

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

ИСЛОМ КАРИМОВ номидаги **ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА**
УНИВЕРСИТЕТИ «ФАН ВА ТАРАҚҚИЁТ» ДАВЛАТ УНИТАР
КОРХОНАСИ

ТУЛЯГАНОВА ВАСИЛА СУНАТИЛЛАЕВНА

МАШИНАСОЗЛИК УЧУН ЭЛЕКТРОКЕРАМИКА КОМПОЗИЦИОН
МАТЕРИАЛЛАРИНИНГ САМАРАЛИ ТАРКИБИ 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 БЎЙИЧА ФАН ДОКТОРИ (DSc)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ

Тошкент – 2021

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

Туляганова Васи́ла Сунатиллаевна

Машинасозлик учун электрокерамика композицион материалларининг самарали таркиби ва олиш технологиясини ишлаб чиқиш.....3

Туляганова Васи́ла Сунатиллаевна

Разработка эффективных составов и технология получения электрокерамических композиционных материалов машиностроительного назначения.....26

Tulyaganova Vasila Sunatillaevna

Development of effective compositions and technology for producing electro-ceramic composite materials for machine-building purposes.....48

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ

List of published works52

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

**ИСЛОМ КАРИМОВ номидаги ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА
УНИВЕРСИТЕТИ «ФАН ВА ТАРАҚҚИЁТ» ДАВЛАТ УНИТАР
КОРХОНАСИ**

ТУЛЯГАНОВА ВАСИЛА СУНАТИЛЛАЕВНА

**МАШИНАСОЗЛИК УЧУН ЭЛЕКТРОКЕРАМИКА КОМПОЗИЦИОН
МАТЕРИАЛЛАРИНИНГ САМАРАЛИ ТАРКИБИ 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 БЎЙИЧА ФАН ДОКТОРИ (DSc)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

Тошкент – 2021

Фан доктори (DSc) диссертация мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2021.4.DSc/Т462 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Ислом Каримов номидаги Тошкент давлат техника университети «Фан ва тараккиёт» давлат унитар корхонасида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгашнинг веб-саҳифасида (www.gupft.uz) ва «Ziyonet» Ахборот-таълим порталида (www.ziyonet.uz) жойлаштирилган.

Илмий маслаҳатчилар:

Негматов Сайибжан Садикович –
ЎзР ФА академиги т.ф.д., профессор

Абдуллаева Раиса Исматовна - техника
фанлари доктори, профессор

Расмий оппонентлар:

Талипов Нигматилла Хамидович -
техника фанлари доктори, катта илмий
ходим

Кадырова Зулайхо Раимовна – кимё
фанлари доктори, профессор

Тураходжаев Нодир Джахонгирович -
техника фанлари доктори, профессор

Етақчи ташкилот:

Фарғона политехника институти

Диссертация ҳимояси Ислом Каримов номидаги Тошкент давлат техника университети «Фан ва тараккиёт» давлат унитар корхонаси ҳузуридаги DSc.03/30.12.2019.КТ.03.01 рақамли Илмий кенгашнинг «18» декабрь 2021 йил соат 14⁰⁰ даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100174, Тошкент ш., Мирзо-Ғолиб кўчаси, 7а-уй. Тел.: (99871) 246-39-28; Факс: (99871) 227-12-73; e-mail: fan_va_taraqqiyot@mail.ru, «Фан ва тараккиёт» ДУК, 2-кават, анжуманлар зали).

Диссертация билан «Фан ва тараккиёт» давлат унитар корхонасининг Ахборот-ресурс марказида (рўйхатга олинган №31-21) танишиб чиқиш мумкин. (Манзил: Тошкент ш., Мирзо-Ғолиб кўчаси, 7а-уй. Тел.: (99871) 246-39-28; Факс: (99871) 227-12-73).

Диссертация автореферати «б» декабрь 2021 йилда юборилди.
(2021 йил 25 ноябрдаги № 31-21 рақамли реестр баённомаси).


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


М.Э. Икратова
Илмий даражалар бериш бўйича
илмий кенгаш котиби, к.ф.н., к.и.х.


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

КИРИШ (фан доктори (DSc) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурияти. Дунёда электрокерамика материаллари энергетика, кимё, металлургия, машинасозлик, радиотехника ва бошқа соҳаларда кенг қўлланилмоқда. Шу жиҳатдан электрокерамика материаллари ва улардан тайёрланган маҳсулотларга талаб бир неча баробар ортган. Электрокерамика материаллари ва улар асосидаги буюмларни ишлаб чиқаришнинг самарали таркиблари ва технологик жараёнларини ишлаб чиқиш, шунингдек, уларни электротехника ва машинасозликда машина ва механизмларида қўллаш муҳим аҳамиятга эга.

Жаҳонда саноатнинг электрокерамика ва машинасозлик соҳаларида қўлланилиши мумкин бўлган, физик-механик ва электризацияцион хусусиятларга эга бўлган, экологик ва кимёвий жиҳатдан тоза маҳсулотларни олиш имконини берувчи минерал хомашё ва саноат чиқиндиларини қайта ишлашнинг тежамкор усулларини яратиш мақсадида илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Бу борада электрокерамика композицион материалларни олиш усулларини ишлаб чиқиш, тальк минераллари асосида электроизоляцияцион хоссага эга бўлган электрокерамика материалларининг турлари ва самарали таркибларини олиш ҳамда ресурс тежамкор технологияларини яратиш алоҳида аҳамият касб этади.

Республикада маҳаллий хомашёлар асосида композицион электрокерамика материалларини тадқиқ этиш ва яратиш бўйича илмий тадқиқотлар олиб борилиб, муайян натижаларга эришилмоқда. Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар Стратегияси дастурида «...инновацион ютуқларни амалиётга жорий этишнинг самарали механизмларини рағбатлантириш...»¹ бўйича муҳим вазифалар белгиланган. Бу борада жумладан, маҳаллий ва иккиламчи хомашёлардан электрокерамика материалларини олиш усулларини яратиш, уларга иссиқлик билан ишлов бериш ва механик фаоллаштириш жараёнини ўрганиш, электрокерамика материаллари ва улардан маҳсулотлар олишнинг самарали таркиблари ва энергия-тежамкор технологияларини ишлаб чиқиш алоҳида аҳамиятга эга ҳисобланади.

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

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

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 ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги. Мазкур тадқиқот республика фан ва технологиялар ривожланишининг VII. «Кимёвий технология ва нанотехнология» устувор йўналишларига мувофиқ бажарилган.

Диссертация мавзуси бўйича хорижий илмий тадқиқотлар шарҳи². Электрокерамика ва машинасозлик соҳаларидаги илмий тадқиқотларга ва саноат чиқиндиларини комплекс қайта ишлаш асосида янги электрокерамика композицион материаллар яратиш технологиясини ишлаб чиқаришга йўналтирилган тадқиқотлар дунёнинг етакчи илмий марказлари ва олий таълим муассасалари, жумладан «Электрокерамика» илмий-тадқиқот маркази, (Польша), Электрон материаллар институти (Арманистон), Материалшунослик миллий институти (НИМС) (Япония), Шимолий Каролина Давлат университети (АҚШ), Technische Universität Darmstadt, (Германия), «Электрокерамик» илмий-тадқиқот маркази, Бутуниттифок электрокерамика илмий-тадқиқот ва технологик-лойиҳа институти (ВНИИЕК) (Россия), Ўзбекистон Республикаси Фанлар академияси Умумий ва ноорганик кимё институти, Тошкент кимё-технология институти ва Тошкент давлат техника университети «Фан ва тараққиёт» давлат унитар корхонасида (Ўзбекистон) олиб борилмоқда.

Жаҳонда саноат чиқиндиларини қайта ишлаб янги композицион материаллар яратиш ва технологиясини ишлаб чиқиш ҳамда мавжуд технологияларни такомиллаштиришга оид олиб борилган тадқиқотлар бўйича бир қатор илмий натижаларга эришилган, жумладан: тальк асосида электрокремика композицион материалларнинг самарали таркиби ва улар асосида керамик изоляторларнинг тайёрлаш усуллари ишлаб чиқилган («Электрокерамика» илмий-тадқиқот маркази, Польша). Ҳозирда тупроқ, доломит ва каолиндан фойдаланиш бўйича (Бутуниттифок электрокерамика илмий-тадқиқот ва технологик-лойиҳа институти (ВНИИЕК), Россия ва Материалшунослик институти, Technische Universität Darmstadt, Германия каби муассасаларда) кенг кўламли тадқиқотлар олиб борилмоқда.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Керамика ва электрокерамика материаллари соҳасида қуйидаги таниқли олимлар ўзларининг маълум хиссаларини кўшганлар: А.И. Августиник, Г.Н. Масленникова, Г.А. Выдрик, Х.О. Гевоян, И.А. Булавин, П.П. Будников, Ф.Я. Харитонов, Н.С. Костюков, Н. Schneider, А.К. Chakraborty, W.C. Weil, К.Х. Schuller, В. Эйтель, Е.Ф.

