатор сифатида натрий кремнийфториди ( $\text{Na}_2\text{F}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ), кальций хлор ( $\text{CaCl}_2$ ), натрий тероборат, сўндирилган оҳак ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ), бўр ( $\text{CaCO}_3$ ), уч валентли алюминий оксидларидан ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) фойдаланилган (Princeton University (АҚШ), Новосибирск давлат аграр университети (Россия)), ишлаб чиқариш чиқиндиларидан суяқ шиша олиш бўйича тадқиқотлар ўтказилган (Тюмен саноат университети (Россия)).

Дунёда ишлаб чиқариш чиқиндиларини комплекс қайта ишлаш орқали қўйидаги устувор йўналишларда тадқиқотлар олиб борилмоқда, жумладан: ишлаб чиқилган суяқ шиша асосидаги қопламаларнинг юқори мустаҳкамлигини, кимёвий барқарорлигини ва агрессив муҳитларга чидамлилигини аниқлаш; полимер қўшимчалар билан модификациялаш орқали коррозияга қарши композицион материалларнинг микротузилиши, физик-кимёвий хоссалари, гидратланиш ва қотиш жараёнларининг кинетикасини ҳамда композицион силикат материалларининг самарали таркибини яратиш; суяқ шиша асосидаги порфирит ва порфирит-волластонитли композицияларни синтез қилиш жараёнида ишқорлаш жараёнларини, минералларнинг ҳосил бўлишини, фазавий таркибини аниқлаш; композициялар қотиш жараёни механизмини аниқлаш ва илмий асослаш, ускуна ва қурилмаларнинг юза қисмларига қоплаш учун зарарсиз бўлган шиша асосидаги модификацияланган композицияларни олиш, қурилиш саноати учун иссиқлик сақловчи материаллар ва коррозиябардош қопламалар олиш технологиясини ишлаб чиқиш.

**Муаммонинг ўрганилганлик даражаси.** Дунё амалиётида композицион суяқ шишали материаллар ишлаб чиқариш бўйича қўйидаги олимлар ўзларининг маълум бир ҳиссаларини қўшганлар: Maruyasi Nakakori, Sakamoto Vosihumi, Israel D., Teoreanu Y., Puri Annemarie, A. Содахина, Р.Мураяма М.И.Субботкин, М.А.Матвеев, В.И.Корнеев, В.Т.Батраков, С.В.Рагозина, В.И.Бабушкин, И.В.Белицкий, Н.С.Домбровская, Ю.С.Курицина, В.М.Москвин, И.А.Писаренко, Р.К.Кордонская, Ю.И.Нянушкин, С.С.Негматов, А.Т.Джалилов, М.Ж.Жуманиёзов, К.С.Негматова, Ф.Х.Таджиев, Т.А.Атакузиев, З.А.Мухамедбаева, Д.К.Адилов, М.Г. Бабаханова ва бошқалар.

Мавжуд ишлар таҳлили асосида шуни таъкидлаш лозимки, уларнинг ишчи органларида юқори физик-механик хоссаларга эга бўлган антикоррозион композицион полимер материаллар ва қопламаларни ишлаб чиқиш ва қўллаш орқали кимё саноати жиҳозларининг самарадорлиги ва ишлаш муддатини ошириш масалалари етарли даражада ҳал этилмаган. Бу кимё саноати ишлаб чиқариш ускуналарининг агрессив муҳитларида ишлайдиган композицион материаллар ва улардан тайёрланган қопламаларнинг физик-механик ва антикоррозион хусусиятларини ҳар

томонлама ўрганиш билан боғлиқ қийинчиликларнинг мавжудлигидир. Мазкур диссертация иши ана шу муаммоларни ҳал этишга бағишланган.

**Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган илмий-тадқиқот муассасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги.** Диссертация тадқиқоти И.Каримов номидаги ТошДТУ «Фан ва тараққиёт» Давлат унитар корхонасининг илмий-тадқиқот ишлари режаларига мувофиқ: №А-12-014 «Кимё саноатидаги ускуналарни емирилишдан сақловчи маҳаллий хом ашё ва ишлаб чиқариш чиқиндилари асосида суюқ шишали ноорганик композицион материалларнинг таркибини ишлаб чиқиш ва олиш технологиясини яратиш» (2012-2014 йй.), №ПЗ-20170929228 «Машинасозлик ва бошқа соҳаларда фойдаланиш учун коррозияга чидамли композицион металл муҳандислик материалларини олиш учун ресурсларни тежайдиган нитрооксидлаш технологияларини ишлаб чиқиш» (2017-2020 йй.) лойиҳалари доирасида бажарилган.

**Тадқиқотнинг мақсади** кимё саноати ускуналарини ҳимоялаш учун антикоррозион композицион қопламаларнинг самарали таркиблари ва олиш технологиясини ишлаб чиқиш олишдан иборат.

**Тадқиқотнинг вазифалари:**

полимер боғловчилар ва саноат чиқиндиларидан фойдаланган ҳолда коррозияга қарши композицион материаллар ва улардан тайёрланган маҳсулотларни замонавий ҳолати, баҳолаш усуллари, ишлаб чиқиш ва қўллаш имкониятларини таҳлил қилиш ва ўрганиш;

юқори мустаҳкамлик, кимёвий барқарорлик, агрессив муҳитларга чидамлилиқ хоссаларига эга бўлган самарали композицион силикат материалларини яратиш бўйича илмий асосланган ёндашувни ишлаб чиқиш;

суюқ шиша асосидаги порфирит ва порфирит-волластонитли композицияларни синтез қилиш жараёнида ишқорлаш жараёнларини, минералларнинг ҳосил бўлишини, фазавий таркибини, уларни қотиш жараёнида кимёвий барқарорлигини ўрганиш;

боғловчини полимер қўшимчалар билан модификациялаш орқали коррозияга қарши композицион материалларнинг микротузилиши, физик-кимёвий хоссалари ва гидратланиш ва қотиш жараёнлари кинетикасини тадқиқ этиш;

кимё саноати ускуналарининг ишчи юзасини қоплаш учун юқори самарали коррозияга қарши композицион материалнинг мақбул таркиблари ва олиш технологиясини ишлаб чиқиш;

ишлаб чиқилган ускуналарни агрессив муҳит таъсиридан сақлашда қўлланиладиган импорт ўрнини босувчи композицион коррозияга қарши материални лаборатория-ишлаб чиқариш ва тажриба-саноат синовларини ўтказиш ва ускуналарнинг ишчи юзасига қоплаш жараёнида қўллаш бўйича зарур меъёрий-техник хужжатларни ишлаб чиқиш ҳамда самарадорлиги юзасидан техник-иқтисодий ҳисобларни амалга ошириш.

**Тадқиқотнинг объекти** сифатида Бекобод конининг порфиритлари, натрий кремнефториди, натрийли суюқ шиша, Койташ кони волластонити ва полимер қўшимчалар олинган.

**Тадқиқотнинг предмети** агрессив муҳитда суяқ шиша асосидаги композицияларнинг гидротацияси ва структура ҳосил бўлиш жараёнини, ингредиентларнинг фаза таркибини коррозияга қарши композицион материалларнинг ҳимояловчи ва мустаҳкамлик хусусиятларига таъсирини ўрганиш, улар асосида кимё саноати ускуналари учун коррозияга қарши қопламалар олиш, шунингдек уларнинг мустаҳкамлиги, ишлаш муддати ва самарадорлигини аниқлашдан иборат.

**Тадқиқотнинг усуллари.** Диссертация ишларини бажаришда ИҚ-спектроскопия, рентган структуравий анализ, термографик ва петрографик усулларидан ҳамда МДХ мамлакатларида рухсат берилган стандарт усуллардан фойдаланилган.

**Тадқиқотнинг илмий янгилиги** қуйидагилардан иборат:

суяқ шишали композицияларнинг гидратланиш ва структура шаклланиш жараёнининг қонуниятлари гидролиз спиртини ишлаб чиқариш агрессив муҳити учун ишлаб чиқилган;

композицияда гелга ўхшаш ҳолатга ўтувчи гидросиликат ишқорларининг ҳосил бўлиши ҳисобига суяқ шишанинг гидролизида натрий кремнийфториди билан реакцияга киришмаган ишқор тўлдирувчи доналарини емириши, натижада тўлдирувчининг кремний кислотаси гели билан мустаҳкам боғланиши таъминланганлиги аниқланган;

композиция структурасининг зичлашиши кремнезем модулининг ортиши ҳисобига амалга ошириши натижасида шундай шишалар янада полимерланган ва ўзининг кремний-кислородли каркасида зич структурага эга бўлиб, композитнинг монолит, юқори мустаҳкам, сув ва кислотага чидамли структурасининг шаклланиши ҳисобига порфирит ва волластонит заррачаларининг юқори даражада цементланиши учун шароит яратилганлиги аниқланган;

полимер қўшимчалар бирлаштирувчи агент вазифасини бажариб, тўлдирувчи заррачаларида адсорбцияланиши натижасида боғловчининг тўлдирувчи билан кимёвий боғланиши натижасида гидросиликатлар ҳосил бўлиши ва сульфит-целлюлоза ишлаб чиқаришидаги тўйинтирувчи тузли муҳитида полимер қўшимчалар билан модификация қилинган боғловчи асосидаги материалнинг коррозия механизми аниқланган;

материалнинг қотиши коагуляция ва поликонденсация жараёнлари билан кечишига асосланиб, Si-O-Si боғларнинг ташкил бўлишига олиб келувчи фазавий структура пайдо бўлиши ва силанол гуруҳларнинг (SiOH) конденсациясини таъминлаб бериб, унинг сингдирмаслик, мустаҳкамлик ва коррозия бардошлилик кўрсаткичининг юқори бўлишига олиб келиши аниқланган;

суяқ шиша композициялар юзасида компонентларнинг ўзаро таъсири натижасида пайдо бўлган гел маҳсулотлари ва эримайдиган бирикмалар турли коррозияли муҳитда кимёвий бардошлиликни ошириб берувчи майда кристалли, бир хил тузилишга эга структура ҳосил қилиши аниқланган.

**Тадқиқотнинг амалий натижалари** қуйидагилардан иборат:

суяқ шишали боғловчи ва минерал тўлдирувчиларнинг тури ва миқдориға боғлиқ ҳолда антикоррозион композицион материалнинг самарали таркиби ва технологик параметрлари аниқланган;

суяқ шишали композициянинг мақбул таркиби аниқланган ва олиш технологияси ишлаб чиқилган ҳамда спирт-ачитқи, гидролиз ва сульфит-целлюлоза тўйинтирувчи тузлар таъсиридаги агрессив муҳитда ишлайдиган кимёвий ускуналарни қоплашда антикоррозион қоплама сифатида қўлланилган.

**Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги** замонавий компьютер ва дастурий воситаларидан фойдаланган ҳолда маҳаллий хомашё ва саноат чиқиндиларини комплекс қайта ишлаб, кимй саноати ускуналари учун композицион коррозияга қарши қопламалар тайёрлашда муаллиф томонидан замонавий физик-кимёвий таҳлил усулларини қўллаб, ўтказилган бир қанча лаборатория ва саноат тажрибаларидан олинган натижаларга асосланган.

**Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.** Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти суяқ шишали боғловчи ва тўлдирувчиларнинг табиати, тури ва миқдорининг материалнинг физик-механик ва эксплуатацион хоссаларига таъсири қонуниятларини аниқлаш орқали агрессив муҳит таъсирида ишлайдиган кимё саноати ускуналари учун маҳаллий хомашёлар ва ишлаб чиқариш чиқиндилари асосидаги антикоррозион қопламани яратиш ва олиш тамойилларини назарий ва амалда асослаш билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти ушбу яратилган самарали коррозиябардош қопламаларни ускуналарнинг ишчи юзасига қўллаб, уларнинг ишлаш қобилияти ва ишлаш муддатининг ортиши ҳамда агрессив муҳит таъсирига бардошлилигини оширишга хизмат қилади.

**Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши.** Кимё саноати корхоналари ускуналарини ҳимоялаш учун коррозиябардош композицион материаллар ва улар асосидаги қопламаларнинг самарали таркиби ва олиш технологиясини ишлаб чиқиш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

ишлаб чиқилган коррозиябардош композицион суяқ шишали материаллар ва улар асосидаги қопламалар «Наманганвино» МЧЖда гидролиз цехи сиғимларини ички юзасини қоплашда жорий этилган («Ўзбекистон Республикаси Алкогол ва тамаки бозорини тартибга солиш ҳамда виночиликни ривожлантириш агентлиги»нинг 2021 йил 15 июлдаги 02-19/2426-сон маълумотномаси). Натижада, гидролиз цехи сиғимларини ва қурилмаларининг агрессив муҳит таъсирига бардошлилигини, ишлаш қобилиятини ва самарадорлигини, иш унумдорлигини ошириш, уларнинг энерго- ва ресурс тежамкорлигини ошириш имконини берган;

антикоррозион композицион материаллар ва улар асосидаги қопламалар «Наманганвино» МЧЖ алкоғолли ичимликлар ишлаб чиқариш корхонасида ишлатиладиган ускуна ва қурилмаларини коррозиядан ҳимоя қилишда амалиётга жорий этилган («Ўзбекистон Республикаси Алкогол ва тамаки бозорини тартибга солиш ҳамда виночиликни ривожлантириш агентлиги»нинг 2021 йил 15 июлдаги 02-19/2426-сон маълумотномаси).

Натижада, агрессив муҳитда ишлайдиган ускуна ва қурилмаларнинг умрбоқийлигини 2,5 марта ошириш имконини берган;

юқори физик-механик ва эксплуатацион хоссаларга эга бўлган импорт ўрнини босувчи антикоррозион композицион қопламалар «Наманганвино» МЧЖ да гидролиз цехида агрессив муҳитдаги қурилмаларининг сирт юзасини қоплашда жорий қилинган («Ўзбекистон Республикаси Алкогол ва тамаки бозорини тартибга солиш ҳамда виночиликни ривожлантириш агентлиги»нинг 2021 йил 15 июлдаги 02-19/2426-сон маълумотномаси). Натижада, алкогольли ичимликлар ишлаб чиқариш корхонаси «Наманганвино» МЧЖ нинг иқтисодий самарадорлигини ошириш имконини берган.

**Тадқиқот натижаларининг апробацияси.** Тадқиқот натижалари 11 та анжуманларда, хусусан 6 та Республика ва 5 та халқаро илмий-амалий анжуманларда маъруза қилинган ва муҳокамадан ўтказилган.

**Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши.** Диссертация мавзуси бўйича жами 25 та илмий иш нашр этилган, шулардан Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссияси томонидан докторлик диссертациясининг асосий илмий натижаларини чоп этишга тавсия этилган илмий нашрларда 14 та илмий мақола, жумладан, 9 таси Республика ва 5 таси хорижий журналларда нашр этилган.

**Диссертация тузилиши ва ҳажми.** Диссертация тузилиши кириш, бешта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертация ҳажми 184 бетни ташкил этади.

## ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

**Кириш** қисмида олиб борилган тадқиқотнинг долзарблиги ва унга бўлган талаб, тадқиқот мақсади ва вазифалари асосланган, тадқиқот объекти ва предмети тавсифланган, тадқиқотнинг Ўзбекистон республикаси фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига боғлиқлиги кўрсатилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилинган, олинган натижаларнинг илмий ва амалий аҳамияти очиқ берилган, тадқиқот натижаларининг амалиётга қўлланиш бўйича тавсиялар, нашр қилинган ишлар ва диссертация тузилиши келтирилган.

Диссертациянинг «**Коррозияга қарши композицион материаллар ва уларни кимё саноати ускуналарини ҳимоя қилишда қўллаш муаммосининг ҳозирги ҳолати**» деб номланган биринчи бобида суюқ шиша асосидаги кислотабардош материаллар ҳолати ва қўлланиши бўйича муаммолари юзасидан замонавий адабиётлардаги турли муаллифлар томонидан ишлаб чиқилган маълумотлар ҳамда юқори физик-механик ва эксплуатацион хоссаларга эга коррозияга қарши композицион материалнинг самарали таркибини яратишга бўлган талаблар ва уларнинг тахлили келтирилган. Суюқ шиша ва улар асосидаги турли материалларнинг тури, таркиби ва олиш усули ҳамда органик ва ноорганик ингредиентларнинг тури, таркиби, структураси, нисбати ва микдорига боғлиқ равишда коррозиябардош қопламалар олиш келтирилган. Суюқ шиша асосидаги

композицияларнинг хоссаларини яхшилашнинг асосий йўналиши боғловчи ва тўлдирувчини модификация қилиш эканлиги аниқланган.

Тахлиллар натижасида ҳозирги вақтда ускуналарни агрессив муҳит таъсиридан химояловчи мавжуд суёқ шиша асосидаги коррозияга қарши қопламалар четдан келтирилиши ва анча қиммат туриши аниқланган.

Мавжуд ўтказилган тажрибаларни танқидий тахлил қилиш асосида кўшимчалар билан модификация қилинган порфирит асосидаги композицияни ишлаб чиқиш ва ачитки ва гидролиз ишлаб чиқаришидаги тўйинтирувчи тузли агрессив муҳитида қўллаш истиқболли эканлиги хулоса қилинган, бу эса маҳаллий хомашёлар ва ишлаб чиқариш чиқиндиларини композицион коррозиябардош материаллар ишлаб чиқаришга қаратилган ҳолда ўрганиб чиқишни талаб этади. Шунинг учун мазкур диссертация иши ушбу вазибаларни, шу билан бирга, кимё саноати ускуналарини химоялаш учун антикоррозион композицион қопламаларнинг самарали таркиблари ва олиш технологиясини ишлаб чиқиш ечишга бағишланган.

Диссертациянинг **«Коррозияга қарши композицион материал ва улардан қопламаларни олиш технологиясини ишлаб чиқиш бўйича объектларни ва тадқиқот усулларини танлаш ва асослаш»** деб номланган иккинчи бобида объектларни танлаш ва асослаш шакллантирилган бўлиб, унинг асосида маҳаллий ва иккиламчи хомашёлар асосидаги коррозиябардош композицион материалларини олиш усули ишлаб чиқилган. кимё саноати ускуналарини химоялашда қўлланиладиган маҳаллий хомашё ва ишлаб чиқариш чиқиндиларидан органик-неорганик ингредиентлар асосидаги композицион суёқ шишали қопламаларни олиш усули ҳамда ингредиентларнинг физик-кимёвий, физик-механик ва технологик хоссаларини аниқлаш усуллари келтирилган.

Маҳаллий органик-неорганик ингредиентларни суёқ шиша асосидаги коррозиябардош композицион материалларни ишлаб чиқишда қўллаш мумкинлигининг тахлили ва асосномаси ҳамда олинган натижаларни математик ва статистик қайта ишлаш усули берилган.

Диссертациянинг **«Турли агрессив муҳитда ишлайдиган антикоррозион композицион материалларни тадқиқ этиш ва ишлаб чиқиш»** деб номланган учинчи бобида, ишлаб чиқиладиган коррозиябардош композицион материалнинг мақбул таркибини органик-неорганик ингредиентларнинг тури, таркиби, структураси, нисбати ва миқдорига аниқлаш бўйича ўтказилган тадқиқотларнинг натижалари тахлил этилган, бир-бирига боғлиқ бўлмаган мураккаб мустақил тадқиқот усуллари ёрдамида агрессив муҳитда суёқ шиша асосидаги силикат композицияни қотишининг физик-механик, физик-кимёвий ва технологик жараёнлари тадқиқ этилган. Сингдирмайдиган антикоррозион композицияларни ишлаб чиқишда натрий кремнефториди қотишни тезлаштирувчи сифатида қўлланилиб, унинг миқдори натрий кремнийфторидининг суёқ шишага стехиометрик нисбати билан аниқланган. Тадқиқот натижалари (1-жадвал) натрий кремнефторидининг суёқ шишага стехиометрик нисбатининг мақбул миқдори 18% эканлигини кўрсатди, бу кўрсаткични суёқ шишанинг

кремнезем модули ва унинг концентрациясига боғлиқ бўлган силикат композицияларнинг қотиш реакцияси тенгламасинага мувофиқ ҳисоблаб чиқилган натрий кремнийфторидининг миқдори ҳам тасдиқлади.