² Диссертация мавзуси бўйича хорижий илмий тадқиқотлар шарҳи: https://www.tu-darmstadt.de/http://icimb.pl/icimb_ru/science/research-and-development-works, <https://dic.academic.ru/dic.nsf/bse/153712>, <https://www.citywalls.ru/house13893.html>, <https://eltechceram.ru/about>, <https://www.researchgate.net/publication> ва бошқа манбаалар.

Полукэктова, И.Х. Мороз, Ж.А. Выдрин, V. Vouillement, В.И. Верещагин, С.Е. Берецева, С.А. Суворов, Ito Akio, J.J. Blanc, С. Roumezi, А.Э. Энглунд, Н.Н. Murray, В.А. Карманов, В.П. Паничев, Ф.Х. Таджиев, Н.А. Сирождинов, А.Х. Исмаилов, А.П. Эркаходжаева, И. Азимов, Р.И. Абдуллаева, А.М. Эминов, ва бошқалар.

Мавжуд ишларни таҳлил қилиш асосида шуни таъкидлаш керакки, электрокерамика материаллар хомашёси, электрофизик ва бошқа эксплуатацион хусусиятларини ўрганиш бўйича маълумотлар ва тадқиқотлар етарли эмас ва айниқса, тальк асосидаги электрокерамика материаллар ва улардан ясалган маҳсулотларни ишлаб чиқариш ҳақидаги маълумотлар батафсил ёритилмаган. Бу эса хомашёларнинг янги турларини излаш ва улардан электркерамика буюмлари, жумладан аппарат изоляторлари, ёндирувчи изоляторлари, паст кучланишли конденсаторлар, юқори ҳароратларда, вакуумда, агрессив муҳит ва бошқаларда ишлайдиган изоляторлар ишлаб чиқаришда қўллаш имкониятларини ўрганиш заруратини туғдиради. Диссертация иши ушбу муаммоларни ҳал қилишга бағишланган.

Тадқиқот мавзусининг диссертация бажарилган илмий- тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Ислон Каримов номидаги Тошкент давлат техника университети «Фан ва тараққиёт» давлат унитар корхонасининг илмий-тадқиқот ишлари режаларига мувофиқ амалий А-12-013 «Маҳаллий минерал хомашёлар асосида электротехника ва радиотехника саноати учун импорт ўрнини босувчи ва экспортга йўналтирилган электрокерамика композицион материаллар ва уларни олиш технологиясини ишлаб чиқиш» (2012-2014гг.) ва инновацион ИОТ-2015-7-6 «Маҳаллий ва иккиламчи хомашёлар асосида композицион электрокерамик материалларни самарали олиш технологиясини ўзлаштириш» (2015-2016гг.) мавзуларидаги лойиҳлари доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади машинасозлик учун электрокерамика композицион материалларининг самарали таркиби ва олиш технологиясини ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

маҳаллий хомашёларнинг кимё-минералогик таркибини, технологик хоссаларини, киздириш жараёнида содир бўладиган фаза ўзгаришларини комплекс ўрганиш;

хомашёларни иссиқлик билан ишлов бериш ва механик фаоллаштириш жараёнини ўрганиш;

ўрганилаётган хомашёларнинг физик-механик ва технологик хоссаларига, пишиш жараёнларига, электрокерамика массаларининг фазавий таркиби ва структура шаклланишига ҳароратнинг таъсирини ўрганиш;

маҳаллий хомашёлар ва шолени қайта ишлаш саноати кремнеземли чиқиндилари асосида электрокерамика композицияларининг таркибларни ишлаб чиқиш ва керамик–технологик ҳамда диэлектрик хоссаларини ўрганиш;

махаллий хомашёлар ва кремнеземли саноат чиқиндилари асосида электроизоляция керамик композицияларининг пишиш ҳароратига боғлиқ ҳолда фаза таркибини, микроструктурасини ҳамда фаза ҳосил бўлиш жараёни механизмини аниқлаш;

электркерамик композициясини керамик-технологик ва диэлектрик хоссаларига фаза таркибининг таъсирини, диэлектрик хоссаларининг пишиш ҳарорати ва электр майдони частотасига боғлиқлигини ўрганиш;

махаллий хомашёлар ва кремнеземли саноат чиқиндиси (гуручнинг қобиғидан олинган кремнезем) асосида электрокерамика композициясини самарали ишлаб чиқариш технологиясини яратиш, технологик регламентини ишлаб чиқиш ва уларни ишлаб чиқаришда синовдан ўтказиш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида тальк, лейкократли гранит, доломит, бентонит, каолин ва гуручнинг қобиғидан ҳосил бўладиган кремнеземли чиқинди (шолини қайта ишлаш саноат чиқиндиси) олинган.

Тадқиқотнинг предмети бўлиб маҳаллий хом ашёлар ва шолини қайта ишлаш саноати чиқиндиси асосида электрокерамика композицион материалларининг самарали таркиби, хом ашёларнинг кимёвий-минералогик, гранулометриқ таркиби, уларнинг физик-кимёвий ва технологик хоссалари ҳамда керамик-технологик ва диэлектрик хоссаларини ўрганиш ва улар асосида электроизоляция материаллар олиш, шунингдек қўлланиш самарадорлигини аниқлаш ҳисобланади.

Тадқиқотнинг усуллари. Диссертация ишини бажаришда рентгенографик, петрографик, электрон-микроскопик, дифференциал-термик таҳлил усуллари ва қабул қилинган стандарт усулларидан фойдаланилди.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

тальк асосида электрокерамик композицион материалларни ишлаб чиқариш технологиясининг илмий-назарий асослари ишлаб чиқилган;

дастлабки хомашёларнинг кимёвий ва минералогик таркиби ва хоссаларига қараб, уларнинг электрокерамика композицияларини ишлаб чиқаришда қўллаш мумкинлиги аниқланган;

физик-кимёвий текширишлар натижасида маҳаллий хомашёлар асосида электркерамик композиция таркибида микроструктураси шаклланишининг ўзига хослиги ва фаза таркиби аниқланди, бунда асосан стеатит ва кордиерит микдорининг юқорилиги, муллит, кристобалит, кварц ва шишасимон фазанинг мавжудлиги асосланган;

механик фаоллаштирилган маҳаллий хомашё ва иккиламчи ресурслар асосида хоссалари яхшиланган электрокерамика композицион материалларнинг самарали таркиблари ишлаб чиқилди ва уларнинг электр изоляция буюмлар ишлаб чиқаришда яроқлилиги аниқланган;

композиция массаларни пиширишда фаза ҳосил бўлиш жараёнининг қонуниятлари ҳамда янги ҳосил бўлган минералларнинг ҳажм бўйича тарқалиш характери аниқланган;

фаза ҳосил бўлиш жараёнининг ва шишасимон фазанинг керамик-технологик ва диэлектрик хоссаларига таъсир қилиш механизми ишлаб чиқилган;

электрокерамик композицион намуналарнинг керамика-технологик ва диэлектрик хоссаларининг ҳароратга боғлиқлиги аниқланган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

маҳаллий хомашёлар ва шолени қайта ишлаш саноати чиқиндилари асосида электростанцияларда юқори ва паст вольтли кучланишга эга электр тармоқларида ишлатиладиган стеатитли электрокерамика композицион материалларнинг самарали таркиби ишлаб чиқилган ва уларни олиш технологияси яратилган;

маҳаллий ва иккиламчи хомашёлар асосида машинасозликда ишлатиладиган импорт ўрнини босувчи кордиеритли электрокерамик композицион материалларнинг оптимал таркиби аниқланган ва олиш технологияси ишлаб чиқилган ҳамда электрокремика композицион материаллар ва улардан электр изоляцион маҳсулотлар олиш учун технологик регламенти ишлаб чиқилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги қўлланилган физик-кимёвий (петрографик, рентгенфаза, дифференциал-термик, ИҚ-спектроскопия, оптик микроскопия ва кимёвий таҳлиллар) ҳамда барча физик-механик усуллар билан асосланган. Электрокерамика композицион материалларнинг керамик-технологик ва диэлектрик хоссаларини аниқлаш натижалари математик-статистик усулида қайта ишланганлиги ва ишлаб чиқаришда қўлланганлиги билан изоҳланади.