1-жадвал

**Порфиритли композициянинг  $\text{Na}_2\text{SiF}_6$  миқдорига боғлиқ ҳолда барқарорлик коэффициенти кўрсаткичи**

Сақлаш муддати, соат	Мустаҳкамлиги ( $R_{сж}$ , МПа) ва КС (барқарорлик коэффициенти)										
	Ҳавода	Сувда		Ачитқи ишлаб чиқаришнинг тўйинтирувчи тузларида		Сульфит целлюлозасининг агрессив муҳитида, асослари				Гидролиз ишлаб чиқариш эритмаларида	
		$R_{сж}$	$R_{сж}$	КС	$R_{сж}$	КС	$R_{сж}$	КС	$R_{сж}$	КС	$R_{сж}$
12% $\text{Na}_2\text{SiF}_6$											
240	19,0	14,0	0,74	15,1	1,08	10,8	0,77	9,8	0,70	14,3	1,02
480	20,1	14,1	0,70	15,3	1,09	11,1	0,78	10,1	0,71	14,7	1,04
720	23,3	15,8	0,60	15,6	0,99	11,9	0,75	11,4	0,72	15,2	0,96
15% $\text{Na}_2\text{SiF}_6$											
240	18,5	13,1	0,71	14,6	1,11	10,5	0,80	9,2	0,70	14,8	1,12
480	19,3	13,4	0,69	14,5	1,08	10,9	0,81	9,7	0,72	14,6	1,09
720	21,2	14,4	0,67	14,8	1,03	11,8	0,82	10,8	0,75	14,3	0,99
18% $\text{Na}_2\text{SiF}_6$											
240	18,1	12,9	0,71	16,2	1,26	11,1	0,86	10,3	0,8	12,8	0,99
480	19,9	14,4	0,72	16,3	1,13	12,7	0,88	11,9	0,83	14,7	1,02
720	22,4	15,9	0,71	16,5	1,04	14,4	0,91	13,3	0,84	19,1	1,20

Ишлаб чиқилган мақбул таркиб қуйидаги ингредиентлардан иборат (%): порфирит- 62,73; натрий кремнийфториди – 4,36; суюқ шиша – 32,91

Тажриба натижалари сульфитцеллюлоза, ачитқи ишлаб чиқаришнинг тўйинтирувчи тузлари ва гидролиз ишлаб чиқаришнинг агрессив муҳитларида қўллаш учун порфирит асосида кислотабардош антикоррозион композиция олиш мумкинлигини кўрсатди.

Намуналарнинг кимёвий барқарорлиги ва абсолют механик мустаҳкамлиги бўйича энг мақбул кўрсаткичларга натрий кремнийфторидининг стехиометрик миқдорида эришилган, порфиритли композициянинг кимёвий барқарорлигини айниқса кейинги қотиш муддатларида ўсиши кузатилган. Бу ҳолат эрувчан шишанинг  $\text{Na}_2\text{SiF}_6$  билан ўзаро таъсири натижасида кремний кислотасининг гели ажралиб чиқиб, у яхши цементловчи модда ҳисобланиб, композицион материалларда зич структура ва юқори мустаҳкамликни таъминлаб бериши билан изоҳланади.

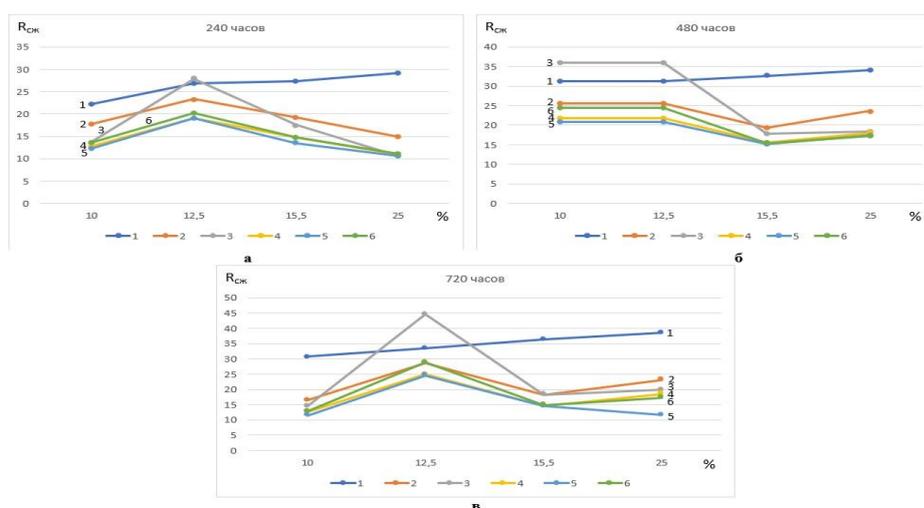
Сувга чидамлилиги сезиларли пасайган бўлиб, бу ҳолат суюқ шиша асосидаги боғловчи моддалар учун умумий камчиликдир ва у намуналардаги тузларнинг парчаланиши ва ювилиши натижасида эритмага ўтиши билан изоҳланади. Сувга чидамлилик суюқ шишанинг гидролитик парчаланиши натижасида ишқорий боғланиш даражаси билан аниқланади, унинг миқдори киритилган  $\text{Na}_2\text{SiF}_6$  миқдорига боғлиқ. Унинг миқдори етарли бўлмаса сувга

чидамлилиқ камаяди, чунки бу ҳолда суюқ шишанинг кўпроқ миқдордаги ишқори бирикмай қолади. Кислотага чидамли материалларнинг зичлиги ва мустаҳкамлигини ўта майдаланган кремнеземли қўшимчалар ажралиб чиқаётган ишқорни боғлаб туриши билан оширади.

Шу муносабат билан, порфиритли композициянинг сувга чидамлилигини ошириш ва ишқорий силикатларни ювиб керилишини камайтириш мақсадида унинг таркибига кислотага чидамли материаллар учун ноанъанавий бўлган материалнинг капиллярларида тикилиб қолган қўшимча кремний кислотали гел ҳосил қиладиган, агрессив муҳитда материалнинг юза қатламида осон эрийдиган табиий волластонит қўшдик, бу эса суюқ шишанинг модулини оширади вақотган суюқ шиша композициясининг техник кўрсаткичлари ва боғловчи хусусиятига ижобий таъсир кўрсатади.

Аралашмага 25,15, 12,5 и 10 % миқдорда волластонит ва порфирит қўшиб туриб унинг оптимал таркибини танладик (1-расм). Механик мустаҳкамлик ва кимёвий барқарорликнинг кўрсаткичлари орқали волластонитнинг мақбул миқдори 12,5% эканлиги аниқланди.

1-расмдан кўриниб турибдики, волластонитни киритилиши натижасида ҳавода қотганда механик мустаҳкамликни ошиши кузатилади. Сувга чидамлилиги 12,5% волластонитт киритилганда меъёрий бўлган 0,8 кўрсаткичдан юқори. Волластонитни киритиш билан суритманинг (замазка) сувга чидамлилиги ортиб бориши, иккиламчи реакция маҳсулотлари билан биргаликда металлларнинг коррозияга қарши чидамлилигини оширадиган силикат кислотасининг гели шаклланиши билан материалнинг сирт қатламида муҳитнинг таъсири остида волластонитнинг ингибирловчи хусусияти туфайли ишқорий силикатларнинг оқшининг камайиши билан тушунтирилади. Волластонит қўшилиши билан юзада пленка ҳосил бўлади ва агрессив муҳитнинг материалнинг ичига кириб бориш тезлигини камайтиради.



Намуналарни сақланиш муҳити: 1-сувда; 2-ҳавода; 3- ачитки ишлаб чиқаришнинг тўйинтирувчи тузларида; 4- аммоний асосли сульфит целлюлозасининг агрессив муҳитида; 5- натрий тузли сульфит целлюлозасининг агрессив муҳитида; 6- гидролиз ишлаб чиқариш эритмаларида.

**1-расм. Порфиритли композициянинг мустаҳкамлигининг волластонит миқдорига боғлиқлиги, қотиш муддати: а)-240 соат; б)-480 соат; в)-720 соат**

Волластонит-порфирит ва натрийли суяқ шиша системасидаги ўзаро таъсирларни ўрганиш суяқ фазани кимёвий таҳлил қилиш ва қаттиқ фазани петрографик таҳлил қилиш орқали амалга оширилди. Кўриб чиқиладиган муҳитда волластонитнинг гидратланиш даражаси аҳамиясиз, лекин кальций гидросиликатлари ҳосил бўлиши учун етарли эканлиги аниқланди. Тажриба маълумотлари шуни кўрсатадики, дастлабки ўзаро таъсир даврида силикат ионлари волластонит сиртидаги натрий суяқ шиша эритмасидан чўктирилади. Шу билан бирга ишқор таъсирида волластонит емирилади ва адсорбцион қатлам вақт ўтиши билан кальций билан тобора бойиб боради. Кальций ионлари янги ҳосил бўлган полисиликатлар билан ўзаро боғланиб кам эрийдиган гидросиликатлар ҳосил қилади. Янги қийин эрийдиганлар силикат композициянинг сувга чидамлилигини оширади, волластонитнинг кам миқдордаги гидратланиш даражаси эса силикат композицияда талаб қилинган зичлик ва мустаҳкамликни таъминлайди.

Олинган натижаларга асосан, волластонитни киритилиши ҳаводаги механик мустаҳкамликни сезиларли даражада оширади. Кислотобардош композицияларнинг қотиш жараёнида секин кристал ҳолатга ўтадиган ортокремний кислотасининг гели ажралиб чиқади ва тўлдирувчининг заррачаларини цементлайди.



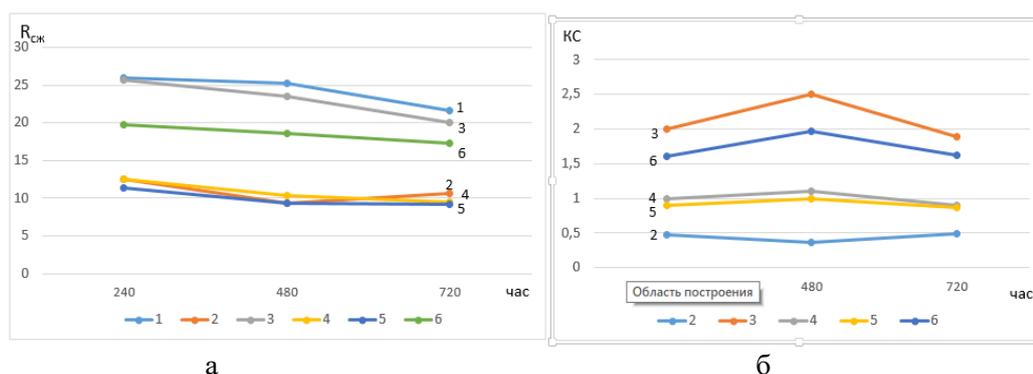
Материалнинг юзасида зич пленканинг ҳосил бўлиши ҳисобига углекислотанинг унинг ичига диффузияси секинлашиши содир бўлиб, бу реакция кечиши секинлашади. Порфиритли композициянинг ҳаводаги механик мустаҳкамлиги 18 дан 22,3 МПага ташкил этса, волластонит киритилгандан сўнг унинг кўрсаткичи 26,7-33,2 МПагача ортади.

Кўрииб турибдики, волластонит миқдорини 10% гача камайтирсак, қопламанинг механик мустаҳкамлиги ва сувга чидамлилигини пасайиши кузатилди.

Шундай қилиб, ингредиентларнинг қуйидаги нисбатида мақбул волластонитли таркибга эаг бўлди (миқдори, %): порфирит – 55,84; волластонит – 10,98;  $\text{Na}_2\text{SiF}_6$  – 3,88; суяқ шиша – 29,6.

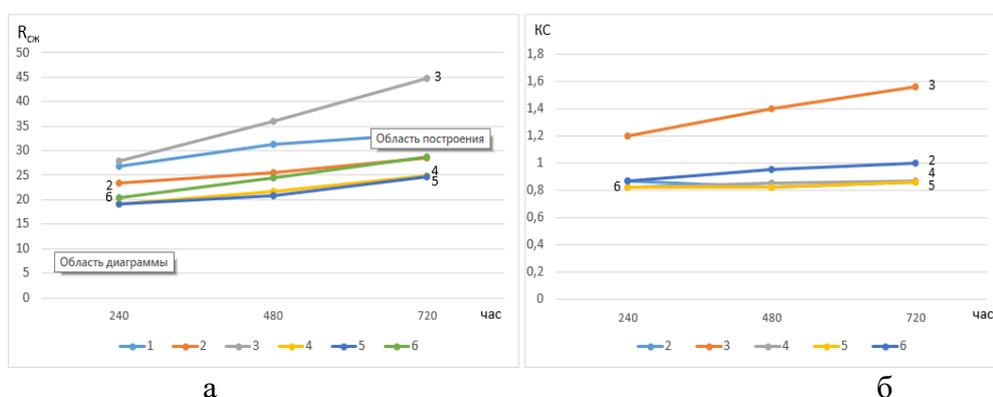
Юқорида келтирилган агрессив муҳитларда хомашё компонентларининг майдалилик даражасини суяқ шиша асосидаги композициянинг кимёвий барқарорлигига таъсирини ўрганиш бўйича қатор тажрибалар ўтказилди. Бунинг уун порфирит ва волластонитни алоҳида шарли тегирмонда 10000 теш/см<sup>2</sup> элакдан ўтгунча майдаладик.

2 ва 3 расмларни таққослаш натижасида шуни таъкидлаш мумкинки, хомашё компонентларининг майдалилик даражасини ошириш уларнинг механик мустаҳкамлиги ва сувга бардошлилигини пасайтиради. Майдалашнинг минимал даражасида компонентларнинг активлиги ошади, бунда замаканинг юқори кимёвий барқарорлигига эришилади, кейинчалик майдалаш даражасининг ортиши ишқорий силикатнинг кремнийфторид билан реакцияга киришидан ҳосил бўладиган  $\text{Si}(\text{OH})_4$  нинг тўлдирувчи доналарининг бирикиши учун етарли бўлмайди ва коррозияга чидамлик пасаяди.



Намуналарни сақланиш мухити: 1-сувда; 2-ҳавода; 3- ачитки ишлаб чиқаришнинг тўйинтирувчи тузларида; 4- аммоний асосли сульфит целлюлозасининг агрессив мухитида; 5- натрий тузли сульфит целлюлозасининг агрессив мухитида; 6- гидролиз ишлаб чиқариш эритмаларида.

## 2-расм. Майдалилик даражасини композициянинг мустақамлиги (а) ва барқарорлик коэффицентига (б) боғлиқлиги



Намуналарни сақланиш мухити: 1-сувда; 2-ҳавода; 3- ачитки ишлаб чиқаришнинг тўйинтирувчи тузларида; 4- аммоний асосли сульфит целлюлозасининг агрессив мухитида; 5- натрий тузли сульфит целлюлозасининг агрессив мухитида; 6- гидролиз ишлаб чиқариш эритмаларида.

## 3-расм. Мақбул таркибли порфирит-волластонитли композициянинг мустақамлик кўрсаткичи (а) ва барқарорлик коэффицентига (б)

Майда қилиб янчилган порфирит маълум даражада кимёвий фаолдир. Эрувчан шиша гидролиз шароитида NaOH ажралиб чиқади, у майда қилиб янчилган порфирит тўлдирувчиси порфирит заррачалари юзасини коррозиялайди ва юшатиб реакцияга киришади.

Бунда порфирит юзасининг бир қисми аморфланади ва ишқорий силикат билан реакцияга киришиб гелсимон SiO<sub>2</sub> ҳосил бўлади. Шу билан бирга тўлдирувчи зарраларини монолит, юқори қувватли, сувга чидамли тузилишга эга юқори даражада цементлаш учун энг яхши шароит яратади.

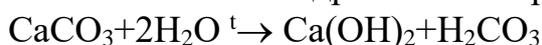
Порфирит ва порфирит-волластонит таркибларининг технологик хоссаларини ўрганиш шуни кўрсатдики, волластонитни киритиш намуналарни қотишининг барча шароитларида сув сўрилишини камайтиради ва (%да): ҳавода – 8,1; нам ҳавода — 5,7; сувда – 4,4 ни ташкил этади.

Керосиннинг сўрилиши мос равишда: 12; 8,0; 8,3 га тенг. Ҳаводаги чўзилишдаги мустақамлик чегараси 2,54 МПа; агрессив мухитда 2,7 МПа.

Керамикага ёпишиш 2,1 МПа; металл билан 2,4 МПа. Волластонитни киритилиши қопламанинг структурасини зичлаштиради, сувнинг ютилиши сезиларли камаяди ва бу сувга бардошлилигини ортишида ижобий ахамиятга эга бўлади. Ғоваклилиги ҳам камаяди. Ғоваклилилик кўрсаткичининг пасайиши кимёвий ускуналар учун сифатли қопламалар олишга имкон бериб, уларнинг узоқ муддатли ишлашини таъминлаб беради.

Керосиннинг сўрилиши мос равишда: 11,9; 8,0; 8,1 га тенг. Ҳаводаги чўзилишдаги мустаҳкамлик чегараси 2,56 МПа; агрессив муҳитда 2,8 МПа. Агрессив муҳитда керамикага ёпишиш 1,9 МПа; металл билан 2,1 МПа ни ташкил этади.

Волластонит 50-55% волластонит ва 23-25% кальцит ( $\text{CaCO}_3$ ) дан иборат бўлганлиги учун кальций гидрооксидларнинг ҳосил бўлиш реакцияси албатта кальций карбонатнинг гидролизини ўз ичига олади, натижада  $\text{Ca(OH)}_2$  пайдо бўлиб, гель билан кремний кислотаси ва гидросиликатлар ҳосил қилади:



Маълумки, суяқ шишанинг ишқорий ер металл гидроксидлари орасидаги реакция дарҳол катта ҳажмда коллоид чўкмасини ҳосил бўлиши билан тез кечади:



$\text{Ca(OH)}_2$  нинг суяқ шиша билан реакциясининг характери унинг концентрацияси ва модулига боғлиқ эмас.

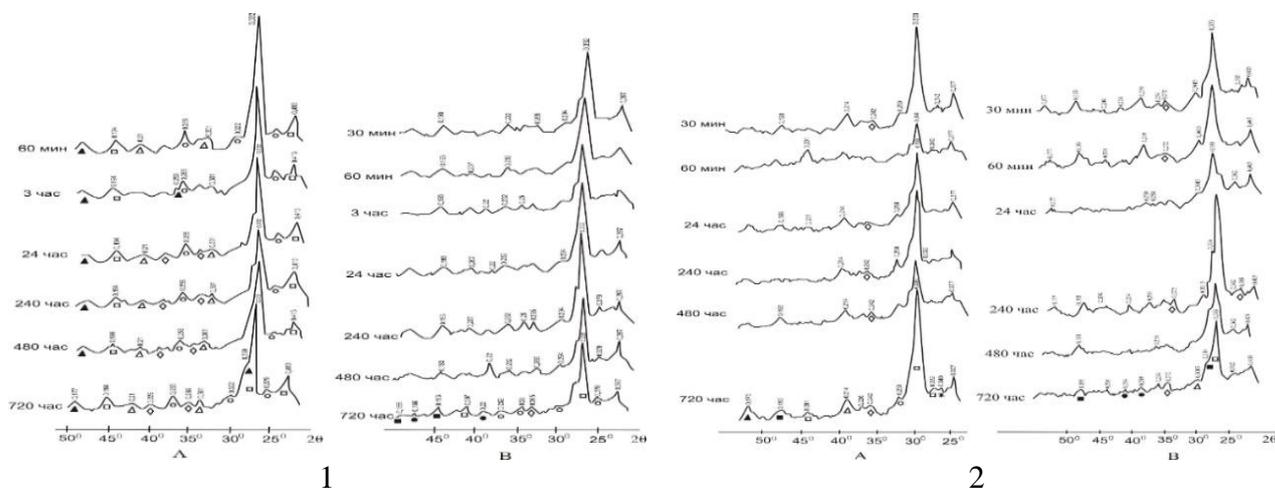
Синдириш кўрсаткичининг ўзгаришига қараганда, кальций гидроксид суяқ шиша билан ўзаро таъсирлашганда бир неча соатдан кейин кенглиги 10 мкм гача бўлган ингичка, оқиш, булутли зона ҳосил бўлади ва у 1,410-1,430 оралиғида  $N_{\text{ср}}$  билан кремний кислотадан иборат. У суяқ шиша ва кальций гидроксид эритмаларини ажратади.