Ишнинг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти маҳаллий хомашёлар ва саноат чиқиндисини механик фаоллаштириш ва иссиқлик билан ишлов бериш ҳамда маҳаллий хомашё ва ишлаб чиқариш чиқиндилари асосида композицион материалнинг микроструктураси ва фаза таркибини шакллантириш механизми, фаза ҳосил бўлиш жараёнининг керамик-технологик ва диэлектрик хоссаларига боғлиқлик қонуниятларини ўрнатиш орқали электрокерамика композицион материалларнинг самарали таркибларини ишлаб чиқиш билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти маҳаллий ва иккиламчи хомашёлардан фойдаланиш ва паст пишириш ҳароратида юқори электр изоляцион кўрсаткичларига эга бўлган композицион электрокерамика буюмларини яратиш ҳамда уларни электр тармоқлари, электротехника ва машинасозликда қўллаш билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Машинасозлик учун электрокерамика композицион материалларининг самарали таркиби ва олиш технологиясини ишлаб чиқиш бўйича олинган илмий натижалари асосида:

ишлаб чиқилган электрокерамик композицион материалларнинг самарали таркиблари «Олмалик КМК» АЖ «НМваҚҚ» ИИЧБда жорий этилган («Олмалик КМК» АЖнинг 2021 йил 24 ноябрдаги ХА-009604-сон маълумотномаси). Натижада, ишлаб чиқилган электрокерамика

материалларининг физик-механик ва электроизоляция хусусиятлари яхшиланган яъни механик мустаҳкамлиги 30% га ва электрик мустаҳкамлигини 8,0% ошириш имконини берган;

талък, лейкократли гранит, доломит, бентонит, каолин ва кремнеземли чиқинди асосида ишлаб чиқилган электрокремик композицияларнинг мақбул таркиблари «Олмалиқ КМК» АЖ «НМваҚҚ» ИИЧБда жорий этилган («Олмалиқ КМК» АЖнинг 2021 йил 24 ноябрдаги ХА-009604-сон маълумотномаси). Натижада, пишиш хароратини эталонга нисбатан 50 °С га камайиши, ёнилғи энергетик ресурсларини тежаш ва тайёр маҳсулот таннархини 22%га пасайтириш имконини берган;

яратилган самарали ишлаб чиқариш технологияси «Олмалиқ КМК» АЖ «НМваҚҚ» ИИЧБда жорий этилган («Олмалиқ КМК» АЖнинг 2021 йил 24 ноябрдаги ХА-009604-сон маълумотномаси). Натижада, органик пластификаторлар ўрнига сувдан фойдаланилиб, газ ва сувли ҳамда қаттиқ чиқиндиларни ҳосил қилмайдиган экологик тоза ишлаб чиқариш технологиясини олиш ва «Олмалиқ КМК» АЖнинг иқтисодий самарадорлигини ошириш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Тадқиқот натижалари 5 та халқаро ва 7 та республика илмий-амалий анжуманларида муҳокамадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Диссертация мавзуси бўйича жами 25 та илмий иш чоп этилган, шулардан, 1 та монография, Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг докторлик диссертациялари асосий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларда 12 та мақола, жумладан, 9 таси республика ва 3 таси хорижий журналларда нашр этилган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация таркиби кириш, олтита боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 179 бетни ташкил этган.

ИШНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурияти асосланган, тадқиқотнинг мақсади ва вазифалари тавсифланган, объекти ва предмети белгиланган, тадқиқотнинг Ўзбекистон Республикасида фан ва технологияларни ривожлантиришнинг устивор йўналишларга мослиги кўрсатилган, тадқиқот натижаларининг амалиётга жорий қилиш келтирилган, натижаларнинг апробацияси, чоп этилган ишлар ва диссертация тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

«Турли саноат тармоқларида ишлатиладиган электрокерамика материалларини олишнинг ҳозирги ҳолати» деб номланган диссертациянинг биринчи бобида электротехника ва машинасозликда соҳаларида физик-кимёвий тадқиқотларнинг замонавий ҳолати, электрокерамика саноатининг хомашё базаси ҳақида, талък асосидаги электркерамик композицияси таркибида хомашёларни ишлатишнинг

такомиллашуви, фаза ҳосил бўлиш жараёнини физик-кимёвий асослари ҳақидаги маълумотлар келтирилган.

Адабиётларга танқидий ёндашиб, маҳаллий ва иккиламчи хомашёлар асосида электркерамик композициясини самарали таркиби ва технологиясини яратиш борасидаги тадқиқотнинг асосий йўналишлари аниқланди.

Диссертациянинг «**Объектларни танлаш ва композицион электркерамика материалларни олиш ва физик-механик ва диэлектрик хоссаларини тадқиқот ўтказиш усуллари**» деб номланган диссертациянинг иккинчи бобида тажриба тадқиқотларини ўтказиш учун объектлар танлаш баён қилинган ва ҳар томонлама асосланган. Электркерамика композицион материаллари ва улардан маҳсулотларини олиш ва керамик-технологик ҳамда диэлектрик хоссаларини аниқлаш усуллари, шунингдек, натижаларни математик-статистик қайта ишлаш натижалари келтирилган.

Диссертациянинг «**Дастлабки маҳаллий хомашёларининг кимёвий ва минералогик таркиби ва хоссаларини ўрганиш**» деб номланган учинчи бобида электркерамик композицион материаллар ишлаб чиқариш учун маҳаллий ва иккиламчи хомашёларнинг кимёвий-минералогик таркиби ва физик-кимёвий хоссаларини ўрганиш бўйича олиб борилган тадқиқот натижалари акс эттирилган. Диссертация иши электркерамика материалларини ишлаб чиқариш учун зарур бўлган маҳаллий хомашёлар тальк, доломит, лейкократли гранит, бентонитнинг янги манбааларини ўрганишга бағишланган. Бундай хомашёларнинг қатламлари республикада жуда кўп. Тальк магнезитли электркерамика материалларнинг асосий компоненти ҳисобланади. Ўзбекистонда Қорақалпоғистоннинг Султонуйздаг конида улкан захирага эга тальк конлари мавжуд, географик характеристикалари геолог- олимлар томонидан ўрганилиб, захиралари Давлат захиралари қўмитаси томонидан тасдиқланган.

Петрографик таҳлил натижалари кўрсатдики, талькнинг асосий минерали магнезитдан, қўшимча сифатида кальцит, кварц, дала шпатилари ва бошқалардан ташкил топган. Магнезит юпқа кристалл структурага эга, кристаллари шаффоф, рангсиз, доначалари чўзилган формада, синиш кўрсаткичлари $N_q = 1,699$; $N_p = 1,509$ тенг. Қорақалпоқ тальки яшил-кулранг бўлиб, унинг кимёвий таркиби 1-жадвалда келтирилган.

1-жадвал

Қорақалпоқ талькининг кимёвий таркиби

Таркиб	К.Й.	Оксидларнинг миқдори, масс.%								
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	TiO ₂	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O
Тальк	13,03	38,06	7,69	7,95	4,2	27,35	-	-	0,57	0,18

Кимёвий текшириш натижалари шуни кўрсатдики, талькда магний оксидининг 27,35% гача борлиги билан характерланади ва талькнинг оловга бардошлиги 1570°С тенг.

Талькнинг фаза ўзгаришини хароратга боғлиқлиги ренгенфазавий таҳлил ёрдамида ўрганилди. Ренгенограммадан шуни аниқлаш мумкинки, куйдирилган тальк магний метасиликати, магний ортосиликати ва темир хлорит кристалл фазаларидан иборат. Магний метасиликати қатлам оралиғида чўққилари $d/n = 0,924; 0,462; 0,328; 0,316; 0,297; 0,288; 0,254$ нм, магний ортосиликати чўққилари $d/n = 0,1065; 0,336; 0,193$ нм ва темир хлорити чўққилари $d/n = 0,1354; 0,712; 0,478; 0,356; 0,285$ нм билан характерланади.

Петрографик таҳлил натижасида намунадаги магний ортосиликати ёруғликни синдириш кўстакичлари: $N_g=1,667$ ва $N_p=1,635$, магний метасиликати $N_g=1,657$ ва $N_p=1,640$ иборат эканлиги аниқланди.

Шундай қилиб, ўрганилаётган тальк асосан магний гидросиликатидан, магнезитдан иборат, унда қолдиқ (кўшимчалар) кўринишда кальцит, кварц, дала шпати ва бошқалар бор. Қиздириш вақтида тальк сувсизланади, ва яна харорат кўтарилиши натижасида магний метасиликати ҳосил бўлади.

Талькни текшириш натижаларини таҳлил қилиб, шундай хулоса қилиш мумкин, тальк электрокерамик материалларини пишириш вақтида жараёнларни тезлигини ва механизмини бошқариб туради, материални мустаҳкамлигини оширишга ёрдам беради.

Каттақўрғон бентонити ўзининг физик-кимёвий хоссалари ва захираларининг кўплиги нуқтаи назари билан, уни ўрганиш ўзида катта қизиқиш уйғотади. Зокиров М.З. ва бошқалар тупроқни ҳар томонлама ва батафсил ўрганишган. Текширилаётган бентонитни минералогик таркибини электрон-микроскопик, петрографик ва рентгенграфик методлари ёрдамида ўрганилди.