Шундай қилиб, суяқ шишанинг сувсизланиши билан бир вақтда  $\text{Ca(OH)}_2$  гидролизи тезлашиб, эҳтимол ишқор иштирокида, натижада гелнинг тушиб кетиши кузатилади. Шу билан бирга суяқ шиша дастлаб  $\text{Ca(OH)}_2$ га ёпишади. Шихтани аралаштиришда суяқ шиша билан  $\text{Ca(OH)}_2$  заррачаларининг контакт юзаси ортиши ва шу сабабли суяқ шишанинг сувсизланиши тезлашиши туфайли  $\text{SiO}_2$ -гелининг тез ҳосил бўлиши рўй беради.

Ачитқи ишлаб чиқаришнинг тўйинтирувчи тузли муҳитида порфиритли ва порфирит-волластонитли композициянинг механик мустаҳкамлиги ва кимёвий барқарорлиги бўйича олинган маълумотлар композиция фазавий таркиби ва микроструктураини физик-кимёвий усуллардан комплекс фойдаланган ҳолда тадқиқ этишда олинган кўрсаткичларга мос келади.

Ҳавода қотадиган порфиритли кислотабардош қопламанинг рентгенограммасида (4-расм, а) кварц ( $d = 0,413; 0,332; 0,194$  нм); альбит ( $d = 0,379; 0,322; 0,255$  нм); биотит ( $d = 0,265; 0,229$  нм), кальцит ( $d = 0,21; 0,30$  нм) чизиқлари кўринади. Улар билан бирга,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  ( $d = 0,253$  нм) ва  $\text{Na}_2\text{SiF}_6$  ( $d = 0,334; 0,177$  нм) кристаллари учун хос бўлган чизиқлар мавжуд. Гидратланиш вақти ортиши билан порфирит таркибига кирувчи бу бирикмаларнинг интенсивлиги бирмунча камаяди.  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  га хос пайдо бўлган

чизиклар  $\text{Na}_2\text{SiF}_6$  билан реакцияга киришмаган натрий силикат ишқорининг хаво  $\text{CO}_2$  билан ўзаро реакция киришини кўрсатади:



**4-расм. Порфиритли (1) ва порфирит-волластонитли (2) композициянинг диффрактограммаси, қотиш муҳити: А – хавода; В – тўйинтирувчи тузлар муҳитида (□-кварц, ○-альбит, △-кальцит, ▲- $\text{Na}_2\text{SiF}_6$ , ►- $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , ■- $\text{CaF}_2$ , ●- $\text{NaF}$ , \*-волластонит, ◇-биотит)**

Материал устида қопламанинг атмосферага бўлган мустаҳкамлигини оширувчи зич пленка ҳосил бўлиши  $\text{CO}_2$ нинг материал ичига диффузияланишини камайтиради, натижада бу реакция секин боради.

Ушбу реакция натижасида композициянинг хаводаги мустаҳкамлиги унинг юзасида қалин пленка ҳосил бўлиши ҳисобига ортади.

$\text{Na}_2\text{SiF}_6$ га текишли чизиклар кўринади,  $\text{NaF}$  эса кўринмайди, бу эса  $\text{Na}_2\text{SiF}_6$  билан суюқ шиша орасида реакциянинг тўлиқ бормаслигидан далолат беради.

Тўйинтирилган тузлар муҳитида қотган порфиритли композициянинг диффрактограммаси (4-расм, 1 в) шуни кўрсатдики, альбит ва биотитга тегишли бўлган юзалараро масофаларнинг интенсивлиги деярли паст, чизиклар ёйилган. 720 соат таъсир қилиш орқали ёйилиш кучли намоён бўлади. Диффрактограммаларда вилломитга  $\text{NaF}$  ( $d = 0,232; 0,166$  нм) тегишли чизикларини кўриш мумкин, унинг интенсивлиги гидратланиш давомийлиги билан камаяди, бу натрий кремнийфторид ва суюқ шиша орасида  $\text{NaF}$  ва силикат кислота гели ҳосил бўлиши билан тўлиқ реакцияни кўрсатади. Тўйинтирилган тузлар муҳитидаги намуналарни гидратлаш давомийлиги билан рентгенограммаларда флюорит  $\text{CaF}_2$  ( $d = 0,193; 0,165$  нм) кристаллари аниқ кўринади. Кремний кислотаси гели ва флюоритнинг кристалл фазалари ҳосил бўлиши туфайли порфирит қопламасининг кимёвий барқарорлиги ортади ва бу механик кўрсаткичлар билан тасдиқланади.

Ҳавода қотган модификацияланган порфиритли композициянинг диффрактограммаси (4-расм, 2а) шуни кўрсатдики, асосий қотган масса 720

соатда гидратланади. Сўнгра жараён кескин пасаяди, бу эса натрий ионларининг кальций ионлари учун изоморф алмашиши туфайли ҳосил бўлган  $\text{CaF}_2$  ( $d = 0,193$  нм) ва оз миқдордаги  $\text{CaSiF}_6$  ( $d = 0,175$  нм) ҳосил қилган гидратация маҳсулотлари чизиқларининг интенсивлигидан далолат беради.

Волластонит чизиқлари оз миқдорда ( $d = 0,340$  нм) кўринаган. Тўйинтирувчи тузли муҳитида волластонит билан модификацияланган порфиритли қопламанинг дифрактограммасида флюорит кристалларига тегишли  $\text{CaF}_2$  ( $d = 0,193; 0,314$  нм) ва  $\text{CaSiF}_6$  ( $d = 0,175$  нм) чизиқларининг мавжуд эканлигини кўриш мумкин.. Силикат кальцийдаги интенсивлиги жиҳатидан паст бўлган сақланиб қолган чизиқлари билан бир қаторда, кальций таркибли бирикмаларнинг кучли чизиқларига тегишли заиф чизиқлар ҳам мавжуд. Бу маълумотлар кальций силикатларининг гидролиз жараёни кечишини ва нафақат гидросиликатлар, балки паст асосли сувсиз силикатлари ҳосил бўлишини кўрсатади.

Кислотага чидамли порфирит композициясини модификациялаш кремний кислотаси гелининг қўшимча миқдорининг ортиши ҳисобига унинг мустаҳкамлиги ва кимёвий барқарорлигини ҳамда структура тартиблилик, бир текислик, майдадисперс ҳолатини берадиган фторкальцийли бирикмани ҳосил бўлишини таъминлайди.

Порфирит композициясида пайдо бўлган янги бирикмалар юқори дисперс ҳолатида бўлади. Натрий силикати ва натрий кремнефторти ўртасидаги ўзаро таъсирнинг маҳсулоти сифатида  $\text{NaF}$  ва кремний кислотасининг гелин эътороф этиш мумкин:



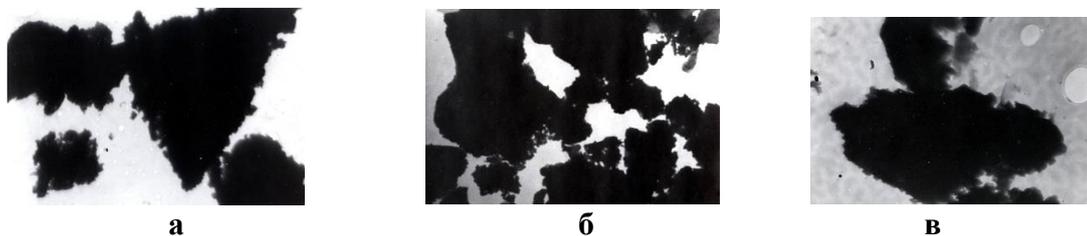
Шундай қилиб, порфирит ва порфирит-волластонитли композицияларининг фазавий таркибини ўрганиш шуни кўрсатдики, гидрация жараёни сиртда кечиб, қаттиқлашиш жараёни кальций фторидли бирикмалар, кальций таркибли силикатлар ҳамда пленка шаклидаги кремний кислотаси гелининг пайдо бўлиши туфайли содир бўлади, бу агрессив воситаларнинг қопламага чуқур кириб боришига тўсқинлик қилади.

240 соат давомида ҳавода қотган порфиритли композициянинг дериватограммасида  $150-180^\circ\text{C}$  да эндоэффектларнинг бирмунча ёйилганлиги кузатилади. Бу эффект 720 соатда  $150-160^\circ\text{C}$  га ўтади ва аниқроқ ифодаланади. Тўйинтирувчи муҳитларда бу эндоэффектларни ёйилган.

Волластонитнинг киритилиши волластонит суяқ шишани коагуляция қилиши натижасида аморф чўкмалар ажралиб чиқиши эндоэффектни чуқурлаштиради. Порфирит-волластонит намуналарининг ҳавода, тўйинтирувчи тузлар эритмасида сақланган намуналарда кремний кислота гелининг сувсизланишига мос  $150-200^\circ\text{C}$  ҳароратда катта эндоэффект мавжуд.

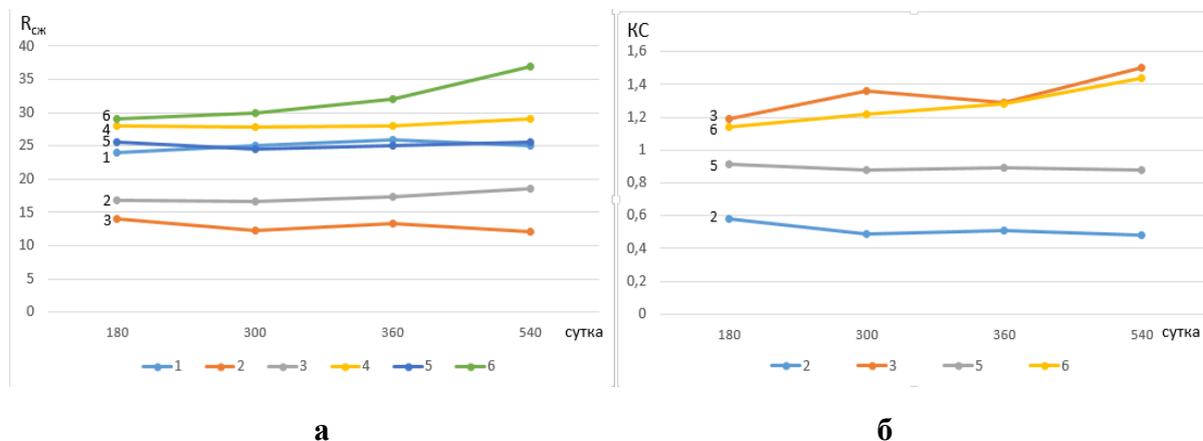
Порфирит –волластонитли композициянинг тўйинтирувчи тузлар муҳитида 240 соат давомида қотган намуналарнинг электрон-микроскоп тасвирида (5-расм) кристалланаётган шиша фонида кристалл бирикмалар орасидаги бўшлиқни тўлдирадиган кўп миқдордаги гелсимон масса мавжудлигини кўриш мумкин.

720 соатга келиб гелга ўхшаш массада турли шакллардаги кристалл бирикмалар мавжуд бўлиб, улар қопламани юқори кимёвий барқарорликка эришишига имкон беради. Волластонитнинг киритилиши катта миқдордаги гел массасининг шаклланишини янада тезлаштиради ва композициянинг мустахкамлигини оширади.



**5-расм. Порфирит-волластонитли композиция юзасининг электрон микрофотографияси (x 8000 марта), тўйинтирувчи тузлар муҳитида қотган, қотиш муддати: а) 240 соат; б) 480 соат; в) 720 соат**

Порфирит асосидаги суяқ шиша композицияларига гидролиз спирти ишлаб чиқаришидаги агрессив муҳитининг таъсирини физик-кимёвий тадқиқ этиш порфиритли қопламаларнинг механик мустахкамлиги ҳавода ва сувда бирмунча пастлигини ва шунинг учун бардошлилик коэффициентини ҳам паст бўлиши, 540 кун сувда қотганда унинг қиймати 0.43 га пасайган (6-расм).



**6-расм. Гидролиз спирти ишлаб чиқариш муҳитидаги порфиритли (1,2,3) ва порфирит-волластонитли (4,5,6) композицияларнинг мустахкамлик кўрсаткичлари (а) ва барқарорлик коэффициентини қотиш вақтига боғлиқлиги**

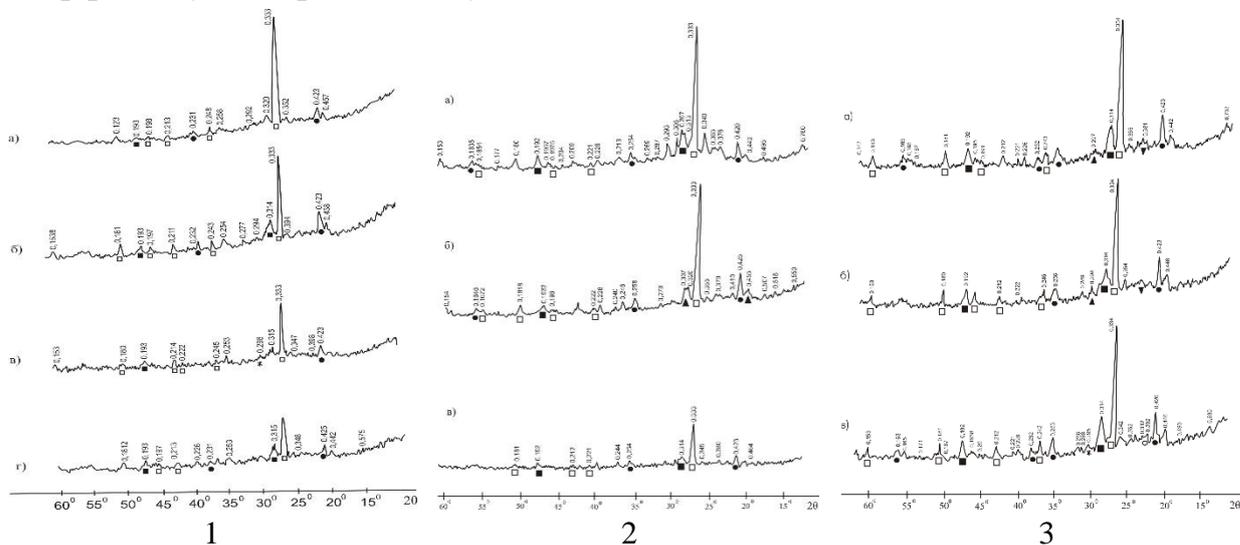
Волластонитнинг киритилиши билан барча муҳитларда механик мустахкамлик ва кимёвий барқарорлик ўсади ва 540 суткада: ҳавода - 29.0 МПа, сувда - 24.6 МПа, эритмада - 36.9 МПа гача ортади. Сувга чидамлилиги 85%, кимёвий чидамлилиги 150% ни ташкил этади.

Модификацияланган порфиритли композициянинг мустахкамлигини ортиши сингиш жараёнини тўхтатадиган эримайдиган бирикмаларни ҳосил

бўлиши билан кечади, натижада коррозия тезлигининг пасайишига олиб келади.

Волластонитнинг киритилиши агрессив муҳитда материал юзасида ҳосил бўлган бирикмаларнинг бошқа маҳсулотлари билан бирга кальций ва кремний гел гидросиликатларининг пайдо бўлиш эҳтимолини кўрсатади. Порфирит-волластонит суюқ шиша композицияларининг мустаҳкамланиши суюқ шиша сувсизланиши ва кальций таркибли силикатларнинг гидролизланиши натижасида суюқ шиша коагуляциясини келтириб чиқаради, бу эса кремний кислотаси гелининг чўкиши тезлаштиради.

Порфирит ва порфирит-волластонит композициялар рентгенораммасида (7-расм) аморф-кристалл ҳолатдан материални деярли тўлиқ аморф ҳолатга ўтишида намоён бўладиган структуравий ўзгаришлар аниқланган. Сувли муҳитда (7-расм (1)), ҳосил бўлган бирикмаларнинг дифракцион максимумлари аниқ кўринган. Порфиритнинг кварц ва бошқа компонентлари чизиқлари билан бир қаторда NaF ( $d = 0.423; 0.231$  нм) ва кучсиз CaF<sub>2</sub> ( $d = 0.193; 0.315$  нм) дифракцион максимумлар мавжудлиги аниқланган. Қотиш муддатининг 1 йил бўлишида фаза таркиби деярли ўзгармайди, фақат кварц чизиқларининг интенсивлиги пасаяди. Композицияни табиий волластонит билан модификация қилиш натижасида кўриниш бирмунча ўзгаради. Юқорида келтирилган бирикмаларнинг дифракцион максимумларини интенсивлиги пасаяди. Дифракцион максимумлар ёйилган, композиция ташкил этувчиларининг эриши ва ўзаро таъсири натижасида гидратациянинг аморф маҳсулотлари ҳосил бўлишига олиб келади.



**7-расм. Порфиритли (а,б) ва порфирит-волластонитли (в,г) композицияларнинг диффрактограммаси, сувда қотган (1): 28 (а и в) ва 360 (б и г) сутка; порфиритли (2) ва порфирит-волластонитли композиция, гидролиз спирти ишлаб чиқариш муҳитида қотган: а) 28, б) 360, в) 540 сутка (□-кварц, ○-альбит, ▲-Na<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub>, ▼-CaSiF<sub>6</sub>, ■-CaF<sub>2</sub>, ●-NaF, \*-волластонит)**

Гидролиз спирти эритмасидаги порфиритли композициянинг диффрактограммаси (7-расм (2)) сувли муҳитдаги таркибнинг

диффрактограммалари билан ўхшаш. Қотишнинг бошланғич даврларида кристалл фазаларга хос бўлган чизиқлар янада интенсивлашган, қотишни ортиши билан  $\text{Na}_2\text{SiF}_6$  ( $d = 0,455; 0,307$  нм ) чизиқларнинг йўқолиши кузатилади. 540 кунга келиб, рентгенограмма асосан  $\text{NaF}$ ,  $\text{CaF}_2$  чизиқлари билан ифодаланиб, ёйилиш кремний кислотаси гелининг кўпайишини характерлайди.

Гидролиз спирти эритмаси муҳитидаги порфирит-волластонитли композициянинг рентгенограммаси (7-расм (3))  $\text{NaF}$  ва  $\text{CaF}_2$  чизиқларининг интенсивлиги билан ажралиб туради, айниқса намуналарнинг 540 суткадаги кўринида, бу эса порфирит-волластонитли композициянинг бир текис майда-кристалл тузилишга эга эканлигини кўрсатади.

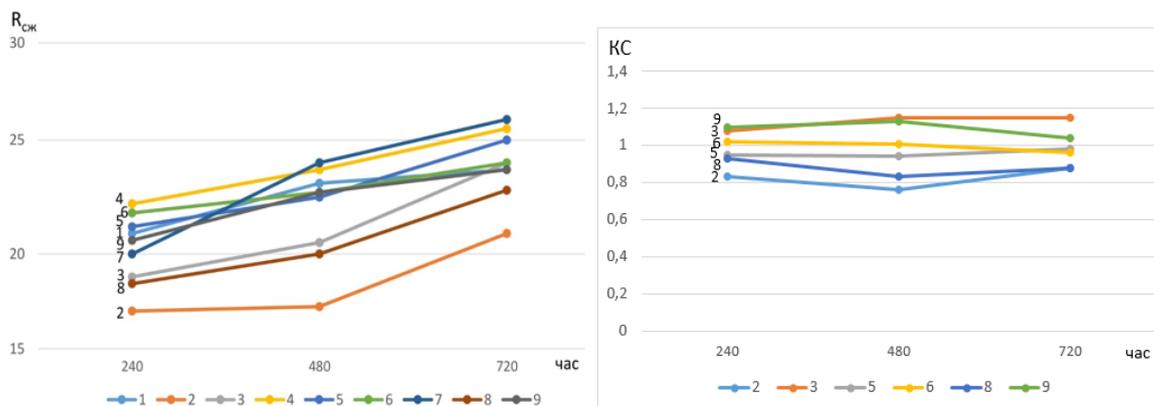
Электрон-микроскопик тадқиқотлар шуни кўрсатдики, гидролиз спирти муҳитидаги порфиритли композициянинг юзасида 28 кундан кейин кристалл ўсмаларнинг пайдо бўлиши кузатилади. Аста-секин улар бир – бирига қараб ўсиб, бирлашади ва йирик доначаларга айланади. Бошланғич материалларнинг аста-секин эриши натижасида гел ҳосил қилиш билан бирга қатламлар ўртасидаги ғовакларни тўлдиради. Шиша фазали масса фонида суюқ шиша билан натрий кремнийфториди ўртасида контакт зоналари кузатилади.

Волластонитнинг киритилиши кубик габитусли флюорит кристалларини ва турли шакллардаги бирикиб кетган  $\text{CaSiF}_6$  ва  $\text{NaF}$  кристалларнинг пайдо бўлишига олиб келади. Кристалларнинг қатламлари орасидаги бўшлиқ суюқ шиша билан тўлдирилган. Бу порфирит-волластонитли композициянинг микроструктураси майда кристалли, зич ва мустаҳкамлик кўрсаткичларига мос келишини кўрсатади.

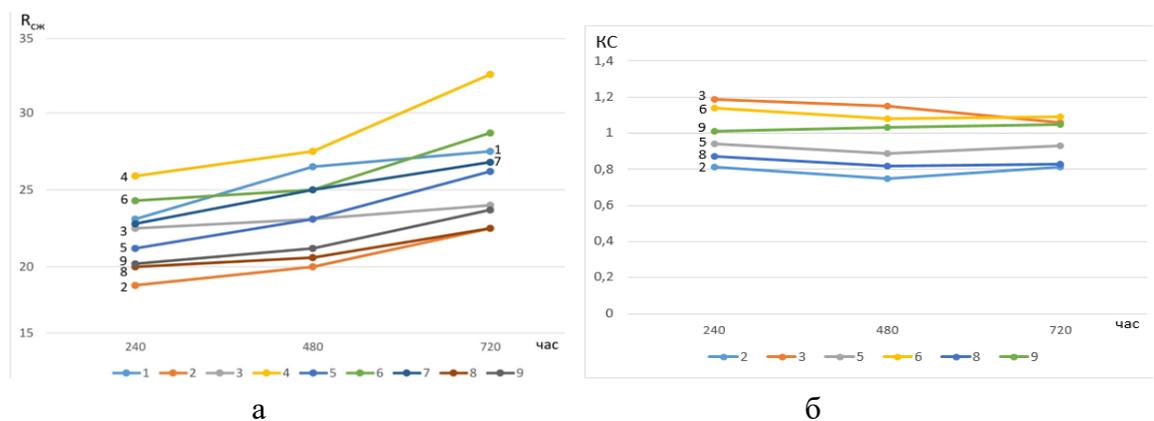
Шундай қилиб, порфирит асосидаги кислотага чидамли композицияларнинг мустаҳкамлик кўрсаткичлари ва кимёвий барқарорлиги бўйича олинган натижалар порфиритли композицияларни ачитқи ва гидролиз спирти ишлаб чиқаришнинг агрессив муҳитида ишлайдиган технологик ускуналарни қоплашда қўллашга тавсия этилади, бу ускуналарнинг узок муддатга кимёвий барқарорлигини таъминлайди.

**Диссертациянинг «Суюқ шиша композицияларининг физик-кимёвий хусусиятлари ва мустаҳкамлигига полимер қўшимчаларнинг таъсирини ўрганиш ва уларнинг самарали композицияларини ишлаб чиқиш»** деб номланган тўртинчи бобда полимер қўшимчаларининг суюқ шиша композициясининг физик-кимёвий хоссаларига ва мустаҳкамлигига таъсири ўрганилган. Кислотага чидамли қопламаларнинг қурилиш хоссаларини яхшилаш ва улар асосида эритмалар ва бетонлар олиш мақсадида ишлаб чиқариш чиқиндиларидан олинган полимер қўшимчаларнинг таъсири ўрганилган (ГКЖ-94, фурил спирти, фуран смоласи, фурфурал ва фурил спирти ишлаб чиқаришнинг куб қолдиғи). 0,2% ГКЖ-94 қўшилиши билан порфирит қопламасининг мустаҳкамлик кўрсаткичлари бир текис ўсиб бориши ва 360 кунга келиб натрий асосидаги эритмаларда 25 МПа,  $КС = 1,04$ ; аммоний асосидаги эритмаларда - 28МПа,  $КС = 1,16$ ; натрий асосидаги порфирит-волластонит композициясида - 29МПа,  $КС = 1,03$  ва аммоний асосидаги эритмаларда – 36,5 МПа,  $КС = 1,32$  эканлиги қайд этилди.

Кремнийорганик бирикмалари қўшимчалари мавжуд бўлганда структуранинг шаклланиши жараёни қотишининг даслабки вақтида бироз секинлашади, аммо тезлатувчи  $\text{Na}_2\text{SiF}_6$ нинг ҳисобига секинлашув компенсацияланади, бу эса гидрофоб-газ чиқарувчи таркибни олиш имконини беради ва пишириш муҳитида порфирит композициясининг коррозияга чидамлилигини сезиларли даражада оширишга олиб келади.



қотган намуналар: 1-ҳавода; 2- сувда; 3-агрессив муҳитда  
**8-расм. 0,5% (1,2,3); 1% (4,5,6); 2% (7,8,9) миқдорда  $\text{C}_2$  қўшимчаси қўшилган порфирит композициясининг мустаҳкамлик чегараси (а) и мустаҳкамлик коэффициенти (б)**



қотган намуналар: 1-ҳавода; 2- сувда; 3-агрессив муҳитда  
**9-расм. 0,5% (1,2,3); 1% (4,5,6); 2% (7,8,9) миқдорда  $\text{C}_2$  қўшимчаси қўшилган волластонит композициясининг мустаҳкамлик чегараси (а) и мустаҳкамлик коэффициенти (б)**

Фурфурал ишлаб чиқаришнинг  $\text{C}_1$ -куб қолдиғи ва фурил спирти ишлаб чиқаришнинг  $\text{C}_2$ -куб қолдиғи асосидага полимер қўшимчаларининг таъсирига оид тадқиқотлар натижасида  $\text{C}_2$  қўшимчасини 1% миқдорида киритиш билан порфирит таркибининг мустаҳкамлик кўрсаткичлари аниқланди (8-расм)  $\text{C}_1$  қўшилиши билан анча юқори; лекин  $\text{C}_2$  қўшилиши билан порфирит-волластонит таркиби (9-расм) 1% миқдорида юқори механик мустаҳкамликка эга. 720 соатга келиб, ҳавода қотганда механик мустаҳкамлиги 32,6 МПа, сувда -26,2 МПа, агрессив муҳитда-28,7 МПа ни ташкил этади.

Композициянинг турли материалларнинг (металга ва керамикага) адгезион хусусиятига таъсири ўрганилди (2-жадвал) ва порфирит-волластонит қопламасида адгезион хусусиятнинг юқорилиги кўрилди.

C<sub>2</sub> қўшимчали композициянинг рентгенографик, дифференциаль-термик, ИК-спектор усуллари билан порфирит ва порфирит-волластонит композициясининг фаза таркиби ўрганилди.

2-жадвал

**Порфирит ва порфирит-волластонитли композициянинг адгезион хусусиятининг ўрганиш натижалари**

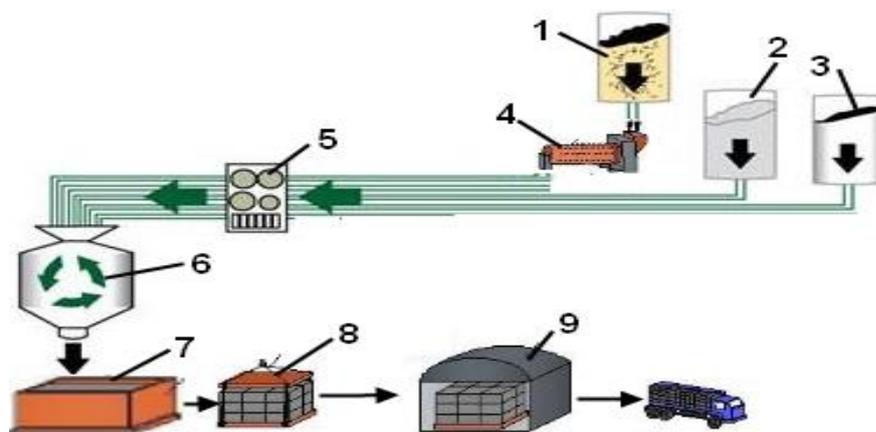
C <sub>2</sub> - 1% қўшимчали таркиб рақами ,	Материаллар	Турли муҳитдаги намуналарнинг чўзилишдаги мустаҳкамлик чегараси, МПа	
		Ҳавода	Агрессив муҳитда
I	Керамика	1,5	1,1
	Металл	1,99	1,15
II	Керамика	2,3	2,0
	Металл	2,5	2,1

Таркибнинг мустаҳкамланиши компонентларнинг кимёвий ва молекулалараро таъсирлашуви натижасида бўлиши аниқланди. C<sub>2</sub> органик қўшимчасининг қўшилиши натижасида коллоидли матрица мустаҳкамланнади, бу эса коррозион хоссасини яхшилашга олиб келади.

Конгломерат структурасининг шаклланиши жараёнида композицияларнинг барча компонентлари иштирок этиб, улар орасидаги юқори когезия ва адгезиясига сабаб бўлади. Буфер вазифасини бажарувчи қўшимчалар ёрдамида зич ўтказмайдиган структура ҳосил бўлиши туфайли спирт-ачитки ишлаб чиқаришнинг саноат муҳитларида композициянинг юқори коррозияга чидамлилиги таъминланади.

Диссертациянинг **«Суюқ шиша ва полимер қўшимчалар асосида яратилган антикоррозион композицияларни олиш технологиясини ишлаб чиқиш, уларни чиқариш ва ишлаб чиқариш синовдан ўтказиш, кимёвий ускуналарни қоплаш учун улардан қопламалар олиш ва уларнинг самарадорлиги»** деб номланган бешинчи агрессив муҳитда ишловчи ускуналарни ҳимояловчи антикоррозион композицион силикат материалларини олиш технологияси ишлаб чиқилган (10-расм).

Коррозияга чидамли композицион материалларнинг янги таркибини синаш натижалари келтирилган ва иқтисодий самарадорликни ҳисоблаш ва қопламани тайёрлаш технологияси натижалари берилган. Ишнинг якуний босқич бўлиб «Наманганвино» МЧЖда гидролиз спирти ишлаб чиқаришдаги қайнатиш қозонларининг ички қисмини порфирит-волластонитли қоплама билан футировка қилиш ҳисобланади



**10-расм. Антикоррозион композицион материал ишлаб чиқариш схемаси**

Текшириш натижалари шуни кўрсатдики, кислотабардош порфирит қопламали футировка заводда қўлланилаётган андезит қопламага нисбатан 15-20% юқори эканлиги аниқланди, бу эса агрессив муҳит ва юқори ҳароратда тажриба қилинаётган футировка чокларининг зичлашуви, қопламанинг зич полимер қоплама шаклланишини ва унинг ўтказувчанлигининг пасайишини кўрсатади.

Олинган ижобий натижалар асосида м аҳаллий хомашё асосидаги юқори сифатли суюқ шиша композициясини сульфат-целлюлоза ва спирт-ацитқиси ишлаб чиқаришдаги кислоталар қозонини ва асбоб-ускуналарни футировка қилишда ҳимоялавчи сифатида ишлатиш тавсия қилинди.

1т антикоррозион композицион силикат материалларини чиқариш ва қўллашдан кутилган иқтисодий самарадорлик 12539000 сўмни ташкил этди ва 10 тонна материал олинганда кутилган иқтисодий самарадорлик йилига 125390000 сўмни ташкил этади.

## ХУЛОСА

1. Ачитқи ишлаб чиқариш тўйинтирувчи тузларининг эритмаларида, целлюлоза тайёрлашнинг агрессив муҳитларида ва гидролиз спирти тайёрлашнинг агрессив муҳитларида қўлланиладиган Бекобод кони порфиритларини комплекс таҳлил қилиш асосида физик-механик кўрсаткичлари юқори бўлган суюқ шиша асосида каррозиябардошлилиги юқори бўлган композициянинг оптимал таркиби ишлаб чиқилди.

2.  $\text{Na}_2\text{SiF}_6$  билан ўзаро реакцияга киришмаган ишқор порфиритнинг фаол кремнеземи билан ўзаро таъсирлашиб, ишқорий гидросиликатлар ҳосил қилиши ва бунда материалнинг структураси бузилмасдан, балки зичроқ структура ҳосил бўлишини келтириб чиқарувчи суюқ шишанинг кремнезем модулининг ортиши ҳисобига янада мустаҳкамланиши аниқланди.

3. Суюқ шиша асосидаги порфиритли композицияни кислотабардош материаллар учун ноанъанавий бўлган ўзига хос минералогик тузилиш эга волластонит билан модификация қилиш натижасида композициянинг сувга бардошлилиги юқори бўлиши асосланди.

4. Боғловчини бирлаштирувчи агент вазифасини бажарувчи фаол органик кўшимчалар билан модификация қилинганда порфирит ва волластонит юзасида адсорбцияланиши ҳисобига уларнинг тўлдирувчи билан кимёвий боғланиши асосида ишқорий гидросиликатлар ҳосил бўлиши, намланиши натижасида эса гелга ўхшаш ҳолатга ўтиши ва сиқилишга ҳамда чўзилишга мустахкамлиги ортиши аниқланди.

5. Асосий физик-механик хоссаларини аниқлашга имкон берадиган регрессия тенгламаси олиниб, порфирит асосидаги кислотабардош композицияларнинг мустахкамлигини аниқлаш жараёнини тавсифлаб берувчи дастурий таъминот Турбо-Паскал тилида ишлаб чиқилди ва натижаларни назарий ҳисоблашда қўллашга тавсия этилди.

6. Гидратация жараёни юзада кечиши ва синерезис натижасида суяқ фазани ажратиб чиқарувчи коллоид кремнеземининг коагуляцияси ҳисобига қотиши, қуриши, сиқилиши ва зичлашиши ҳамда поликремний кислотаси ва фазавий анизатроп структуранинг ҳосил бўлишига олиб келиши поликонденсация жараёни ҳисобига содир бўлиши аниқланди.

7. Махаллий хомашёлардан суяқ шишали композицияни олишнинг юқори самарали технологияси ишлаб чиқилиб, агрессив муҳитда ишлайдиган ускуналарни химоялашда плиткалар остидаги қатламда кислота шимилишидан химояловчи мембрана ҳосил қилишида ва плиткалар ўртасидаги чокларни тўлдиришда қўллашга тавсия этилди.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.03/30.12.2019.К/Т.03.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ  
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИТАРНОГО  
ПРЕДПРИЯТИЯ «ФАН ВА ТАРАККИЁТ» ПРИ ТАШКЕНТСКОМ  
ГОСУДАРСТВЕННОМ ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ имени  
ИСЛАМА КАРИМОВА**

---

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ  
«ФАН ВА ТАРАККИЁТ»  
ПРИ ТАШКЕНТСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ ТЕХНИЧЕСКОМ  
УНИВЕРСИТЕТЕ имени ИСЛАМА КАРИМОВА**

**ЮЛЧИЕВА СУРАЙЁ БАХРАМОВНА**

**РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНЫХ СОСТАВОВ АНТИКОРРОЗИОННЫХ  
КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ И ТЕХНОЛОГИЯ  
ПОЛУЧЕНИЯ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОБОРУДОВАНИЙ  
ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

**02.00.07 – Химия и технология композиционных, лакокрасочных и резиновых материалов  
05.02.01 – Материаловедение в машиностроении. Литейное производство. Термическая  
обработка и обработка металлов давлением. Металлургия черных, цветных и редких  
металлов (технические науки)**

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

**Ташкент-2021**

**Тема докторской диссертации (DSc) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан под номером B2021.4.DSc./T467.**

Диссертация выполнена в Государственном унитарном предприятии «Фан ва тараккиёт» при Ташкентском государственном техническом университете имени Ислама Каримова.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице по адресу: [www.gurft.uz](http://www.gurft.uz) и информационно-образовательном портале Ziyonet по адресу: [www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz).

**Научные консультанты:**

**Негматов Сайибжан Садикович**  
доктор технических наук, профессор,  
академик АН РУз

**Негматова Комила Сайибжановна**  
доктор технических наук, профессор

**Официальные оппоненты:**

**Талипов Нигмат Хамидович**  
доктор технических наук, профессор

**Юсупов Фарход Махамаджонович**  
доктор технических наук, профессор

**Рустамов Рахматилла Муродович**  
доктор технических наук, профессор

**Ведущая организация:**

**Андижанский машиностроительный институт**

Защита диссертации состоится «28» декабря 2021 г. в 14<sup>00</sup> часов на заседании Научного совета DSc.03/30.12.2019.K/T.03.01 при ГУП «Фан ва тараккиёт» Ташкентского государственного технического университета имени Ислама Каримова Узбекистана. (Адрес: 100174, Ташкент, ул. Мирзо Голиба 7а. Тел.: (99871)246-39-28, факс: (99871) 227-12-73; 246-02-24. E-mail: [fanvataraqqiyot@mail.ru](mailto:fanvataraqqiyot@mail.ru) здании ГУП «Фан ва тараккиёт», 2-й этаж, зал конференций).

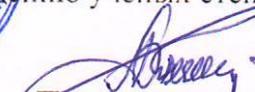
С докторской диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре ГУП «Фан ва тараккиёт» (зарегистрирован за №32). (Адрес: 100174, Ташкент, ул. Мирзо Голиба 7а. Тел.: (99871)246-39-28, факс: (99871) 227-12-73).

Автореферат диссертации разослан «15» декабря 2021 года.  
(протокол рассылки № 32-21 от «03» декабря 2021 года)



  
**Т.О. Камолов**  
Председатель Научного совета по  
присуждению учёных степеней, д.т.н.

  
**М.Э. Икромова**  
Учёный секретарь Научного совета по  
присуждению учёных степеней, к.х.н., с.н.с.

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

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

### **Актуальность и востребованность темы диссертации.**

В настоящее время в мире в связи с развитием химической, металлургической, нефтехимической, электрохимической и других отраслей промышленности защита оборудования, зданий и сооружений от разрушающего действия агрессивной химической среды является актуальной проблемой. В этом аспекте выявление причины коррозии металлических оборудования и механизмов, создание новых композиционных материалов и покрытий на их основе с заданными свойствами из вторичных продуктов и техногенных отходов промышленности, разработка и усовершенствование энергосберегающих и экологически безвредных технологий для переработки техногенных отходов имеет важное значение.