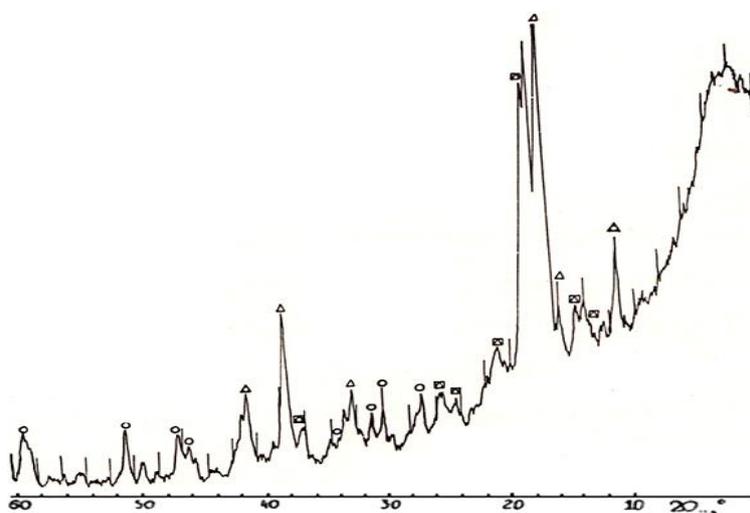
Ўтказилган таҳлил асосида бентонит монтмориллонит тупроғидан иборатлиги, сувда тез бўкиши ва тез майдаланиши билан характерланиши, унинг таркибида 50-57% монтмориллонит, 30-36% гидрослюдадар, 8-9% каолинит борлиги аниқланди. Қолдиқ холида эса кварц, микроклин кўринишидаги дала шпати, кальцит, турмалин ва сфен учрайди. Бентонитнинг пишиш харорати -1000°С, паст хароратда деформацияланади ва 1150°С да жипслашади, пишиш холатининг оралиғи 50°С. Оловга бардошлиги ва қийин эрийдиган тупроқга нисбатан, термик ишлов беришда бентонитнинг муллит ҳосил бўлиш жараёни паст хароратда (1150°С) бошланади. Шунинг учун уни электрокерамика структурасидаги кристалл фаза муллит ҳосил бўлишига интилувчи эрувчан деб қараш мумкин.

Бентонит яхши боғловчи ва қовушқоқлик қобилятига эга бўлгани учун, электрокерамик материалнинг оловга бардошли ва боғловчи компонент ўрнини босувчи сифатида ўзига нисбатан катта қизиқиш уйғотади. Ижобий кўрсаткичларга эга бўлган бентонитдан оловга бардошли

тупрок ўрнида фойдаланиш хомашё базасининг кенгайишига ва маҳсулотнинг таннархини пасайишига олиб келади.

Ушбу ишда биз Самарқанд вилоятининг «Высотное» конидан олинадиган лейкократли гранитни электрокерамика композицион материаллар ишлаб чиқаришда фойдаланиш имкониятини аниқлаш мақсадида танлаб олдик.

Микроскоп тахлили натижасида лейкократли гранитнинг тузилиши йирик кристалл ва йирик донали эканлиги аниқланди. Тоғ жинсларининг асосий таркибий қисмлари дала шпати ва кварцдир. Дала шпати калийли дала шпати ва плагиоклаз билан ифодаланadi. Калийли дала шпати аниқ панжарали тузилишга эга бўлган микроклинли доналардан ҳосил бўлади, донанинг ўлчами 20-55 мкм. Синиш кўрсаткичлари $N_p=1,518$; $N_q=1,525$. Плагиоклаз рангсиз, ўлчами 40 дан 60 мкм гача, синиши кўрсаткичлари $N_g=1,537$; $N_p=1,526$. Кварц доналари йирик, рангсиз, тартибсиз, синдириш кўрсаткичлари: $N_e=1,552$; $N_o=1,540$. Тўқ рангли минералларнинг лейкократли гранитда $N_p=1,603$ бўлган биотит $N_q=1,618$. 1-расмда лейкократовий гранитнинг рентген нурланишининг дифраксион схемаси кўрсатилган, бу расмдан кўришиб турибдики, лейкократли гранитнинг ўрганилаётган намунаси кварц, микроклин, албитдан иборат.



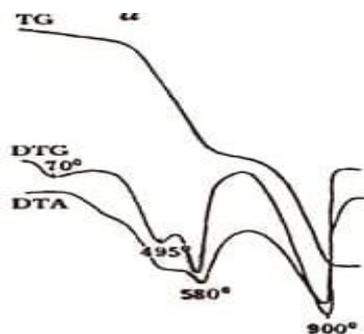
**1-расм. Лейкократли
гранитнинг
рентгенограммаси**

Бунда: O- кварц, Δ- микроклин,
□- микроклин ва альбит

Шундай қилиб, «Высотное» лейкократли гранит электроизолятор ишлаб чиқаришда ишлатиладиган пегматитлардан кимёвий таркиби билан бирмунча фарқ қилади. Минералогик таркибдаги фарқлар ҳам мавжуд, яъни лейкократли гранитдаги эркин кварц ва натрийли дала шпатынинг таркиби пегматитдан кўпроқдир.

Самарқанд вилояти «Сыпки» конидаги доломитнинг тавсифловчи геологик томонини геологлар А.О.Мирзаев, Х.Чинникуловлар томонидан ўрганилган, уларнинг маълумотларига кўра, доломитнинг захираси етарли. Доломитнинг кимёвий ва минералогик таркиби физик-кимёвий тадқиқот усуллари - кимёвий, иссиқлик, рентген нурлари дифраксияси, электрон-микроскопик тахлиллари билан ўрганилган.

2-расмда доломитнинг дериватограммаси кўрсатилган, бу ерда доломитнинг магний ва калций қисмларининг диссоциациясига мос келадиган 650 ва 880⁰С ҳароратларда икки томонлама эндотермик таъсир қайд этилади.



2-расм. «Сыпки» кони доломитининг дериватограммаси

Доломитнинг магний қисмининг эндотермик чўққиси 580⁰С, калцийники эса 900⁰С ҳароратга тўғри келади.

Электрон микрографияда натрий хлорид ва магний сульфат кристаллари мавжудлиги аниқланди, кристаллар деярли бир хил ўлчамдаги 15-20 микронга эга.

Иккинчи гуруҳдаги «Сыпки» конларининг ўрганилган доломити калций ва магний оксидлари таркибига кўра бой компонент бўлган иккинчиси оксидларнинг асосий таркибий қисмларидир, электрокерамика материалларини ишлаб чиқаришнинг физик-техник асосларини ишлаб чиқиш учун ҳам амалий, ҳам назарий аҳамиятга эга.

Турли хил ишлаб чиқариш чиқиндилари - иккиламчи хомашёлардан фойдаланиш, табиий минерал хомашё ресурсларининг иқтисодий самарасини оширади, бу эса керамика саноати хомашё базаларини кенгайтишига олиб келади. Ҳар йили Ўзбекистон буйича 30-35 минг тонна чиқиндилар ташлаб юборилади, қайсики уларга термик ишлов берилгандан сўнг, улар ўта муҳим кремнезмли хомашёларга айланади.

Профессор А.М.Эминов томонидан кимёвий таҳлил ёрдамида пиширилмаган, 1350⁰С да пиширилган шolini қайта ишлаш саноати чиқиндисини кимёвий таркиби аниқланган.

Шolini қайта ишлаш саноати кремнеземли чиқиндиси ўта муҳим кремнеземли хомашё сифатида катта амалий қизиқиш уйғотади. Бу чиқиндини электркерамика композицион материаллар ишлаб чиқаришда синовдан ўтказиш мақсадга мувофиқ деб ҳисобланади.

Диссертациянинг «Маҳаллий ва иккиламчи хомашёлар асосида стеатитли электрокерамика композицион материалларнинг самарали таркибларини ишлаб чиқиш ва хоссаларини ўрганиш» деб номланган тўртинчи бобида маҳаллий минерал хом ашёлар ва шolini қайта ишлаш саноат чиқиндиси асосида электрокерамика материалларини таркибларини яратиш, композицияларнинг петрографик, рентгенографик ва электрон-микроскопик таҳлил натижалари ҳамда керамик-технологик ва диэлектрик хоссаларини ўрганиш натижалари келтирилган. Адабиётлардан олинган

хулосалар ва хомашёларнинг кимёвий таркибига асосланиб композиция таркибини аниқладик (2-жадвал).