Во всем мире ведутся исследования с целью выявления факторов, влияющих на коррозию оборудования и устройств химической промышленности, разработки эффективных мер борьбы с ними, разработки и совершенствования эффективных методов создания антикоррозионных композиционных материалов и покрытий на их основе с улучшенными адгезионно-прочностными свойствами.

В связи с этим, для замедления процесса коррозии с использованием покрытий на основе антикоррозионных композиционных материалов, повышения адгезионной прочности антикоррозионных ингибирующих материалов и покрытий на их основе, повышения уровня защиты, улучшения физико-механических и эксплуатационных свойств металлов особое внимание уделяется созданию сырьевых баз для химической промышленности, металлургии и для строительной индустрии.

В республике большое внимание уделяется и принимаются меры государственного стратегического и экономического значения и достигаются определенные результаты по отбору органоминеральных ингредиентов на основе местного сырья и промышленных отходов, входящих в состав антикоррозионных покрытий, а также по разработке методов и технологий их производства, используемых в химической промышленности, работающих под воздействием агрессивных сред для его развития. В Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан определены важные задачи, направленные на «...обеспечение продуктов и технологий совершенно нового типа, и обеспечение производства отечественных продуктов, конкурентоспособных на внешнем и внутреннем рынках на этой основе...»<sup>3</sup>. В этом аспекте разработка эффективных составов и технологии получения антикоррозионных композиционных материалов и покрытий на их основе с высокими физико-механическими и эксплуатационными свойствами и с низкой себестоимостью для замены дорогостоящих импортных покрытий для использования в химической промышленности имеет важное значение.

---

<sup>3</sup> Указ Президента Республики Узбекистан «О Стратегии действий по пяти приоритетным направлениям развития Республики Узбекистан на 2017-2021 годы».

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Указах Президента Республики Узбекистан: от 7 февраля 2017 г. №УП-4947 «О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан» и Постановлениях от 25 октября 2018 г. №ПП-3983 «О мерах по развитию химической промышленности в Республике Узбекистан», от 24 августа 2019 г. №ПП-6079 «Цифровой Узбекистан-2030», а также в других нормативно-правовых документах, связанных с данной деятельностью.

**Соответствие исследования с приоритетными направлениями развития науки и технологий Республики.** Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий республики VII. «Химические технологии и нанотехнологии».

#### **Обзор зарубежных научных исследований по теме диссертации<sup>4</sup>.**

Исследования в области разработки технологий создания новых материалов на основе жидкого стекла с использованием местного сырья и промышленных отходов для химической, металлургической, нефтехимической, электрохимической промышленности ведутся в крупных научных центрах и высших образовательных учреждениях мира, в том числе в Institute of Physics, University of Amsterdam (Нидерландия), University of Konstanz (Германия), New Materials Institute (Германия), Israel Research Center (Израиль), University Institute of Science (Турция), Poznan University Of Technology (Польша), Самарском государственном техническом университете, Сибирском НИИ строительных материалов и новых технологий Национальном исследовательском томском политехническом университете, Томском государственном университете, Тюменском индустриальном университете, Институте общей и неорганической химии имени Н.С. Курнакова, Институте химической физики имени Н.Н. Семенова (Россия), Рудненском индустриальном институте (Казахстан), Институте химии им. В.И.Никитина (Таджикистан), Ургенчском государственном университете, Ташкентском химико-технологическом институте, Ташкентском архитектурно-строительном институте, Институте общей и неорганической химии, Ташкентском химико-технологическом научно-исследовательском институте, ГУП «Фан ва тараққиёт» при ТГТУ (Узбекистан).

В мире достигнуты ряд научных результатов по получению и разработке технологии вяжущих материалов на основе силикатного стекла и получаемых изделий из них, а также разработаны методы модификации связующих для улучшения физико-химических, технологических и эксплуатационных свойств композиций на основе жидкого стекла, используемых для защиты приборов и оборудования от коррозии в агрессивных средах (Sapienza University of Roma (Италия), Самарский государственный технический университет (Россия)). Для повышения прочностных параметров и водостойкости композиций на основе силикатов натрия в качестве

---

<sup>4</sup> Обзор зарубежных исследований по теме диссертации разработан на основе: <http://www.natlib.uz/ru>; <http://earthpapers.net>; <http://www.ngtp.ru>; <http://www.geokniga.org/books>; <http://geologinfo.ru>; <https://www.niuiif.ru> и др. источников.

модификаторов используют кремнефтористый натрий ( $\text{Na}_2\text{F}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ); хлористый кальций ( $\text{CaCl}_2$ ); тетраборат натрия; гашеную известь ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ); мел ( $\text{CaCO}_3$ ); оксид трехвалентного алюминия ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) (Princeton University (США), Новосибирский государтсвенный аграрный университет (Россия)); по получению жидкого стекла из отходов производств (Тюменский индустриальный университет (Россия)).

Благодаря комплексной переработке местного сырья и промышленных отходов в мире проводятся исследования по приоритетным направлениям, в том числе: определению высокой прочности, химической стойкости и устойчивости к агрессивным средам разработанных покрытий на основе жидкого стекла; созданию микроструктуры, физико-химических свойств, кинетики процессов гидратации и затвердеванию антикоррозионных композиционных материалов путем модификации полимерными добавками и эффективного состава композиционных силикатных материалов; определению процессов выщелачивания, минералообразования, фазового состава в процессе синтеза порфириновых и порфирито-волластонитовых композиций на основе жидкого стекла; определению и научно-обоснованного механизма отверждения композиций, получению модифицированных безвредных композиций на основе стекла для покрытия поверхностей деталей оборудования и устройств, разработке технологии получения теплоизоляционных материалов и антикоррозионных покрытий для строительной промышленности.

**Степень изученности проблемы.** В мировой практике по созданию и производству композиционных жидкостекольных материалов значительный вклад внесли следующие ученые: Maruyasi Nakakori, Sakamoto Vosihumi, D. Israel, Y. Teoreanu, Puri Annemarie, А. Содахина, Р. Мураяма, М. И. Субботкин, М. А. Матвеев, В. И. Корнеев, В. Т. Батраков, С. В. Рагозина, В. И. Бабушкин, И. В. Белицкий, Н. С. Домбровская, Ю. С. Курицина, В. М. Москвин, И. А. Писаренко, Р. К. Кордонская, Ю. И. Нянушкин, С. С. Негматов, А. Т. Джалилов, М. Ж. Жуманиязов, К. С. Негматова, Ф. Х. Таджиев, Т. А. Атакузиев, З. А. Мухамедбаева, Д. К. Адылов, М. Г. Бабаханова и многие другие.

Исходя из анализа существующих работ, необходимо отметить, что на сегодняшний день существует проблема разработки антикоррозионных композиционных материалов и покрытий на их основе с высокими физико-механическими свойствами, повышающие работоспособность и долговечность оборудования химической промышленности, работающие в агрессивных средах. В связи с этим, проведение научных исследований по разработке недорогих и эффективных композиционных антикоррозионных материалов на основе органоминеральных ингредиентов из местного сырья и отходов производств для химической промышленности имеет большое научное и практическое значение при развитии экономики нашей страны.

**Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего учебного заведения или исследовательского учреждения.** Диссертационное исследование

выполнено в рамках плана государственных научно-исследовательских работ Государственного унитарного предприятия «Фан ва тараккиёт» ТашГТУ по проектам: А-12-014 - «Разработка составов и технология получения неорганических жидкостекольных композиционных материалов для антикоррозионной защиты аппаратов химической промышленности на основе местного сырья и отходов производств» (2012-2014 гг.); ПЗ-20170929228 - «Разработка ресурсосберегающих технологий нитроокисидирования для получения композиционных металлических машиностроительных материалов с повышенной коррозионной стойкостью с целью применения в машиностроении и других отраслях промышленности» (2017-2020 гг.).

**Целью исследования** является разработка эффективных составов антикоррозионных композиционных материалов и технологии получения покрытий для защиты оборудования химической промышленности.

**Задачи исследования:**

проведение комплексных исследований и анализа современного состояния методов оценки и предпосылки возможностей разработки и применения антикоррозионных композиционных материалов, и технология получения покрытий с использованием полимерных связующих и индустриальных отходов;

разработка научно-обоснованного подхода создания эффективных составов и технологии получения композиционных антикоррозионных материалов, обладающих высокой прочностью, химической устойчивостью, стойкостью к воздействию агрессивных сред;

изучение процессов выщелачивания, минералообразования, фазового состава при синтезе жидкостекольных порфиритовых и порфирито-волластонитовых композиций, их химической устойчивости в процессе твердения;

исследование структуры, физико-химических свойств и кинетики процессов гидратации и твердения композиционных антикоррозионных материалов, модифицированием связующего полимерными добавками;

разработка оптимальных составов и технологии получения высокоэффективных антикоррозионных композиционных материалов для покрытия рабочей поверхности оборудования химических производств;

проведение лабораторно-производственных и опытно-промышленных испытаний разработанных импортозамещающих композиционных антикоррозионных покрытий, используемых для защиты оборудования от воздействия агрессивной среды и разработка необходимой нормативно-технической документации для применения их в процессе нанесения на рабочую поверхность оборудования, а также осуществление расчета технико-экономической их эффективности.

**Объектами исследования** являются порфириты Бекабадского месторождения, кремнефтористый натрий, жидкое натриево-стекло, волластонит Койташского месторождения и полимерные добавки.

**Предметом исследования** является изучение процесса гидратации и структурообразования антикоррозионных силикатных композиций в

агрессивных средах, влияния фазового состава ингредиентов на защитные и прочностные свойства антикоррозионных композиционных материалов, получение антикоррозионных покрытий на их основе для оборудований химической промышленности, а также определение работоспособности, долговечности и эффективности их применения.

**Методы исследования.** В диссертационной работе применены ИК-спектроскопия, рентгенофазовый (РФА) и термографические и петрографические методы анализа, а также методы анализа, разрешенные в странах СНГ.

**Научная новизна исследования** заключается в следующем:

установлена закономерность протекания процесса гидратации и структурообразования жидкостекольных композиций в агрессивных средах производства гидролизного спирта;

установлено, что при гидролизе жидкого стекла не прореагировавшая с кремнефтористым натрием щелочь разъедает зерна наполнителя, в результате, обеспечивается более прочная связь наполнителя с гелем кремневой кислоты с образованием щелочных гидросиликатов, переходящих при увлажнении в гелеобразное состояние;

выявлено, что в композиции структура упрочняется за счет повышения кремнеземистого модуля, поскольку такие стекла более полимеризованы и имеют плотную структуру своего кремнекислородного каркаса и тем самым создаются наилучшие условия для высокой цементации частиц порфирита и волластонита с формированием композита с монолитной, высокопрочной, водо- и кислотостойкой структурой;

установлен механизм коррозии материалов на связующих, модифицированных полимерными добавками в средах питательных солей сульфитно-целлюлозного производства, где полимерные добавки способствуют образованию химических связей связующего с наполнителем с образованием гидросиликатов;

выявлено, что твердение обусловлено процессами коагуляции и поликонденсации, которые обеспечивают образование пространственной структуры и конденсации силанольных групп (SiOH) с образованием Si-O-Si связей, способствующих получению материала с высокими показателями непроницаемости, прочности и коррозионной стойкости;

физико-химическими исследованиями установлен порядок возникновения нерастворимых соединений на поверхности жидкостекольных композиций, которые совместно с гелевыми продуктами реакции образуют мелкокристаллическую, равномерную структуру, обеспечивающую повышенную химическую устойчивость материала в различных коррозионно-активных средах.

**Практические результаты исследования** заключаются в следующем:

на основе жидкостекольных связующих и минеральных наполнителей определены эффективные составы и технологические параметры в зависимости от вида и содержания их для получения антикоррозионных композиционных материалов;

определен оптимальный состав и разработана технология производства жидкостекольной композиции, а также была использована в качестве антикоррозионного покрытия при футеровке химических оборудований, работающих в агрессивных средах спиртодрожжевого, гидролизного и питательных солей сульфитной целлюлозы.

**Достоверность полученных результатов** обоснована на результатах лабораторных и промышленных экспериментов, проведенных автором с использованием современных методов физико-химического анализа при комплексной переработке местного сырья и промышленных отходов и с использованием современных компьютеров и программного обеспечения при приготовлении композиционных антикоррозионных покрытий для оборудований химической промышленности.

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

Научная значимость заключается в том, что путем установления закономерности влияния природы, вида и содержания жидкостекольных связующих и минеральных наполнителей на физико-механические и эксплуатационные свойства разрабатываемых композиционных жидкостекольных материалов, позволили теоретически и практически обосновать принципы создания и получения антикоррозионных покрытий на основе местного сырья и отходов производств для оборудований химической промышленности, работающих под воздействием агрессивной среды.

Практическая значимость результатов исследований заключается в том, что нанесение созданных эффективных антикоррозионных покрытий на рабочую поверхность оборудования способствует увеличению их производительности и срока службы, а также устойчивости к агрессивным средам.

**Внедрение результатов исследования.** На основании проведенных научных исследований по разработке составов и технологии получения антикоррозионных композиционных материалов и покрытий из них для защиты оборудований химической промышленности получены следующие результаты:

разработанные антикоррозионные композиционные жидкостекольные материалы и покрытия на их основе внедрены на внутреннюю поверхность емкостей ООО «Наманганвино» (справка Агентство по регулированию алкогольного и табачного рынка и развитию виноделия Республики Узбекистан 15.07.2021 года №02-19/2462). В результате появилась возможность повысить устойчивость воздействию агрессивных сред, работоспособность и эффективность оборудований емкостей и оборудований гидролизного цеха, производительность труда, повысить энерго- и ресурсосбережения оборудований;

антикоррозионные композиционные материалы и покрытия на их основе внедрены для защиты оборудований и аппаратов по выпуску алкогольных напитков ООО «Наманганвино» от коррозии (справка Агентство по регулированию алкогольного и табачного рынка и развитию виноделия Республики Узбекистан 15.07.2021 года №02-19/2462). В результате получено

возможность повышения долговечности в 2,5 раза аппаратов, работающих при агрессивной среде;

импортзамещающие антикоррозионные композиционные покрытия с высокими физико-механическими и эксплуатационными свойствами внедрены в ООО «Наманганвино» при покрытии поверхностей оборудования гидролизного цеха, работающих в агрессивной среде (справка Агентство по регулированию алкогольного и табачного рынка и развитию виноделия Республики Узбекистан 15.07.2021 года №02-19/2462). В результате появилась возможность повышения экономической эффективности предприятия ООО «Наманганвино», выпускающий алкогольные напитки.

**Апробация результатов исследования.** Результаты исследования обсуждены на 11 конференциях, в том числе 5 международных и 6 республиканских научно-практических конференциях.

**Опубликованность результатов исследования.** По теме диссертации опубликованы 25 научных работ, в том числе 14 научных статей, из них 9 в республиканских и 3 в зарубежных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов докторских диссертаций.

**Структура и объем диссертации.** Структура диссертации состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованной литературы и приложения. Объем диссертации составляет 184 страниц компьютерного текста.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

**Во введении** обоснована актуальность и востребованность темы диссертации, сформулированы цель и задачи, выявлены объект и предмет исследования, определено соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан, изложены научная новизна и практические результаты исследования, обоснована их достоверность, раскрыты теоретические и практические значимости полученных результатов, приведены результаты внедрений разработок, результаты апробации работы и сведения по опубликованным работам и по структуре диссертации.

В первой главе диссертации **«Современное состояние антикоррозионных композиционных материалов и их применение в оборудовании химической промышленности»** приводится обзор и анализ современных литературных источников, где рассмотрены проблемы по состоянию и применению кислотоупорных материалов на основе жидкого стекла и требование к созданию эффективных составов композиционных антикоррозионных материалов, обладающих высокими физико-механическими и эксплуатационными свойствами. Приведены виды, составы и способы получения жидкого стекла и различные материалы на их основе, а также коррозионностойкие покрытия в зависимости от вида, состава, структуры, соотношения и содержания органо-неорганических ингредиентов.

Выявлено, что одним из основных направлений улучшения свойств жидкостекольных композиций является модифицирование связующих и наполнителей.

Из обзора следует, что в настоящее время существующие антикоррозионные покрытия на жидком стекле, применяемые при защите оборудования от агрессивной среды, импортируются из-за рубежа и очень дорогие. Из критического анализа ранее выполненных исследований сделан вывод о перспективности разработки и применения композиции на основе порфирита с модифицирующими добавками в агрессивных средах питательных солей дрожжевых и гидролизных производств, что требует изучения местных сырьевых ресурсов и отходов производств относительно разработки композиционных антикоррозионных материалов. Поэтому данная диссертационная работа посвящена решению этих задач, в том числе разработке эффективных составов антикоррозионных композиционных материалов и технологии получения покрытий для защиты оборудования химической промышленности.

Во второй главе диссертации **«Выбор и обоснование объектов исследования и методов проведения экспериментов по разработке технологии антикоррозионных композиционных материалов и покрытий из них»** формируется выбор и обоснование объектов, на основе которого были разработаны методы получения антикоррозионных композиционных материалов на основе местного сырья и отходов производств. Приведены методы получения композиционных жидкостекольных покрытий на основе органо-неорганических ингредиентов из местного сырья и отходов производств, применяемых при защите оборудования химических производств от воздействия агрессивной среды, а также методы определения физико-химических, физико-механических и технологических свойств используемых ингредиентов. Приведен анализ и обоснование возможности применения местных органо-неорганических ингредиентов при разработке антикоррозионных композиционных материалов на основе жидкого стекла и методика статистическо-математических обработок полученных экспериментальных результатов исследований.

В третьей главе под названием **«Исследование и разработка антикоррозионных композиционных материалов, работающих в различных агрессивных средах»** рассмотрены результаты исследований по выявлению оптимальных составов разрабатываемых антикоррозионных композиционных материалов в зависимости от вида, состава, структуры, соотношения и содержания органо-неорганических ингредиентов, с помощью комплексных независимых друг от друга методов исследований были изучены физико-механические, физико-химические и технологические процессы твердения силикатных композиций на основе растворимого стекла в условиях агрессивных сред. При разработке непроницаемых антикоррозионных композиций кремнефтористый натрий использовался в качестве вводимого в качестве инициатора твердения, по стехиометрическому соотношению кремнефтористого натрия к жидкому стеклу определялось его количество.

Экспериментальные исследования показали (таблица 1), что стехиометрическое соотношение кремнефтористого натрия к жидкому стеклу составляет 18%, что и было подтверждено рассчитанным количеством кремнефтористого натрия по уравнению реакции твердения силикатных композиций в зависимости от величины кремнеземистого модуля жидкого стекла и его концентрации.

Полученный оптимальный состав имеет следующие ингредиенты (в %): порфирит- 62,73; кремнефтористый натрий – 4,36; жидкое стекло – 32,91.

Таблица 1.

**Коэффициент стойкости порфириновой композиции в зависимости от содержания  $\text{Na}_2\text{SiF}_6$**

Время выдержки, час	(МПа) и КС (коэффициент стойкости)											
	На воздухе	В воде		В питательных солях дрожжевого производства		В агрессивной среде сульфитной целлюлозы на основаниях солей				В растворах гидролизного производства		
		Аммониевых	Натриевых	Р <sub>сж</sub>	КС	Р <sub>сж</sub>	КС	Р <sub>сж</sub>	КС			Р <sub>сж</sub>
Р <sub>сж</sub>	Р <sub>сж</sub>	КС	Р <sub>сж</sub>	КС	Р <sub>сж</sub>	КС	Р <sub>сж</sub>	КС	Р <sub>сж</sub>	КС	Р <sub>сж</sub>	КС
12% $\text{Na}_2\text{SiF}_6$												
240	19,0	14,0	0,74	15,1	1,08	10,8	0,77	9,8	0,70	14,3	1,02	
480	20,1	14,1	0,70	15,3	1,09	11,1	0,78	10,1	0,71	14,7	1,04	
720	23,3	15,8	0,60	15,6	0,99	11,9	0,75	11,4	0,72	15,2	0,96	
15% $\text{Na}_2\text{SiF}_6$												
240	18,5	13,1	0,71	14,6	1,11	10,5	0,80	9,2	0,70	14,8	1,12	
480	19,3	13,4	0,69	14,5	1,08	10,9	0,81	9,7	0,72	14,6	1,09	
720	21,2	14,4	0,67	14,8	1,03	11,8	0,82	10,8	0,75	14,3	0,99	
18% $\text{Na}_2\text{SiF}_6$												
240	18,1	12,9	0,71	16,2	1,26	11,1	0,86	10,3	0,8	12,8	0,99	
480	19,9	14,4	0,72	16,3	1,13	12,7	0,88	11,9	0,83	14,7	1,02	
720	22,4	15,9	0,71	16,5	1,04	14,4	0,91	13,3	0,84	19,1	1,20	

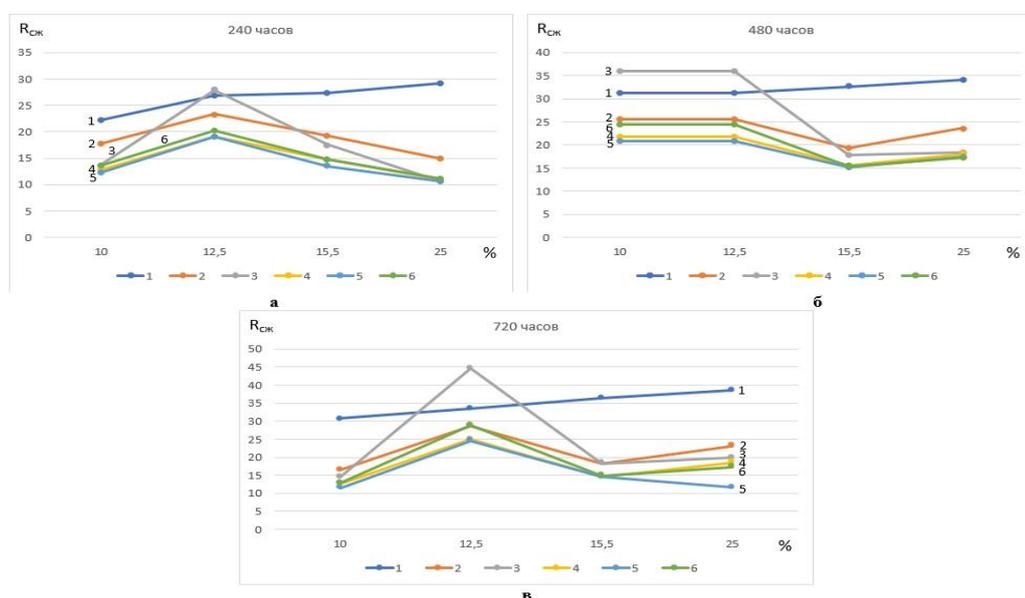
Результаты испытаний показывают, что для агрессивной среды сульфитцеллюлозного, питательной среды дрожжевого и гидролизного производства можно получить кислотостойкие антикоррозионные композиции с использованием порфирита.

Самые лучшие результаты, как по химической устойчивости, так и по абсолютной механической прочности образцов получены при стехиометрическом содержании кремнефтористого натрия, химическая устойчивость порфириновой композиции, особенно в последующие сроки твердения увеличивается. Это объясняется тем, что при взаимодействии растворимого стекла с  $\text{Na}_2\text{SiF}_6$  происходит выделение геля кремневой кислоты, которое является хорошим цементирующим веществом, обеспечивающий композиционным материалам плотную структуру и высокую прочность.

Значительно занижена водостойкость, которая является общим недостатком вяжущих материалов на основе жидкого стекла и объясняется распадом и вымыванием солей из образцов в раствор. Водостойкость определяется степенью связывания щелочи, образующейся в результате гидролитического разложения жидкого стекла, количество которого находится в зависимости от введенного количества  $\text{Na}_2\text{SiF}_6$ . При недостаточном количестве водостойкость понижается, т.к. в данном случае большее количество щелочи жидкого стекла остается несвязанной. Кремнеземистые тонкомолотые добавки связывают выделяющуюся щелочь, повышая плотность и стойкость кислотоупорных материалов.

В связи с этим, для повышения водостойкости порфиритовой замазки и с целью уменьшения вымывания щелочных силикатов вводили в ее состав нетрадиционный для кислотоупорных материалов - природный волластонит, который легко растворяясь под воздействием агрессивной среды на поверхностном слое материала, образует дополнительную гель кремневой кислоты, закупоривающий поры и капилляры материала, что приводит к повышению модуля жидкого стекла и благоприятно сказывается на его вяжущей способности, технических свойствах отвердевших жидкостекольных композиций.

Подбор оптимального соотношения между волластонитом и порфиритом определяли в смесях с вводом волластонита в количестве 25,15, 12,5 и 10 % (рис. 1.). По показателям механической прочности и химической устойчивости оптимальное количество волластонита составило 12,5%.



образцы хранившихся: 1-в воде; 2-в воздухе; 3- в питательных солях дрожжевого производства; 4- в агрессивной среде сульфитной целлюлозы на основаниях аммониевых солей; 5- в агрессивной среде сульфитной целлюлозы на основаниях натриевых солей; 6- в растворах гидролизного производства.

**Рис.1. Зависимость прочности порфиритовой композиции от содержания волластонита, затвердевших: а)-240 часов; б)-480 часов; в)-720 часов**

Как видно из рисунка 1, с введением волластонита наблюдается тенденция повышения и механической прочности в воздушно-сухих условиях твердения. Водостойкость при содержании волластонита 12,5% превышает нормативную величину равную 0,8. Повышенная водостойкость замазки с введением волластонита связана с тем, что под воздействием среды на поверхностном слое материала с образованием геля кремневой кислоты, который совместно с вторичными продуктами реакции действует как ингибирующее вещество, повышающее стойкость металлов против коррозии, уменьшается вымывания щелочных силикатов за счет растворения волластонита. За счет пленок, образующихся на его поверхности, с введением волластонита резко снижается скорость проникновения агрессивной среды вглубь материала.

Изучение взаимодействий в системе волластонит-порфирит и натриевое жидкое стекло осуществлялось путем химического анализа жидкой фазы и петрографического анализа твердой фазы. Установлено, что степень гидратации волластонита в рассматриваемой среде незначительна, но достаточна для образования гидросиликатов кальция. Экспериментальные данные показывают, что в начальный период взаимодействия происходит осаждение силикатных ионов из раствора натриевого жидкого стекла на поверхности волластонита. Одновременно под действием щелочи происходит разрушение волластонита, и адсорбционный слой со временем все больше обогащается кальцием. Ионы кальция сшивают полисиликатные новообразования, образуя малорастворимые гидросиликаты. Труднорастворимые новообразования придают силикатным композициям водостойкость, а незначительная степень гидратации волластонита обеспечивает силикатной композиции требуемую плотность и прочность.

Из полученных результатов видно, что введение волластонита значительно повышает механическую прочность на воздухе. При твердении кислотоупорных композиций выделяется постепенно кристаллизующийся гель ортокремневой кислоты, цементирующий частицы наполнителя.



Это реакция протекает с малой скоростью, т.к. диффузия углекислоты вглубь материала замедляется из-за появления на его поверхности плотной пленки. Если механическая прочность на воздухе порфиритовой композиции изменяется от 18 до 22,3 МПа, то при введении волластонита она составила 26,7-33,2 МПа.

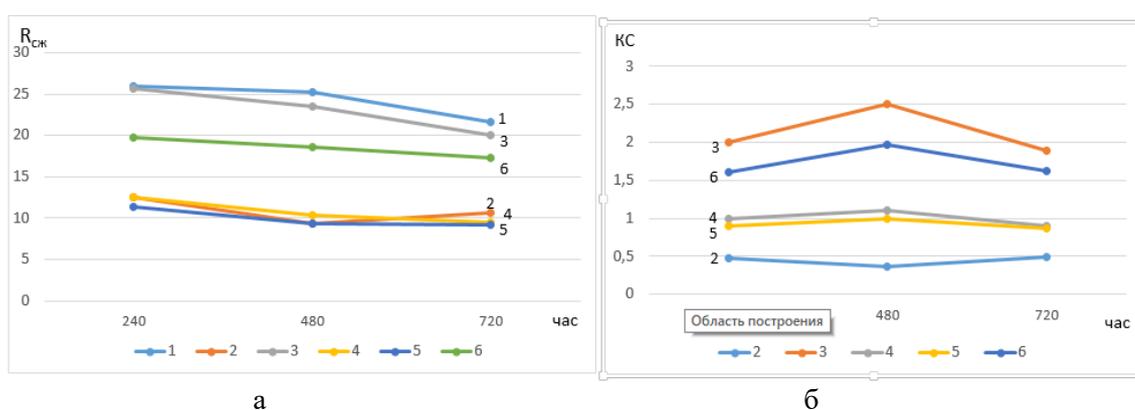
Уменьшение содержания волластонита до 10% понижает как механическую прочность замазки, так и её водостойкость.

Следовательно, с волластонитом оптимальным является состав при соотношении ингредиентов, (вес. %): порфирит – 55,84; волластонит – 10,98;  $\text{Na}_2\text{SiF}_6$  – 3,88; жидкое стекло – 29,6.

Было проведено ряд исследований по выявлению влияния тонины помола сырьевых компонентов на химическую устойчивость жидкостекольных композиций в выше указанных агрессивных средах. Порфирит и волластонит размалывали отдельно в шаровой мельнице до полного прохождения через

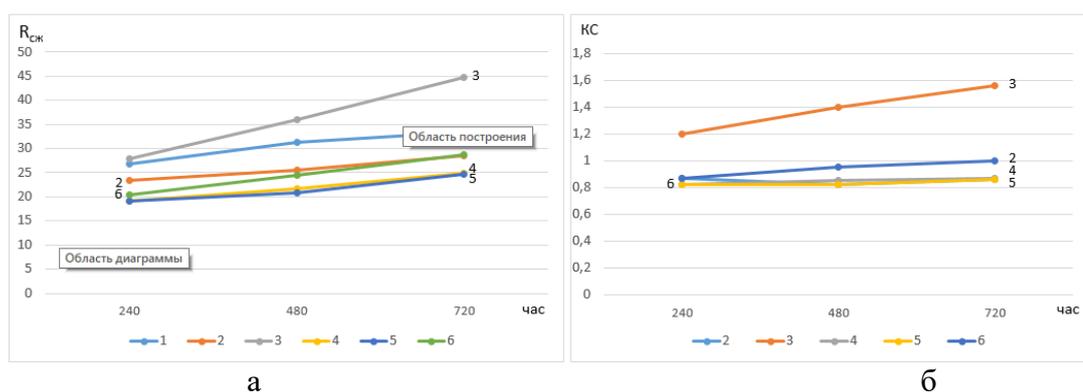
сито 10000 отв/см<sup>2</sup>. Сравнивая данные рисунков 2 и 3 можно отметить, что увеличение тонкости помола сырьевых компонентов заметно ухудшает механическую прочность и водостойкость композиции. При минимальной тонкости помола достигается активность компонентов, позволяющая получить высокую химическую стойкость замазки, и дальнейшее повышение тонины помола снижает коррозионную стойкость, т.к. количество Si(OH)<sub>4</sub>, образующегося при взаимодействии щелочного силиката с кремнефтористым натрием недостаточно для связывания зерен наполнителя.

Тонкоизмельченный порфирит является в значительной степени химически активным. В условиях гидролиза растворимого стекла, выделяется NaOH, которая взаимодействует с тонкодисперсным порфиритовым наполнителем, корродируя и разрыхляя поверхность порфиритовых частиц.



образцы хранившихся: 1-в воздухе; 2- в питательных солях дрожжевого производства; 3- в агрессивной среде сульфитной целлюлозы на основаниях аммониевых солей; 4- в агрессивной среде сульфитной целлюлозы на основаниях натриевых солей; 5- в растворах гидролизного производства.

**Рис.2. Влияние тонкости помола на прочность (а) и коэффициент стойкости (б) композиции**



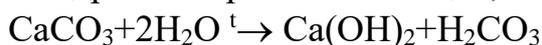
образцы твердевшие: 1-в воздухе; 2- в питательных солях дрожжевого производства; 3- в агрессивной среде сульфитной целлюлозы на основаниях аммониевых солей; 4- в агрессивной среде сульфитной целлюлозы на основаниях натриевых солей; 5- в растворах гидролизного производства.

**Рис.3. Придел прочности (а) и коэффициент стойкости (б) порфирито-воластонитовых композиций оптимального состава**

При этом часть поверхности порфирита аморфизуется и образуется гелеобразный  $\text{SiO}_2$ , который, взаимодействуя со щелочным силикатом, повышает его кремнеземистый модуль. Тем самым создаются наилучшие условия для высокой цементации частиц наполнителя в монолитную, высокопрочную, водокислотостойкую структуру.

Исследование технологических свойств порфиритовой и порфиристо-волластонитовой композиций показало, что введение волластонита снижает водопоглощение во всех условиях твердения образцов и составляет: при воздушном – 8,1; воздушно-влажном - 5,7; водном – 4,4. Введение волластонита уплотняет структуру замазки, заметно снижая её водопоглощение, что положительно сказывается на повышении водостойкости. Пористость также снижается. Снижение величины пористости позволит получить качественную футеровку для химических аппаратов, способную выдержать длительную эксплуатацию их работы. Керосинопоглощение соответственно равно: 11,9; 8,0; 8,1. Предел прочности на растяжение в воздухе 2,56 МПа; в агрессивной среде 2,8 МПа. Сцепляемость в агрессивной среде с керамикой 1,9 МПа; с металлом 2,1 МПа.

Поскольку волластонит состоит из 50-55% волластонита и 23-25% кальцита ( $\text{CaCO}_3$ ), реакция же образования гидросиликатов кальция обязательно предполагает гидролиз карбоната кальция,



в результате которого появляется  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , образующий с гелем кремнекислоты гидросиликаты.

Известно, что реакция жидкого стекла с растворами гидроксидов щелочноземельных металлов протекает быстро с моментальным выпадением объёмных коллоидных осадков:

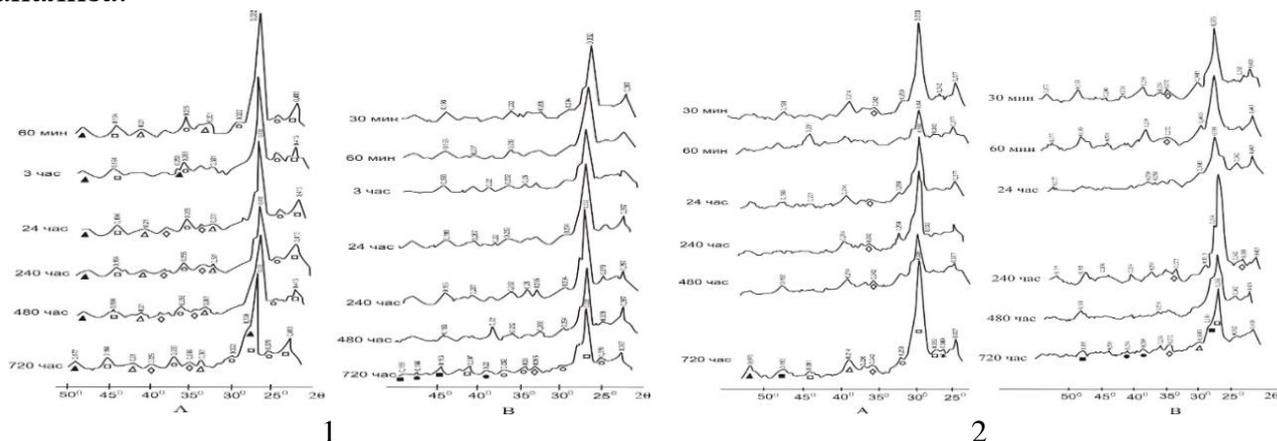


Характер взаимодействия растворов  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  с жидким стеклом не зависит от его концентрации и модуля. Судя по изменению показателя светопреломления, при взаимодействии гидроксида кальция с жидким стеклом, через несколько часов образуется тонкая, беловатая, мутная зона шириной до 10 мкм, которая состоит из кремнекислоты с  $N_{\text{cp}}$  в пределах 1,410-1,430. Она разделяет растворы жидкого стекла и гидроксида кальция.

Таким образом, одновременно с дегидратацией жидкого стекла протекает гидролиз  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , ускоряющийся в присутствии щелочи, вследствие чего выпадает гель. При этом первоначально происходит налипание жидкого стекла на зернах  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . При перемешивании шихты вследствие увеличения поверхности соприкосновения частиц  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  с жидким стеклом и ускорения по этой причине обезвоживания жидкого стекла имеет место быстрого образования  $\text{SiO}_2$  - геля.

Данные о механической прочности и химической устойчивости порфиритовых и порфиристо-волластонитовых композиций в среде питательных солей дрожжевого производства согласуются с результатами исследований фазового состава и микроструктуры композиций, которые были

исследованы комплексным использованием физико-химических методов анализа.



**Рис.4. Диффрактограммы порфиритовой (1) и порфирито-воластонитовой (2) композиции, твердевшей: А – на воздухе; В – в среде питательных солей (□-кварц,○-альбит,Δ-кальцит, ▲ - Na<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub>, ► -Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, ■-CaF<sub>2</sub>, ●-NaF, \*-воластонит, ◇-биотит)**

На рентгенограммах порфиритовой кислотостойкой композиции (рис. 4), твердевшей на воздухе, фиксируются линии кварца ( $d = 0,413; 0,332; 0,194$  нм); альбита ( $d = 0,379; 0,322; 0,255$  нм); биотита ( $d = 0,265; 0,229$  нм), кальцита ( $d = 0,21; 0,30$  нм). Наряду с ними обнаружены межплоскостные расстояния характерные для кристаллов Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> ( $d = 0,253$  нм) и Na<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub> ( $d = 0,334; 0,177$  нм). С увеличением времени гидратации интенсивность указанных соединений, входящих в состав порфиритовой композиции несколько уменьшается. Появляющиеся линии, характерные для Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, говорят о взаимодействии не вошедшего в реакцию с Na<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub> щелочи силиката натрия с CO<sub>2</sub> воздуха по реакции:



Эта реакция протекает с малой скоростью, т.к. диффузия CO<sub>2</sub> в глубь материала замедляется из-за появления на его поверхности плотной пленки, повышающая атмосферостойкость композиции. Фиксируются линии Na<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub>, характерные линии NaF отсутствуют, что свидетельствует о неполном протекании реакции между Na<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub> и жидким стеклом.

На диффрактограммах порфиритовой замазки, твердевшей в среде питательных солей, межплоскостные расстояния, характерные для альбита и биотита менее интенсифицированы, размыты. К 720 часам выдержки размытость сильно выражена. На диффрактограммах наблюдаются линии виллиомита NaF ( $d = 0,232; 0,166$  нм), интенсивность которых уменьшается с продолжительностью гидратации, что свидетельствует о полном протекании реакции между кремнефтористым натрием и жидким стеклом с образованием NaF и геля кремневой кислоты. С продолжительностью гидратации образцов в питательной среде отчетливо прописываются на рентгенограммах кристаллы флюорита CaF<sub>2</sub> ( $d = 0,193; 0,165$  нм). За счет образования геля кремневой кислоты и кристаллических фаз флюорита химическая устойчивость

порфириновой композиции повышена, что подтверждается механическими данными.