2-жадвал

Композицион намуналарнинг шихта таркиби

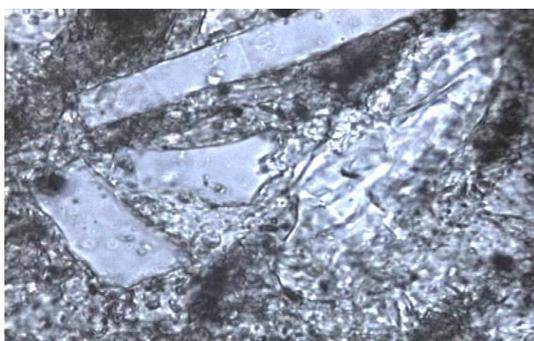
Хомашё номи	Композиция индекси, %								
	КМ ₁	КМ ₂	КМ ₃	КМ ₄	КМ ₅	КМ ₆	КМ ₇	КМ ₈	КМ ₉
Каолин	15	17	20	25	30	20	25	20	20
Тальк	21	22	20	35	30	35	45	50	55
Куйдирилган тальк	58	55	54	35	35	40	25	25	20
Бентонит	3	3	3	2	2	2	2	2	2
Кремнеземли чиқинди	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Барий кислотаси (BaCO ₃)	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Талькни таркибидаги намлик ҳисобига композицияни пишириш вақтида қисқариш кўпаяди. Пишиш жараёнида композициянинг қисқаришини камайтириш учун, талькни бир қисмини куйдириб олинади. Бунинг учун, талькни 1-2 мм улчовда майдалаб, кейин уни 1350⁰С ҳароратда пиширилади, охириги ҳароратда 30 дақиқа давомида ушлаб турилади. Пишиш ҳароратини пасайтириш учун таркибга барий кислотаси қўшилди. Намуналар лаборатория шароитида пластик (хамир) кўринишида тайёрланди. Кейин намуналар 1200, 1250, 1300, 1350⁰С ҳароратларда пиширилади.

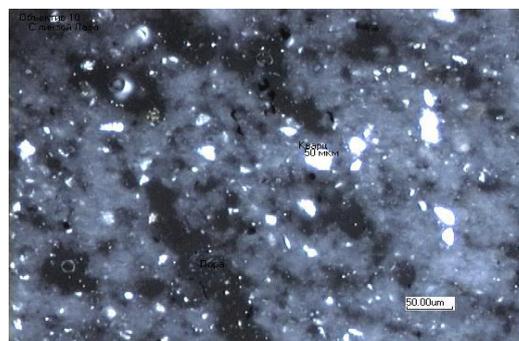
Намуналарнинг фаза таркиби алоҳида аҳамиятга эга, чунки уларни ишлатиш хусусияти шу таркибга боғлиқ. Намуналарнинг фаза таркиби петрографик, электрон-микроскопик ва рентгенграфик анализ методлари ёрдамида аниқланди.

КМ-2 композициясини 1200⁰С ҳароратда пиширилган намунасининг (2 а расм) структураси бир текис эмас, йирик донали, ғовақларга эга. У метатальк (N_g = 1,575; N_p=1,540); кварц (N_e = 1,552; N_o = 1,540); шишасимон фаза ва алоҳида метакаолинит доначаларидан иборат.

1350⁰С ҳароратда пиширилган намуна (2 - расм б) зич, бир текисли, майда кристалл структурага эга, асосан 2-6 мкм ўлчамли магний метасиликат фазасидан ташкил топган. Композиция асосан стеатит, муллит, кристобалит, кварц доначаларидан (N=1,578) ҳамда шишасимон фазадан иборат.



а)



б)

Турли ҳароратларда пиширилган намуналар, ⁰С: а) 1200; б) 1350
3-расм. КМ-2 композиция намуналарининг микрофотографияси

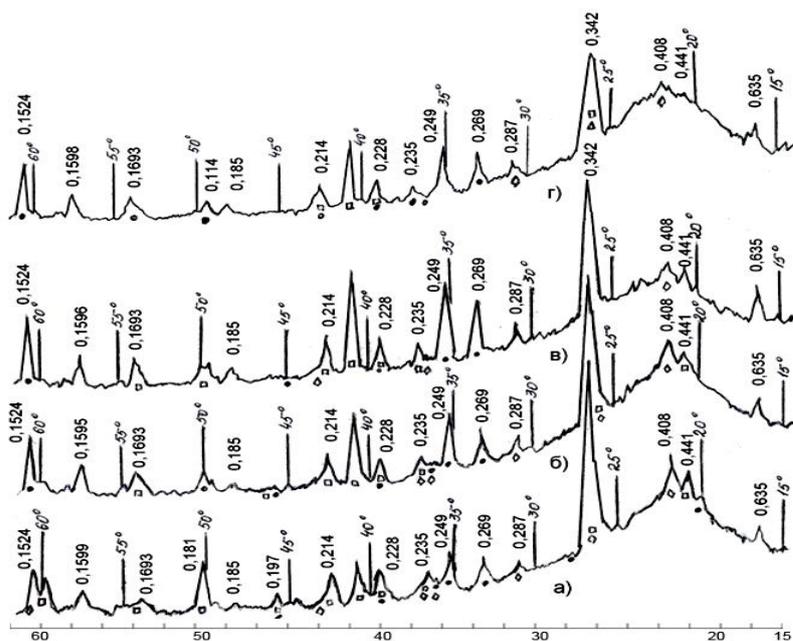
Кристалларнинг янги ҳосилалари шишасимон фазанинг юпқа зирх қатлами билан копланган. Магний метасиликатининг миқдори тахминан 55-61%. Композициянинг асосий қисмида нотўғри бўлакланган кварцнинг доначалари мавжуд, кварц доначалари қалинлиги 8-10 мкм ўлчамли эриган гардиш билан ўралган.

Шундай қилиб, петрографик изланиш натижалари шуни кўрсатдики, намуналарни пиширганда физик-кимёвий жараёнлар содир бўлади, натижада 55-61% миқдорда протоэнстатит кўринишдаги магний метасиликати, муллит ва шишасимон янги кристалл фазалар ҳосил бўлади.

1200 ва 1250⁰С ҳароратларда пиширилган композицион намуналарни электрон-микроскоп ёрдамида текширилди. Бу текшириш натижалари шуни кўрсатдики, стеатитли композицион материалининг КМ-2, КМ-3 массалари пиширилгандан сўнг бир-бирига ўхшаш, майдакристалл структурага эга, асосан магний метасиликати, кварц, муллит кристалл фазалардан ташкил топган. Композицияда кам миқдорда кварц доначалари учрайди.

1200⁰С ҳароратда майда қуринишли кристаллар ҳосил бўлиб, улар блок бўлиб жипслашади, 1250⁰С ҳароратда кристаллар йириклашади, улар думалоқ шаклга эга, аниқ кўринишли агрегат ҳолатга ўтади. Композицияларнинг пишиш ҳарорати кўтарилиб борган сари структура ҳосил бўлиш жараёни тўлиқ тугалланади, магний метасиликати, муллит ҳосил бўлиши жадаллашади, кварцнинг бир қисми кристобалит кўринишга ўтади, шишасимон фаза бу кристалл фазаларни бир-бири билан жипслаштиради.

Маҳаллий хомашёлар ва саноат чиқиндиси асосида композицион аралашмаларнинг 1200, 1250, 1300, 1350⁰С ҳароратларда пиширилган композициянинг намуналарини рентгенографик текшируви ўтказилди, КМ-2 композициянинг рентгенограммаси 4-расмда келтирилган.



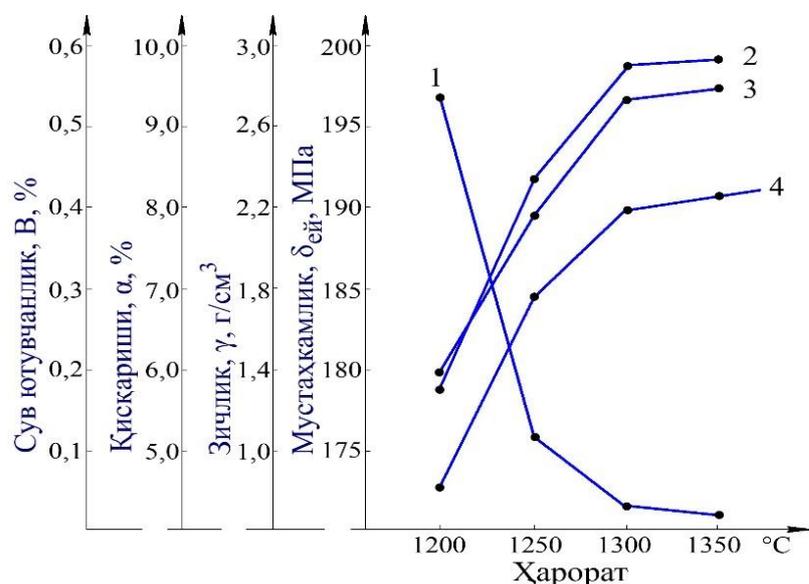
**4-расм. КМ-2
композиция
намуналарининг
рентгенограммалари**
Намуналарнинг пишиш
ҳарорати: ⁰С: а)1200, б) 1250,
в)1300, г)1350;
□ - протоэнстатит;
◇ - клиноэнстатит;
● - энстатит

Рентгенограммалар таҳлили шуни кўрсатдики, 1200⁰С ҳароратда пиширилган намунада кварц, метатальк, метакаолинитнинг кристалл фазалари мавжуд. 1250⁰С ҳароратда пиширилган намунада магний метасиликати, муллитнинг кристалланиши чўққиларининг пасайганлиги билан характерланади. 1300⁰С ҳароратда пиширилган намуналарда протоэнстатит кўринишдаги магний метасиликати кристалланиши жадаллашади, кристобалит ҳосил бўлиши 1350⁰С ҳароратгача чўққиларнинг жадаллашуви билан характерланади.