Дифрактограммы модифицированной порфириновой композиции (рис. 2), твердевшей в воздушных условиях, показывают, что основная масса камня гидратируется к 720 часам. Затем процесс резко замедляется, о чем свидетельствует интенсивность линий образовавшихся продуктов гидратации  $\text{CaF}_2$  ( $d = 0,193$  нм) и в небольшом количестве  $\text{CaSiF}_6$  ( $d = 0,175$  нм), образовавшийся за счет изоморфного замещения ионов натрия на ионы кальция. Прорисовываются в небольшом количестве линии волластонита ( $d = 0,340$  нм). На дифрактограммах порфириновой композиции, модифицированной волластонитом в среде питательных солей выявлены межплоскостные расстояния, характерные кристаллам флюорита  $\text{CaF}_2$  ( $d = 0,193; 0,314$  нм) и  $\text{CaSiF}_6$  ( $d = 0,175$  нм). Наряду с ослабленными по интенсивности линиями сохранившихся силикатов кальция присутствуют слабые, принадлежащие наиболее сильным линиям кальцийсодержащих соединений. Эти данные свидетельствуют о протекании процесса гидролиза силикатов кальция и образование не только гидросиликатов, но и безводных силикатов пониженной основности.

Модифицирование порфириновой кислотостойкой композиции приводит к упрочнению и повышению химической устойчивости за счет образования дополнительного количества геля кремневой кислоты, а также фтористо-кальциевых соединений, придающих структуре упорядоченное, равномерное, мелкодисперсное состояние.

Возникающие новообразования в порфириновой композиции находятся в состоянии высокой дисперсности. Продуктами взаимодействия между силикатом натрия и кремнефтористым натрием является  $\text{NaF}$  и гель кремневой кислоты по реакции:

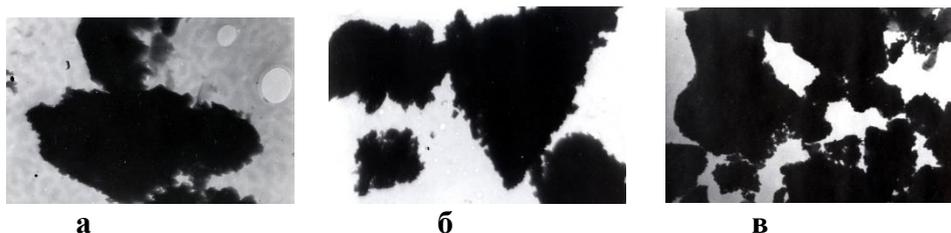


Таким образом, исследования фазового состава порфириновой и порфирито-волластонитовой композиций показали, что процесс гидратации идет с поверхности и твердение происходит за счет образования фтористо-кальциевых соединений, кальцийсодержащих силикатов, а также геля кремневой кислоты в виде пленки, препятствующей проникновению агрессивных сред вглубь материала.

На дериватограммах порфириновой композиции, твердевшей на воздухе 240 часов наблюдается несколько размытый эндоэффект при  $150-180^\circ\text{C}$ . Этот эффект при 720 часов смещается до  $150-160^\circ\text{C}$  и выражен более четко. В питательных средах указанные эндоэффекты размыты.

Введение волластонита углубляет эндоэффект, вызванный тем, что волластонит коагулирует жидкое стекло с выделением аморфных осадков. На термограммах порфирито-волластонитовых образцов, хранившихся как на воздухе, так и в растворе питательных солей, имеется большой эндоэффект при температуре  $150-200^\circ\text{C}$ , соответствующий обезвоживанию геля кремневой кислоты.

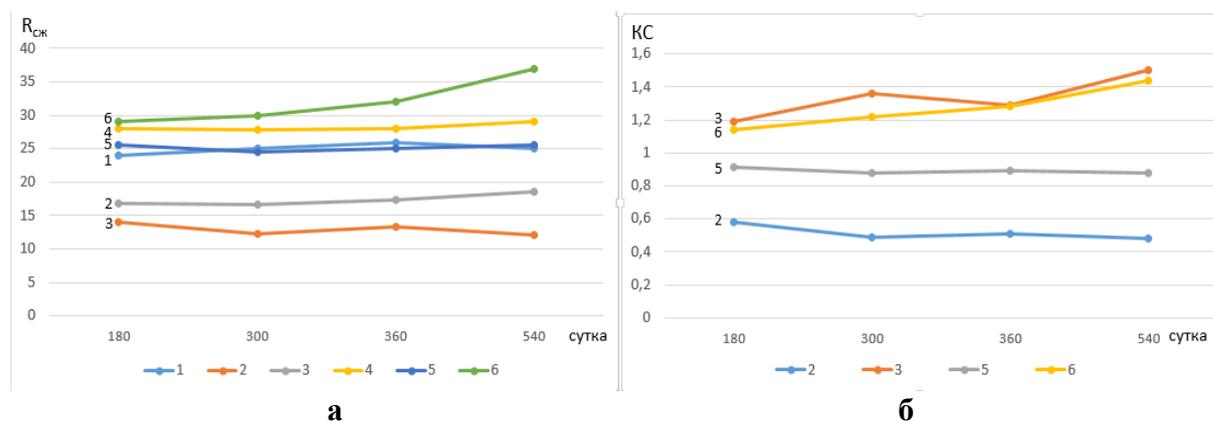
На электронно-микроскопических снимках порфирито-волластонитовой композиции, твердевшей 240 часов в среде питательных солей на фоне закристаллизованного стекла, обнаруживается большое количество гелеобразной массы, заполняющей пространство между кристаллическими соединениями. К 720 часам в гелеобразной массе обнаруживаются различные формы кристаллических соединений, которые позволяют достичь замазке высокой химической устойчивости. Введение волластонита ещё больше ускоряет образование большого количества гелеобразной массы и повышает прочность композиции.



**Рис. 5. Электронные микрофотографии поверхности скола порфирито-волластонитовой композиции (x 8000 раз), твердевшей в среде питательных солей в течении: а) 240 часов; б) 480 часов; в) 720 часов**

При физико-химических исследованиях жидкостекольных композиций на основе порфирита при взаимодействии с агрессивной средой гидролизно-спиртового производства показатели механической прочности порфиритовых замазок на воздухе и в воде несколько занижены и соответственно коэффициент стойкости низкий, к 540 суткам при твердении в водной среде его значение снижается до 0,43 (рис.6).

С введением волластонита механическая прочность и химическая устойчивость во всех средах растут и к 540 суткам повышается: на воздухе - до 29,0 МПа, в воде - 24,6 МПа, в растворе - 36,9 МПа. Водостойкость составляет 85%, химическая устойчивость составляет 150%.

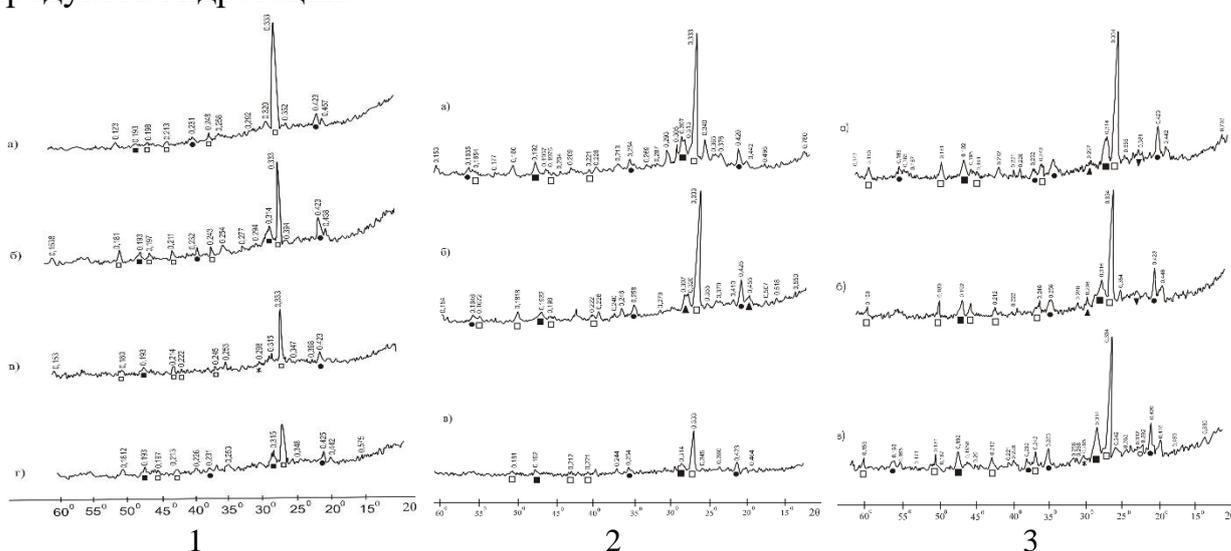


**Рис. 6. Зависимость предела прочности (а) и коэффициента стойкости (б) порфиритовой (1,2,3) и порфирито-волластонитовой (4,5,6) композиций от времени твердения в среде гидролизно-спиртового производства**

Повышенная прочность модифицированной порфиритовой композиции обусловлена образованием нерастворимых соединений, сопровождающих самоторможение процесса, следовательно - уменьшение скорости коррозии.

Введение волластонита указывает на вероятность возникновения гидросиликатов кальция и кремнегеля совместно с другими продуктами новообразований, образующихся на поверхности материала в результате соприкосновения с агрессивной средой. Упрочнение порфирито-волластонитовых жидкостекольных композиций обуславливается дегидратацией жидкого стекла и гидролизом кальцийсодержащих силикатов, вызывающих коагуляцию жидкого стекла, ускоряющих выпадение геля кремневой кислоты.

На рентгенограммах порфиритовой и порфирито-волластонитовой композиций (рис. 7) обнаружены структурные превращения, которые проявляются в переходе от аморфно-кристаллического состояния к практически полной аморфизации материала. В водной среде (рис. 7 (1)) отчетливо видна разница дифракционных максимумов образовавшихся соединений. Наряду с линиями кварца и других составляющих порфирита имеются дифракционные максимумы характерные для  $\text{NaF}$  ( $d=0,423; 0,231\text{ нм}$ ) и менее интенсивные  $\text{CaF}_2$  ( $d=0,193; 0,315\text{ нм}$ ). С увеличением возраста твердения до 1 года фазовый состав практически не изменяется, снижается только интенсивность линий кварца. С модифицированием состава природным волластонитом картина несколько меняется. Интенсивность дифракционных максимумов выше указанных соединений снижается. Дифракционные максимумы размыты, что говорит о растворении и взаимодействии составляющих композиций с образованием аморфных продуктов гидратации.



**Рис. 7. Дифрактограммы порфиритовых (а,б) и порфирито-волластонитовых (в,г) композиций, твердевших в водной среде (1) в течении 28 (а и в) и 360 (б и г) суток; порфиритовой (2) и порфирито-волластонитовой композиции, твердевшей в среде раствора гидролизного спирта в течении а) 28, б) 360, в) 540 суток (□-кварц, ○-альбит, ▲- $\text{Na}_2\text{SiF}_6$ , ▼- $\text{CaSiF}_6$ , ■- $\text{CaF}_2$ , ●- $\text{NaF}$ , \*-волластонит)**

Дифрактограмма порфиритовой композиции (рис.7 (2)) в среде раствора гидролизного спирта идентична дифрактограммам композиции в водной среде. В начальные сроки твердения межплоскостные расстояния, характерные для кристаллических фаз более интенсифицированы, наблюдаются линии  $\text{Na}_2\text{SiF}_6$  ( $d = 0,455; 0,307$  нм), которые с увеличением возраста твердения исчезают. К 540 суткам рентгенограмма представлена в основном линиями  $\text{NaF}$ ,  $\text{CaF}_2$  и размытость характеризует об увеличении геля кремневой кислоты.

Рентгенограмма порфирито-волластонитовой композиции (рис. 7 (3)) в среде раствора гидролизного спирта отличается интенсивностью линий  $\text{NaF}$  и  $\text{CaF}_2$ , особенно, к 540 суточному возрасту образцов, что свидетельствует о равномерной мелкокристаллической структуре порфирито-волластонитовой композиции.

Электронно-микроскопические исследования показали, что на поверхности порфиритовой композиции, погруженной в среду гидролизного спирта, через 28 суток возникают бугорки роста. Постепенно бугорки разрастаются до соприкосновения друг с другом, превращаясь в зерна – чешуйки. В результате постепенного растворения исходных материалов, сопровождающихся гелеобразованием, происходит заполнение межслоевого порового пространства. На фоне стеклофазной массы наблюдаются контактные зоны кремнефтористого натрия с жидким стеклом.

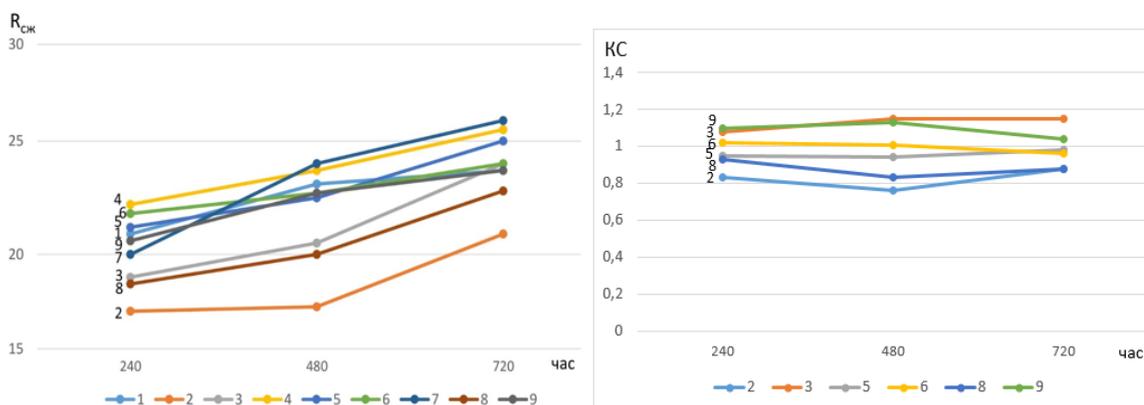
Введение волластонита приводит к появлению кристаллов флюорита кубического габитуса и срастающихся кристаллов различной формы  $\text{CaSiF}_6$  и  $\text{NaF}$ . Межслоевое пространство кристаллов заполнено жидким стеклом. Это говорит о том, что микроструктура порфирито-волластонитового состава мелкокристаллическая, плотная и согласуется с прочностными данными.

Таким образом, полученные прочностные показатели и химическая стойкость кислотоупорных композиций на основе порфирита позволяют предположить, что порфиритовые композиции могут использоваться при футеровке технологического оборудования, работающего в условиях агрессивных сред спиртодрожжевого и гидролизного производств, обеспечивают химическую стойкость футеровки при длительной ее эксплуатации.

**В четвертой главе «Исследование влияния полимерных добавок на физико-химические свойства и стойкость композиций из жидкого стекла и разработка их эффективных составов»** изучено влияние полимерных добавок на физико-химические свойства и стойкость жидкостекольных композиций. С целью улучшения строительных свойств кислотоупорной замазки и получения на их основе растворов и бетонов нами изучалось влияние полимерных добавок из отходов производства (ГКЖ-94, фуриловый спирт, фурановая смола, кубовый остаток производства фурфурола и фурилового спирта). Отмечено, что прочностные показатели порфиритовой замазки с добавкой 0,2% ГКЖ-94 стабильно возрастают и к 360 суточному возрасту в растворах на натриевом основании составляют 25 МПа,  $\text{КС}=1,04$ ;

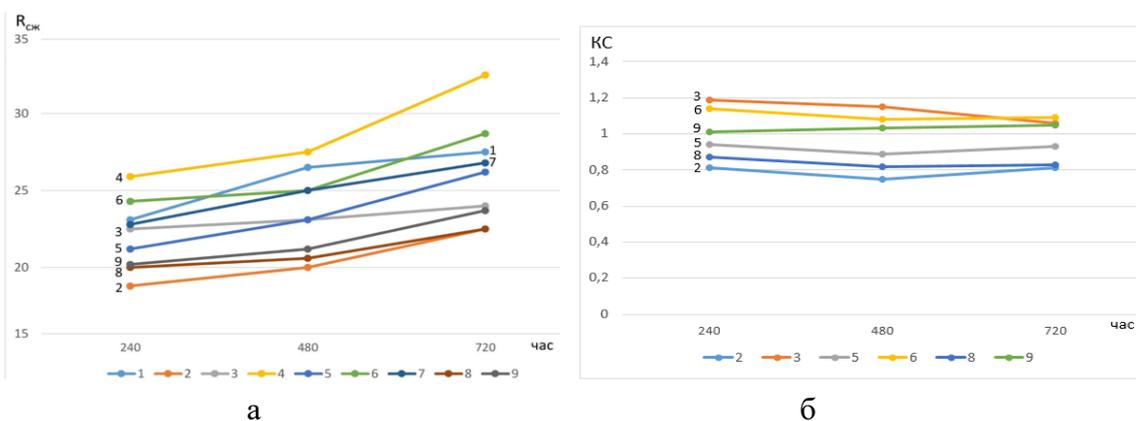
на аммониевом основании - 28МПа, КС=1,16; у порфиристо-волластонитовой композиции на натриевом основании - 29МПа, КС=1,03 и на аммониевом основании - 36,5МПа, КС=1,32.

Установлено, что в присутствии добавок кремнийорганических соединений процесс структурообразования в начале твердения несколько замедляется, однако, замедляющее действие компенсируется за счет ускорителя твердения -  $\text{Na}_2\text{SiF}_6$ , что позволяет получить гидрофобно-газовыделяющийся состав, который вероятно, и приводит к значительному повышению коррозионной стойкости порфиристовой композиции в средах варочных кислот.



образцы, твердевшие: 1-в воздухе; 2- в воде; 3-в агрессивной среде

**Рис. 8. Придел прочности (а) и коэффициент стойкости (б) порфиристовой композиции с добавлением С<sub>2</sub> в количестве 0,5% (1,2,3), 1% (4,5,6), 2% (7,8,9)**



образцы, твердевшие: 1-в воздухе; 2- в воде; 3-в агрессивной среде

**Рис. 9. Придел прочности (а) и коэффициент стойкости (б) порфиристо-волластонитовой композиции с добавлением С<sub>2</sub> в количестве 0,5% (1,2,3); 1% (4,5,6); 2% (7,8,9).**

В результате исследований по изучению влияния полимерных добавок С<sub>1</sub>-кубового остатка производства фурфурола и С<sub>2</sub>-кубового остатка производства фурилового спирта, выявлено, что с введением добавки С<sub>2</sub> в количестве 1 % прочностные показатели у порфиристовой композиции (рис.8) намного выше чем с добавкой С<sub>1</sub>; но порфиристо-волластонитовый состав с

добавкой С<sub>2</sub> (рис. 9) в количестве 1% обладает высокой механической прочностью. К 720 часам механическая прочность при твердении на воздухе – 32,6 МПа, в воде -26,2 МПа, в агрессивной среде – 28,7 МПа.

Таблица 2.

**Результаты исследования адгезионных свойств порфиритовой и порфирито-волластонитовой композиций**

Номера составов, с добавкой С <sub>2</sub> - 1%,	Материалы	Предел прочности образцов на растяжения, МПа, в среде	
		Воздушной	агрессивной.
I	Керамика	1,5	1,1
	Металл	1,99	1,15
II	Керамика	2,3	2,0
	Металл	2,5	2,1

Исследование адгезионной способности композиции к различным материалам (металлу, керамике) показало (табл. 2), что наибольшими адгезионными свойствами обладает порфирито-волластонитовая замазка.

Рентгенографическим, дифференциально-термическим, ИК-спектроскопическим методами анализа изучили фазовый состав порфиритовой и порфирит-волластонитовой композиций с добавкой С<sub>2</sub>. Выявлено, что упрочнение составов обусловлено химическим и межмолекулярным взаимодействием компонентов. При введении органической добавки С<sub>2</sub> происходит упрочнение коллоидной матрицы, что приводит к улучшению коррозионных свойств.