Шундай қилиб, маҳаллий хомашёлар ва шолини қайта ишлаш саноатининг кремнеземли чиқиндиси асосида яратилган стеатитли композицияларнинг тузилишида фаза ўзгариши жараёнини рентгенфаза анализ ёрдамида ўрганилди, электрокерамик композицион материалнинг фаза таркибида протоэнстатит, муллит, кварц, кристобалит ва кам микдорда клиноэнстатит ҳосил бўлиши аниқланди.

Электрокерамик материалларининг пишиш жараёни кўпгина факторларга боғлиқ, яъни шихта таркиби, хомашёларнинг кимёвий таркиби, пишиш вақтида содир бўладиган физик-кимёвий жараёнлар, керамик-технологик хоссаларининг характери ва бошқалар.

Стеатитли электрокерамик композицияларининг пишиш жараёни нисбий ўрганилди, яъни керамик-технологик хоссаларининг ўзгариш характери ҳароратга боғлиқ ҳолда ўрганилди, натижалари 5-расмда келтирилган.



5-расм. КМ-2 композициянинг сув ютувчанлиги (1), қисқариши (2), зичлиги (3) ва мустаҳкамлигининг (4) ҳароратга боғлиқлиги

5-расмда келтирилган маълумотларнинг таҳлили шуни кўрсатдики, пишиш жараёни иккин босқичда ўтади, бу босқичда ҳосил булган суюқ фаза таркибида эритмани қовушқоқлигини камайтириб, уни ҳаракатчан ва фаол қилувчи ишқорий ва ишқорий-ер оксидларга эга, 1200-1300⁰С ҳарорат оралиғида КМ-2, композицион массанинг зичлиги, мустаҳкамлиги, сувшимувчанлиги, қисқариши ва бошқа хоссаларининг сезиларли даражада ўзгариши кузатилади. 1350⁰С ҳароратдан юқорида эса зичлашиш даражаси камаяди. 1350⁰С ҳароратда зичлигининг камайиши очик ғоваклиликнинг

Ўзгариши билан тушунтирилади, 1350°C гача жадаллашган тарзда янги кристалл фазалар ҳосил бўлиб ва шу ҳароратда бу жараён тугайди. 1350°C ҳароратда эгилишга бўлган мустаҳкамлиги энг юқори кўрсаткичга эга бўлади, бундан юқори ҳароратда эса бу кўрсаткич камаяди, мустаҳкамликнинг энг юқори кўрсаткичлари ғоваклиликнинг ва сув шимувчанликнинг энг паст ҳароратига мос келади. $1300-1350^{\circ}\text{C}$ ҳарорат оралиғида намуналарининг каттик доначалари тўлик эриб суюқ ҳолатга ўтади, унинг миқдори заррачалар орасидаги ғовакни тўлдиришга етади, натижада сувшимувчанлик нолгача пасаяди. Ҳарорат ортиши билан қисқаришнинг ўзгариши бошқа хоссалар ўзгариши каби юз беради. Намуналарда 1350°C гача қисқариш бир текисда ортиб боради, 1350°C дан бошлаб қисқаришнинг камайиш жараёни кузатилади. Олинган натижаларга асосланиб, КМ-2 омехта 1350°C ҳароратда пишади дейишимиз мумкин.

3 ва 4-жадвалда композицион намуналарининг керамик-технологик ва диэлектрик хоссалари келтирилган ва бу жадваллардан кўришиб турибдики, турли таркибли композицияларнинг тажрибавий намуналари ўзининг керамик-технологик ва диэлектрик хоссалари бўйича бир-биридан фарқ қилади ва ГОСТ 24409-80 талабига жавоб беради. Ўзининг зичлиги, мустаҳкамлиги каби кўрсаткичларининг юқорилиги ва сувшимувчанлик кўрсаткичининг пастлиги жиҳатидан, тажрибавий намуналар орасида КМ-1, КМ-2, КМ-3 намуналар ажралиб турибди. Бу намуналарни 1350°C ҳароратда пиширилганда уларнинг керамик-технологик хоссаларининг кўрсаткичи қолган намунавий таркибларга нисбатан анча юқори.

3-жадвал

Композицион намуналарининг керамик-технологик хоссалари

Курсаткичларнинг номи	КМ ₁	КМ ₂	КМ ₃	КМ ₄	КМ ₅	КМ ₆	КМ ₇
Намлик, %	20	21	20	20	21	21	21
Ҳаводаги қисқариш, ($105-110^{\circ}\text{C}$), %	13,0	13,2	13,5	13,6	13,7	13,5	13,7
Оловдан қисқариши, %	9,5	9,7	9,6	9,8	9,8	9,9	10,1
Хажмий оғирлик, г/см ³	2,66	2,65	2,66	2,60	2,61	2,62	2,64
Умумий ғоваклилик, %	6,32	6,32	6,30	6,35	6,8	7,1	7,1
Сув шимувчанлик, %	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03
Зичлик, г/см ³	2,85	2,86	2,88	2,84	2,81	2,81	2,80
Сиқилишдаги мустаҳкамлик чегараси, МПа	192	190	195	192	190	185	186
ҲЧКК, $\cdot 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$	156	154	152	148	158	159	158

Ушбу намуналарнинг ҳароратдан чизиқли кенгайиш коэффиенти ($152-156$) $\cdot 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ оралиқда ўзгаради. Материал таркибидаги тупроқнинг миқдори ортиши билан тажрибавий намуналарнинг диэлектрик йўқотишнинг тангенс бурчаги ошиши тажрибадан аниқланди.

Композицион намуналарининг диэлектрик хоссалари

Курсаткичларнинг номи	Ишлаб чиқилган таркиблар, %						
	КМ1	КМ2	КМ3	КМ4	КМ5	КМ6	КМ7
Диэлектрик йўқотишнинг тангенс бурчаги, $20^{\circ}\text{C}; \cdot 10^4$	20	19	18	21	23	25	25
Диэлектрик сингдировчанлик	6,3	6,2	6,1	6,2	6,5	7,0	7,0
Солиштира хажм электр қаршилиги, $\cdot 10^{13}\text{ом} \cdot \text{см}$	6,8	7	7	6,3	6,1	5,9	6,2
Электр мустаҳкамлик, кв/мм	39	40	41	38	39	40	38

Стеатитли композицион материалларда уларнинг диэлектрик хоссаларини қиздириш ҳарорати ва электр токи частотасининг ўзгаришига боғлиқлиги катта аҳамиятга эга, чунки бу материаллар юқори ҳарорат ва частотада ишлатилади.

Шу муносабат билан, ушбу ишда диэлектрик сингдировчанлик, диэлектрик йўқотишнинг тангенс бурчаги ва солиштира хажм электр қаршилигининг пишиш ҳароратига боғлиқлиги ўрганилди. Стеатитли композицион материалда ҳароратнинг кўтарилиши билан диэлектрик сингдировчанликнинг ортиши, диэлектрик йўқотишнинг тангенс бурчаги 300°C ҳароратгача сезиларсиз ортиб бориши ва яна ҳароратнинг кўтарилиши билан кескин ортиб бориши аниқланди. Буни шундай изоҳлаш мумкин, ҳарорат кўтарилиши билан биринчидан, материал қизийди ва материал ичида кутбланиш ортиб, зарядлар ҳаракатланади, натижада, диэлектрик ичида материалнинг қизиши ва зарядларнинг ҳаракатланиши учун сафланадиган электр энергия миқдори ортади.

Пишиш ҳароратининг кўтарилиши билан солиштира хажм электр қаршилигининг кўрсаткичи камаяди. Электр токи частотасининг ортиши материал хоссасининг ўзгаришига таъсир этади. 0,3-30 мгц диапазонли частотада КМ-2 стеатитли композициянинг диэлектрик сингдировчанлиги (ϵ) ва диэлектрик йўқотишнинг тангенс бурчагининг ($\text{tg}\delta$) электр токи частотасига боғлиқлиги ўрганилди. Ўзгарувчан электр майдонинг 30 кгц частотасида ҳамма намуналарда диэлектрик йўқотишнинг тангенс бурчагининг ва диэлектрик сингдировчанлиги энг кам кўрсаткичга эга эканлиги аниқланди. 0,3 кгц частотада ҳамма намуналарда диэлектрик йўқотишнинг тангенс бурчагининг ва диэлектрик сингдировчанлиги энг юқори қийматга эга. Диэлектрик йўқотишнинг тангенс бурчагининг ҳароратга боғлиқлик характериға қараб шуни тахмин қилиш мумкинки, шишасимон фаза таркибидаги султ боғланган ишқорий металл ионларининг ҳаракати билан боғлиқ иссиқлик релаксацион жараёни келтириб чиқарадиган йўқотиш билан изоҳланади.