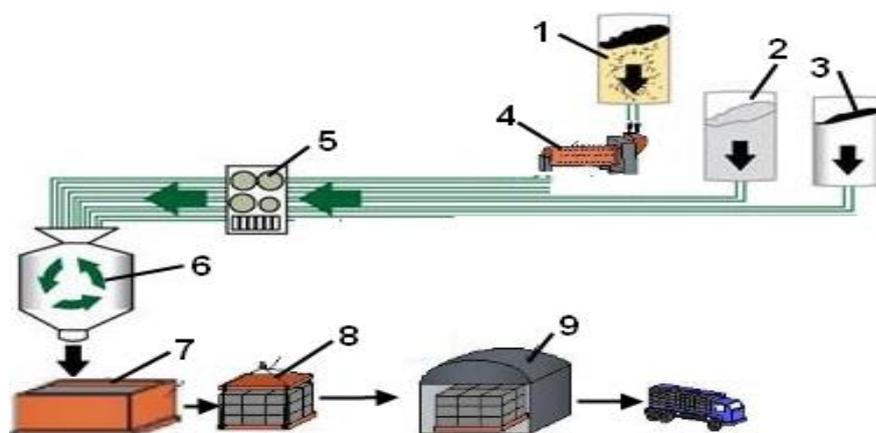
В процессе структурообразования конгломерата участие принимают все компоненты композиций, обуславливая высокую когезию и адгезию между ними. С помощью добавок, выполняющих роль буфера, за счет образования плотной непроницаемой структуры, обеспечивается высокая коррозионная стойкость композиции в промышленных средах спиртово-дрожжевого производства.

**В пятой главе «Разработка технологии получения созданных антикоррозионных композиций на основе жидкого стекла и полимерных добавок, их выпуск и опытно-промышленное испытание, получение покрытий из них для футеровки химических оборудования и их эффективность» разработана технология получения антикоррозионных композиционных силикатных материалов для защиты оборудования, работающих под воздействием агрессивной среды (Рис. 10).**

Представлены результаты испытаний новых составов коррозионностойких материалов и приведен расчет экономической эффективности и технология приготовления замазки. Завершающим этапом работы является обмуровка порфирито-волластонитовой композиций внутреннего слоя варочного котла при производстве гидролизного спирта на ООО «Наманганвино».

Результаты испытаний показали, что стойкость футеровки из порфиритовой кислотостойкой замазки на 15-20% выше, чем у используемой

на заводе андезитовой замазки, что связано плотным запираем швов опытной футеровки при температурах и агрессивных средах, образованием плотной полимеризованной структуры замазки и его меньшей проницаемостью.



**Рис. 10. - Схема производства антикоррозионного композиционного материала**

Положительные результаты проведенных испытаний позволяют рекомендовать к внедрению высококачественные жидкостекольные композиции при обмуровке конструкций и аппаратов, работающих в агрессивных средах варочных кислот сульфитной целлюлозы и спиртово-дрожжевых производств.

Расчетный ожидаемый экономический эффект от выпуска и применения 1т антикоррозионных композиционных силикатных материалов составил 12539000 сум, а при получении 10 т материала ожидаемая экономическая эффективность будет составлять 125390000 сум в год.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

1. На основе комплексных исследований порфириновых пород Бекабадского месторождения разработаны оптимальные составы высокопрочных коррозионностойких жидкостекольных композиций с высокими физико-механическими показателями для применения в растворах питательных солей дрожжевого производства, в агрессивных средах при варке целлюлозы и гидролизного производства.

2. Установлено, что щелочь, не прореагировавшая с  $\text{Na}_2\text{SiF}_6$ , взаимодействует с активным кремнеземом порфирита, образуя щелочные гидросиликаты, при этом структура материала не разрушается, даже несколько упрочняется за счет повышения кремнеземистого модуля жидкого стекла, приводящего к образованию более плотной структуры.

3. Модифицированием порфиритовой жидкостекольной композиции, нетрадиционным для кислотоупорных материалов природным волластонитом,

характеризующимся особенностями минералогического состава, обоснована высокая водостойкость композиции.

4. Определены образование щелочных гидросиликатов при модификации связующего активными органическими добавками, действующими как связующий агент, за счет адсорбции их на поверхности порфирита и волластонита и в результате смачивания они становятся гелеобразными и увеличивается прочность при сжатии и растяжении.

5. Рекомендовано программное обеспечение на языке Турбо-Паскаль для использования в теоретических расчетах разработанное, описывающее процесс определения прочности кислотостойких композиций на основе порфира и получено уравнение регрессии для определения основных физико-механических свойств.

6. Выявлено протекание процесса гидратации с поверхности и коагуляция коллоидного кремнезема, выделяющегося в результате синерезиса жидкой фазы высыхания, сжатия и уплотнения геля, а также образование поликремниевых кислот и анизотропной пространственной структуры происходит за счет процесса поликонденсации.

7. Разработана высокоэффективная технология получения жидкостекольных композиций на основе местного сырья, рекомендованы для использования при создании кислото-непроницаемой мембраны в подплиточном слое футеровки и заполнения швов между плитками при защите оборудования, работающих в агрессивных средах.

**TASHKENT STATE TECHNICAL UNIVERSITY  
NAMED AFTER ICLAM KARIMOV  
SCIENTIFIC COUNCIL DSc.03/30.12.2019.K/T.03.01  
ON THE AWARDING OF SCIENTIFIC DEGREES  
AT STATE UNITARY ENTERPRISE «FAN VA TARAKKIYOT»**

---

**STATE UNITARY ENTERPRISE «FAN VA TARAKKIYOT»**

**YULCHIEVA SURAYO BAKHRAMOVNA**

**DEVELOPMENT OF EFFECTIVE COMPOSITIONS OF  
ANTICORROSIVE COMPOSITE MATERIALS AND TECHNOLOGY  
FOR OBTAINING COATINGS FOR THE PROTECTION OF CHEMICAL  
INDUSTRY EQUIPMENT**

**02.00.07 - Chemistry and technology of composite, varnish-and-paint and rubber materials  
05.02.01 – Materials science in mechanical engineering. Foundry. Heat treatment and  
processing of metals under pressure. Metallurgy of ferrous, non-ferrous and rare metals.  
Technology of non-ferrous, precious and radiactiv metals (technical sciences)**

**DISSERTATION ABSTRACT  
OF DOCTOR OF TECHNICAL SCIENCES (DSc)**

**Tashkent-2021**

The title of the dissertation of Doctor of Science (DSc) has been registered by the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan with registration numbers of B2021.4.DSc./T467.

The dissertation has been carried out at the State unitary enterprise «Fan va tarakkiyot».

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

**Scientific supervisors:**

**Negmatov Sayibjan Sadikovich**

doctor of technical sciences, professor,  
Academician of the Academy of Sciences of the  
Republic of Uzbekistan

**Negmatova Komila Sayibjanovna**

doctor of technical sciences, professor

**Official opponents:**

**Talipov Nigmatilla Khamidovich**

doctor of technical sciences, senior researcher

**Yusupov Farxod Makhkamovich**

doctor of technical sciences, professor

**Rustamov Rakhmatilla Murodovich**

doctor of technical sciences, professor

**Leading organization:**

**Andijon mashinasozlik institute**

The defense of the dissertation will take place on «28» December 2021 at 14:00 at a meeting of Scientific council DSc.03/30.12.2019.K/T.03.01 at Tashkent State technical university named after Islam Karimov at State unitary enterprise «Fan va tarakkiyot» (Address: 100174, Tashkent, Almazar district, Mirzo Golib street, 7a. Tel.: (99871)246-39-78; fax: (99871) 227-12-73, E-mail: [fan va taraqqiyot@mail.ru](mailto:fan_va_taraqkiyot@mail.ru)).

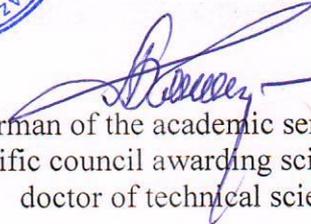
The dissertation can be reviewed at the Informational Resource Center of the State unitary enterprise «Fan va tarakkiyot», (is registered under N32) ((Address: 100174, Tashkent, Almazar district, Mirzo Golib street, 7a. Tel.: (99871)246-39-78; fax: (99871)227-12-73, E-mail: [fan va taraqqiyot@mail.ru](mailto:fan_va_taraqkiyot@mail.ru)).

The abstract of the dissertation sent out on «15» December 2021 y.  
(mailing report № 32-21 dated «03» December 2021 y.)



  
**T.O. Kamolov**  
Chairman of the scientific council  
awarding scientific degrees,  
doctor of technical sciences

  
**M. E. Ikramova**  
Scientific secretary of the scientific council  
awarding scientific degrees,  
candidate of chemical sciences, senior researcher

  
**A.M. Eminov**  
Chairman of the academic seminar under the  
scientific council awarding scientific degrees,  
doctor of technical sciences, professor

## INTRODUCTION

[abstract of the dissertation of Doctor of Science(DSc)]

**The aim of the research** is to develop effective compositions of anticorrosive composite materials and technology for obtaining coatings for the protection of chemical industry equipment.

**The objects of the researchwork are** porphyrites of the Bekabad deposit, sodium silicofluoride, liquid sodium glass, wollastonite of the Koytash deposit and polymer additives.

**Scientific novelty of the research work:**

the regularities of the process of hydration and structure formation of liquid-glass compositions in aggressive environments of hydrolysis alcohol production have been established;

it was found that during the hydrolysis of liquid glass, the alkali that did not react with sodium silicofluoride corrodes the filler grains, as a result, a stronger connection of the filler with the gel of silicic acid is provided with the formation of alkaline hydrosilicates that pass into a gel-like state when moistened;

it is revealed that in the composition, the structure is strengthened by increasing the silica modulus, since such glasses are more polymerized and have a dense structure of their silicon-oxygen framework and thereby create the best conditions for high cementation of porphyrite particles and wollastonite with the formation of a composite with a monolithic, high-strength, water- and acid-resistant structure;

the mechanism of corrosion of materials on binders modified with polymer additives in the nutrient salts medium of sulfite-cellulose production has been established. Acting as a crosslinking agent and adsorbed on filler particles, polymer additives contribute to the formation of chemical bonds of the binder with the filler with the formation of hydrosilicates;

it is revealed that the hardening is caused by the processes of coagulation and polycondensation, which provide the formation of a spatial structure and condensation of silanol groups (SiOH) with the formation of Si-O-Si bonds, contributing to the production of a material with high impermeability, strength and corrosion resistance;

physicochemical studies have established the order of occurrence of insoluble compounds on the surface of liquid-glass compositions, which together with gel reaction products form a fine-crystalline, uniform structure that provides increased chemical stability of the material in various corrosive environments.

**Implementation of research results.** Based on the conducted scientific research on the development of compositions and technology for obtaining anticorrosive composite materials and coatings from them for the protection of chemical industry equipment, the following results were obtained:

the developed anticorrosive composite liquid glass materials and coatings based on them are implemented as an anticorrosive coating for lining the work surface (ACT on production testing and implementation, reference Agency for Alcohol and Tobacco Market Regulation and Development of Winemaking of the Republic of Uzbekistan No. 02-19/2462 dated 15.07.2021). As a result, it became

possible to increase the resistance to aggressive environments, the operability and efficiency of chemical industry equipment, labor productivity, and reduce energy and resource consumption of equipment.

**The structure and volume of the thesis.** The structure of the dissertation consists of an introduction, five chapters, a conclusion, a list of references and an appendix. The volume of the dissertation is 185 pages of computer text.

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

**I-бўлим (I-часть; I-part)**

1. Юлчиева С.Б. О некоторых проблемах защиты химического оборудования от агрессивных сред// Композиционные материалы. –Ташкент, 2009. -№4.- С.74-75 (02.00.00 №4).
2. Юлчиева С.Б. Физико-химические процессы, протекающие при твердении силикатных композиций// Композиционные материалы. –Ташкент, 2010. -№1.- С.70-71(02.00.00 №4).
3. Юлчиева С.Б. Пути повышения химической стойкости композиций на основе жидкого стекла// Композиционные материалы. – Ташкент, 2010. -№2.- С.77-78 (02.00.00 №4).
4. Юлчиева С.Б., Мухамедбаева З.А., Негматова К.С., Мадаминов Б.М., Рубидинов Ш.Ф. Изучение физико-химических свойств порфириновых жидкостекольных композиций в агрессивной среде // Universum: Технические науки. -Москва, 2021. № 8(89). Часть 1. -С. 90-94 (02.00.00 №1).
5. Мадаминов Б.М., Юлчиева С.Б., Негматова К.С., Кучкаров У.К., Рубидинов Ш.Ф., Негматов С.С. Антикоррозионная порфириновая композиция с упрочненной структурой для защиты оборудования химической промышленности // Композиционные материалы. -Ташкент, 2021. №3, -С.43-45. (02.00.00 №4).
6. Рубидинов Ш.Ф., Юлчиева С.Б., Негматова К.С., Кучкаров У.К., Мадаминов Б.М., Негматов С.С. Кимё саноати корхоналари ускуналарини коррозиядан ҳимояловчи композицион материаллар олишда порфиритларни қўллаш // Композицион материаллар. -Тошкент, 2021. №3, -С.187-190. (02.00.00 №4).
7. Юлчиева С.Б., Негматова К.С., Мадаминов Б.М., Негматов С.С., Рубидинов Ш.Ф., Кучкаров У.К. Эффективные высокопрочные силикатные композиции на основе местных сырьевых материалов // Композиционные материалы. -Ташкент, 2021. №3, -С.205-206. (02.00.00 №4).
8. Юлчиева С.Б., Негматова К.С., Кучкаров У.К., Мадаминов Б.М., Негматов С.С., Рубидинов Ш.Ф., Халмуратова З.К. Жидкостекольные антикоррозионные композиции модифицированные связующими и наполнителями // Композиционные материалы. -Ташкент, 2021. №3, -С.206-207. (02.00.00 №4).
9. Юлчиева С.Б., Негматов С.С., Негматова К.С., Мамуров Э.Т., Мадаминов Б.М., Рубидинов Ш.Ф. Повышение коррозионностойкости композиционных материалов с добавлением полимерных добавок // Universum: Технические науки. -Москва, 2021. № 10(91). Часть 1. -С. 48-52 (02.00.00 №1).
10. Мадаминов Б.М., Юлчиева С.Б., Негматова К.С., Кучкаров У.К., Рубидинов Ш.Ф., Негматов С.С., Улмасов Т.У., Мамуров Э.Т.,

Антикоррозионные композиционные силикатные материалы для защиты оборудования химической промышленности // Universum: Технические науки. -Москва, 2021. № 10(91). Часть 3. -С. 61-65 (02.00.00 №1).

11. Юлчиева С.Б., Мадаминов Б.М., Тураев Т.Т., Мамуров Э.Т., Нишонова Ф.Ф. Выбор средство защиты из композиционных материалов для деталей химического оборудования // Илмий техника журнали. -Фарғона, 2021. № 5. -С. 48-51 (05.00.00 №20).

12. Юлчиева С.Б., Мадаминов Б.М., Тураев Т.Т., Мамуров Э.Т., Нишонова Ф.Ф. Изучения процессы возникающие при отверждении композиционных материалов для получения кислотоупорных композиций на основе жидкоко стекла // Илмий техника журнали. -Фарғона, 2021. № 5. -С. 52-56 (05.00.00 №20).

## II булим (II часть) (II part)

13. Мухамедбаева З.А., Юлчиева С.Б., Хужамбердиев М., Юнхуа Х. Effect of waste polymer additives on the properties of acid resistant composites// G.U.Journal of Science, Ankara Turkey, 2008, 21 (3), 105-112.

14. Мухамедбаева З.А., Юлчиева С.Б., Хужамбердиев М. Use of natural and thermally activated porphyrite in cement production// Construction and Building Materials, USA, 2009, 23,2757-2762.

15. Юлчиева С.Б., Мухамедбаева З.А. Физико-химические основы формирования структуры порфиритовой композиции на основе жидкого стекла// Материалы республ. научно-технической конференции «Получение нанокompозитов, их структура и свойства», 2007г., 5-6 июль, - Ташкент, стр. 121-123.

16. Юлчиева С.Б., Исследование влияния кремнефторидов на физико-механические свойства кислотоупорных композиций//«Композиционные материалы: структура, свойства и применение», Материалы республ. научно-технической конференции. 2008. 27-28 июнь, - Ташкент -С. 214.

17. Юлчиева С.Б., Рентгенографические исследования физико-химических свойств кислотоупорных композиций//«Технологи и переработки местного сырья и продуктов». Сб.тр. РНТК, 22-23 октября 2009 г. – Ташкент: ТХТИ, 2009.-С.119.

18. Мухамедбаева З.А. Юлчиева С.Б. Исследование физико-химических свойств кислотоупорных композиций//«Технологи и переработки местного сырья и продуктов». Сб.тр. РНТК, 22-23 октября 2009 г. – Ташкент: ТХТИ, 2009.-С.120.

19. Юлчиева С.Б. Влияние полимерных добавок на свойства неметаллических нанокompозиционных материалов// Материалы республ. научно-технической конф. «Композиционные материалы на основе техногенных отходов и местного сырья: состав, свойства и применение». – Ташкент, 15-16 апреля 2010 г. – С.297.

20. Юлчиева С.Б., Негматов С.С., Абдуллаева Р.И. Физико-химические исследования порфиритовых цементов в агрессивных средах// Академический

журнал Западной Сибири, Материалы научно практической конференции с международным участием «Естественные науки: достижения нового века». – Шарджа (ОАЭ), 2-5 августа 2011. -№2.-С.67-68.

21. Мадаминов Б.М., Юлчиева С.Б., Негматова К.С., Рубидинов Ш.Ф. Исследование влияния кремнефторидов на физико-механические свойства кислотоупорных композиций // Республиканская научно-техническая конференция Ресурсо-и энергосберегающие, экологические безвредные композиционные материалы. Материалы конференции 25-26 апреля 2019 г., Ташкент, с. 425-426.

22. Рубидинов Ш.Ф., Юлчиева С.Б., Негматов С.С., Негматова К.С., Мадаминов Б.М. Исследования физико-химических свойств кислотоупорных композиций // Международная Узбекско-Белорусская научно-техническая конференция Композиционные и металлополимерные материалы для различных отраслей промышленности и сельского хозяйства. Материалы конференции 21-22 мая 2020 г., Ташкент, с. 459-460.

23. Юлчиева С.Б., Негматов С.С., Негматова К.С., Мадаминов Б.М., Рубидинов Ш.Ф. Стойкость кислотоупорных композиций // Международная научно-техническая конференция Композиционные материалы на основе техногенных отходов и местного сырья: состав, свойства и применение. Материалы конференции 16-17 сентября 2021 г., Ташкент, с. 166-167.

24. Мадаминов Б.М., Юлчиева С.Б., Негматова К.С., Рубидинов Ш.Ф. Исследования антикоррозионных свойств порфириновых жидкостекольных композиций в агрессивной среде // Международная научно-техническая конференция Композиционные материалы на основе техногенных отходов и местного сырья: состав, свойства и применение. Материалы конференции 16-17 сентября 2021 г., Ташкент, с. 194-196.

25. Рубидинов Ш.Ф., Юлчиева С.Б., Негматова К.С., Мадаминов Б.М. Влияния кремнефторидов на физико-механические свойства антикоррозионных композиционных материалов // Международная научно-техническая конференция Композиционные материалы на основе техногенных отходов и местного сырья: состав, свойства и применение. Материалы конференции 16-17 сентября 2021 г., Ташкент, с. 196-197.

Автореферат «Композицион материаллар» журнали таҳририятида 25.12.2020 йилда таҳрирдан ўтказилди.