Магний метасиликати, муллит кристалл фазалари текширилаётган материаллар - КМ-2 ва КМ-3 фаза таркибини асосини ташкил этувчи сифатида ионлари зич жойлашмаган кристалл структурали диэлектрикка

киради. Бу кристаллар релаксацион кутбланиш билан характерланади ва шунинг учун диэлектрик йўқотишнинг ортишини келтириб чиқаради. Диэлектрик сингдрувчанликни ҳароратга боғлиқлигини диэлектрик йўқотишнинг тангенс бурчагини аниқланган механизм каби изохлаш мумкин.

Электр токи частотасининг ортиши диэлектрик йўқотишнинг тангенс бурчаги ва диэлектрик сингдрувчанликни камайишига олиб келиши, бундан ташқари, электр токи частотаси қанча кўп бўлса, бу параметрларнинг ҳароратга боғлиқлиги шунча кам бўлиши аниқланди.

Диссертация ишининг **“Маҳаллий ва иккиламчи хомашёлар асосида кордиеритли электрокерамика композицион материалларини таркиблари ва олиш технологияларни ишлаб чиқиш ва улардан буюмлар олиш”** деб номланган бешинчи бобида машинасозлик учун маҳаллий минерал хомашёлар ва саноат чиқиндилари асосида кордиеритли электрокерамика композицион материалларининг таркибларини ишлаб чиқиш ва керамик–технологик ва диэлектрик хоссаларини ўрганиш натижалари акс эттирилган.

Фақат талькдан ташкил топган зич пиширилган электрокерамика олиш учун юқори пишиш ҳарорати, пишган ҳолатининг тор диапазода талаб қилинади ва пишиш жараёни янада мураккаблашади. Массани қовушқоқлигини ошириш ва электрокерамиканинг пишиш ҳароратини пасайтириш учун таркибга юқориқовушқоқли материал бентонитни киритишга қарор қилинди. Мустаҳкам ва зич керамика олиш учун масса таркибига лейкократли гранит қўшилди. 5-жадвалда намуналарнинг таркиби берилган.

5-жадвал

Композицион намуналарнинг таркиби

Хомашёлар	Ишлаб чиқилган таркиб, %				
	К-1	К-2	К-3	К-4	К-5
Тальк	49	46	44	42	41
Каолин	26	28	30	32	34
Лейкократли гранит	14	12	10	8	5
Кремнеземли чиқинди	5	8	10	12	14
Бентонит	4	4	4	4	4
Доломит	2	2	2	2	2

Намуналарнинг керамик-технологик ва диэлектрик хусусиятларини аниқлаш ГОСТ 24409-80 талаби бўйича амалга оширилди, унинг натижалари 6 ва 7-жадвалларда кўрсатилган.

Натижаларга асосланиб шуни айтиш мумкинки, намунавий масса таркибига бентонит ва каолиннинг киритилиши текширилаётган массаларнинг пластиклигини оширади, массаларининг юқори қовушқоқлиги эса улардан йирик ўлчамдаги буюмлар қолиплаш имконини беради,

пишмаган ҳолатда ҳам уларни ташиш ва механик ишлов бериш учун етарли механик мустаҳкамликга эгадир.

6-жадвал

Кордиеритли композицион намуналарнинг керамик-технологик хусусиятлари

Хоссалари	Масса индекслари	Пишиш ҳарорати, °С			
		1200	1250	1300	1350
Сиқилишдаги мустаҳкамлик чегараси, МПа	К-1	60,7	69,65	80,16	85,82
	К-2	60,35	68,65	79,05	83,82
Зичлик, г/см ³	К-1	1,80	1,90	2,25	2,30
	К-2	1,87	1,92	2,10	2,31
Сув шимувчанлик, %	К-1	10,20	8,25	6,20	5,81
	К-2	9,99	7,39	6,83	6,21
Қисқариш, %	К-1	14,66	14,10	14,76	15,46
	К-2	13,76	15,03	15,16	15,30

6 ва 7-жадваллардан кўришиб турибдики, намуналарда механик ва электр мустаҳкамлик, зичлик ва қисқаришнинг ортиши, пишиш ҳароратининг ошиши билан сувнинг ютилишининг пасайиши кузатилади. Хусусиятлари бўйича К-1, К-2 массаларидан олинган намуналар энг юқори кўрсаткичларга эга. Улар юқори электр мустаҳкамлиги, юқори солиштирма хажм қаршилиги ва механик мустаҳкамлиги билан ажралиб туради. Ушбу массалардан олинган намуналар 1300-1350°С ҳарорат оралиғида энг яхши кўрсаткичларга эга.

Таблица 7

Композицион намуналарнинг диэлектрик хоссалари

Хоссалари	Кўрсаткичлар				
	К-1	К-2	К-3	К-4	К-5
Электр мустаҳкамлик, кв/мм	14	15	16	15	16
Солиштирма хажм электр қаршилиги, $\cdot 10^{13}$ Ом \cdot см	1,2	1,3	1,2	1,4	1,2
Диэлектрик сингдирувчанлик	6	7	6	7	7
Ҳароратда чизикли кенгайиш коэффициенти, $\cdot 10^{-6}$ С ⁻¹ , t=20-100 °С	1,2	0,5	1,2	0,4	1,8
	3,4	7,2	6,5	7,8	7,6

Кордиеритли электрокерамика композициясининг пишиш жараёнини характерловчи сувютувчанлиги, зичлиги, мустаҳкамлиги ва қисқариши хусусиятларининг ўзгариш характерини тадқиқ этиш натижасида тажриба массаларининг ишлаб чиқилган таркибларида пишиш ҳарорати одатдагидан

кўра 40-50⁰С га камайганлиги аниқланди. Юқоридагилардан келиб чиқадики, физик, механик ва диэлектрик хусусиятларнинг энг яхши кўрсаткичлари К-1, К-2 массасидан олинган намунага эга.

Кордиеритли электрокерамика композиция намуналарини пишириш вақтида фаза ҳосил бўлиш жараёнини аниқлаштириш учун пластик технологиядан фойдаланган ҳолда 10 мм куб шаклида синов намуналари тайёрланди. Намуналар лаборатория шароитида 105-110 °С ҳароратда доимий оғирликда қуритилган. Қуритилган намуналар сараланган ва 1200, 1250, 1300, 1350 °С ҳароратларда пиширилган, пишириш жараёни биз томонимиздан ишлаб чиқилган ва олдинги бўлимда келтирилган режимга мувофиқ амалга оширилди. Петрографик таҳлил тадқиқоти микроскоп ёрдамида иммерсион суюқлик препаратлари ва шаффоф юпқа кесмаларда ўтказилди.

1350 ° С да пиширилган намунанинг тузилиши майда кристалл, устун фазаси кордиеритдир, унинг кристалл доначаларини катталиги 1-2 мкм (N=1,527) иборат. Муллит миқдори сезиларли даражада (N=1,578), муллит доначаларининг ўлчами 3-4 мкм. Янги ҳосил бўлган кристаллари шишасимон фазанинг цементлайдиган нозик плёнкалари билан ўралган. Тахминий аниқлашда кордиеритнинг таркиби 55-60%га етади. Баъзи ҳолларда магний метасиликатининг алоҳида доначалари кўринади. Катта ҳажмда кварц доначалари атрофида 8-16 мкм қалинликдаги нотўғри чегарага эга бўлган тартибсиз бўлак шаклдаги кварц доначалари сезиларсиз миқдорда мавжуд.

Шундай қилиб, петрографик тадқиқот натижаларини таҳлил қилиб, мақбул ҳароратларда пишириладиган кордиеритли электрокерамиканинг намуналари майда доначали тузилишга эга бўлиб, кристалл ва аморф фазалардан иборат эканлиги аниқланди. Аморф фаза шишасимон фазани ўз ичига олади, унда улар енгил эрийдиган компонентлар - лейкократли гранит, бентонит ва бошқаларни эриши маҳсули ҳисобланади. Кристал фазалар сифатида α -кордиерит устунлик қилади, таркиби деярли 55-59% га етади, муллит, кварц, кристобалит доначалари учрайди.

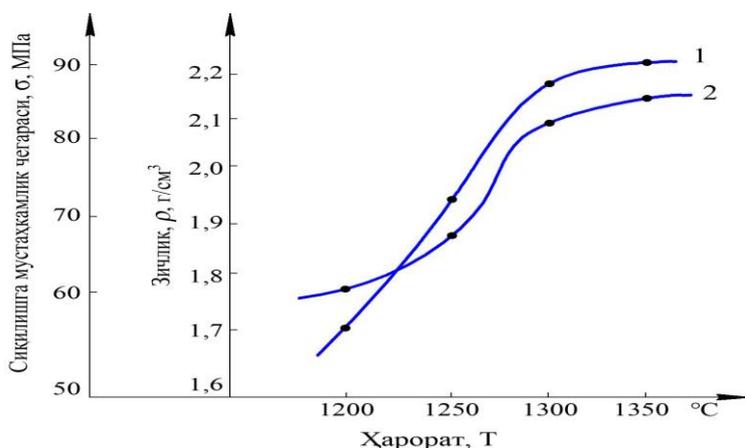
Ушбу бўлимда намуналарнинг пишиш ҳароратини кордиеритли электрокерамиканинг асосий хусусиятларига таъсири муҳокама қилинади.

6-расмдан кўриниб турибдики, пишиш ҳароратининг ошиши билан материалнинг зичлиги ошади, бу қийин-эрийдиган компонентларнинг эриши натижасида ҳосил бўлган шишасимон фазанинг заррачалар орасидаги бўшлиқни тўлдирилиши бу материалнинг қаттиқлашишига олиб келади, бу эгилишдаги мустаҳкамликнинг ўсиши графиги билан тасдиқланади.

7-расмда сув шимувчанлик ва қисқаришнинг пишиш ҳароратига боғлиқ равишда ўзгариш таснифи берилган.

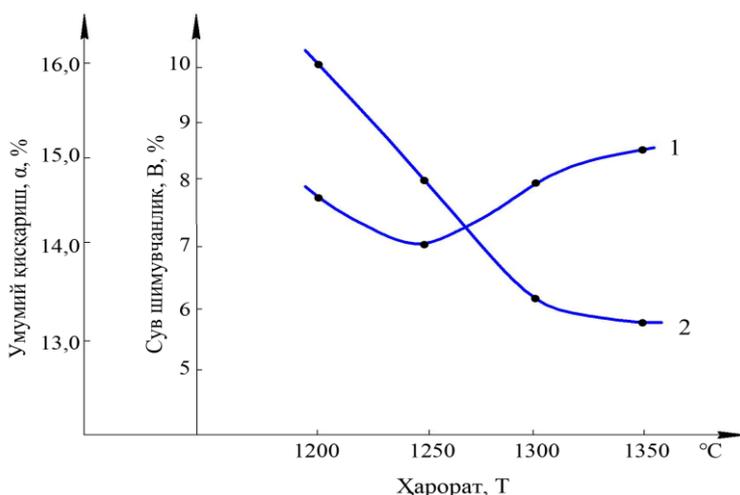
7-расмдан кўриниб турибдики, пишиш ҳароратининг ошиши билан сувшимувчанлиги, ғоваклилиги пасаяди ва намунанинг қисқариши ошади, бу ҳарорат ошиши билан шиша фазанинг миқдори ортиб, ғовакларни тўлдиради, материалнинг зичлиги ва мустаҳкамлигини ортишига олиб келиши билан изоҳланади. Материалнинг мустаҳкамланиши ва қаттиқлашиши, ўз

навбатида, ўзига хос солиштирма ҳажм электр қаршилигининг ошишига олиб келади (8-расм).

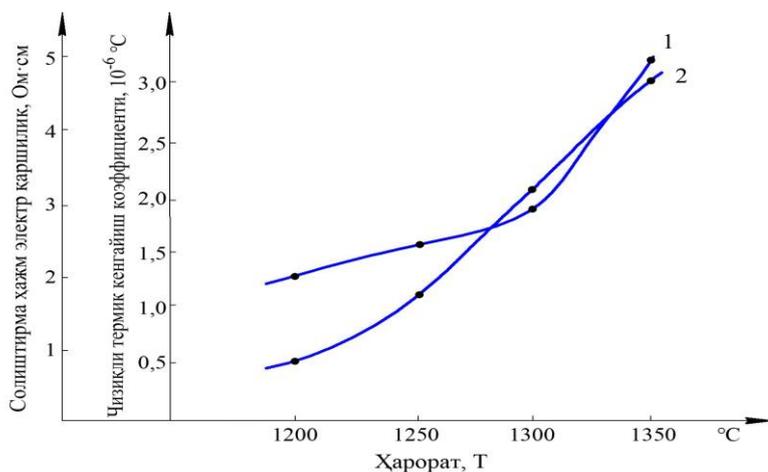


6-расм.
Материалнинг
сикилишдаги
мустаҳкамлиги (1)
ва зичлигининг (2)
пишиш ҳароратига
боғлиқлиги

Муллит ва кордиеритнинг янги ҳосил бўлган кристалли фазаларининг таркиби пишиш ҳароратининг ошиши билан ортади ва бу, ўз навбатида, материалнинг электр қаршилигининг ошишига олиб келади.

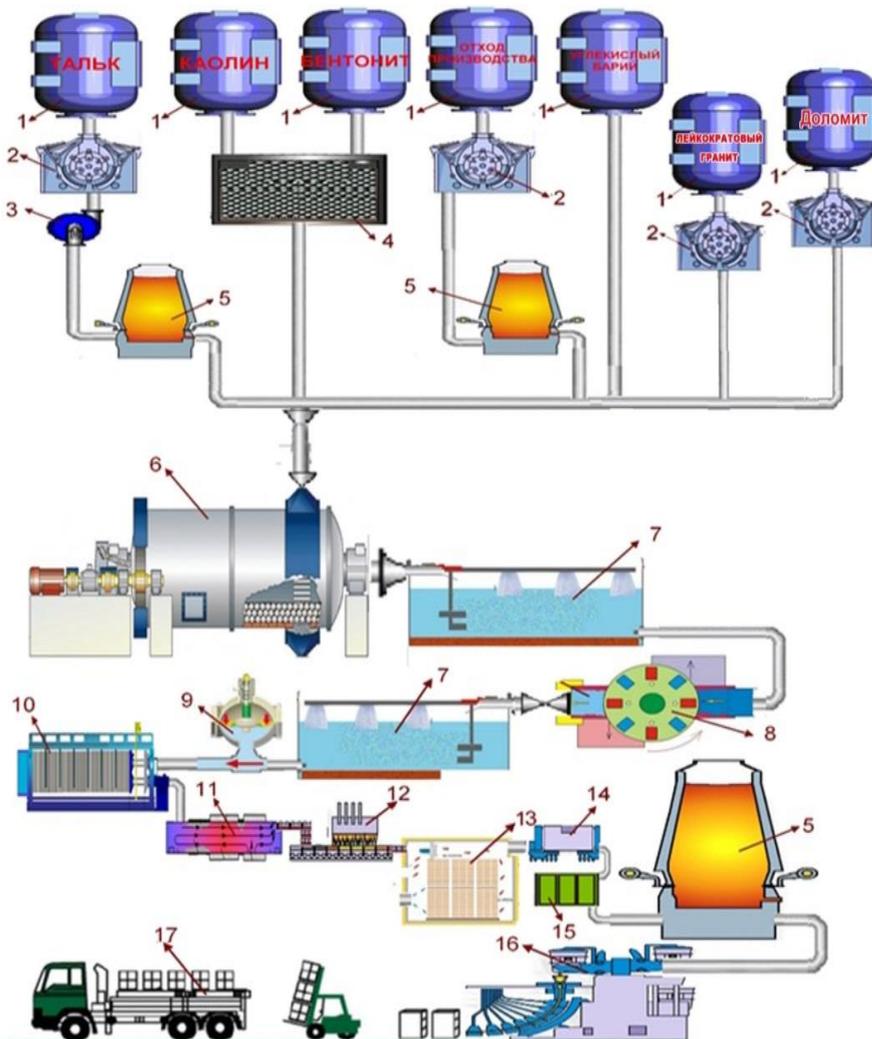


7-расм. Материалнинг
сув шимувчанлик (1) ва
қисқаришнинг (2)
пишиш ҳароратига
боғлиқлиги



8-расм.
Материалнинг
солиштирма ҳажм
электр қаршилиги
(1) ва ҳароратдаги
чизиқли кенгайиш
коэффициентининг
(2) пишиш
ҳароратига
боғлиқлиги

Тадқиқот натижалари асосида маҳаллий хомашё ва саноат чиқиндилари асосида электрокерамика материални олиш технологияси яратилган (9-расм).



- 1-бункер хомашёлар учун;
- 2- майдалагич;
- 3- уртача майдалаш;
- 4- каолин ва бентонитни сувда буқиши учун бункер;
- 5- пишириш печи;
- 6- шарли тегирмон;
- 7- пропеллер аралаштиргичли бассейни;
- 8-магнитли сепаратор;
- 9- насос;
- 10- фильтр-пресс;
- 11-вакуумпресс;
- 12-колиплаш станок;
- 13-конвейер сушилкаси;
- 14- курук оправка;
- 15- сувли оправка;
- 16-саралаш;
- 17- кадоқлаш.

9-расм.
Электрокерамика композицион материални ишлаб чиқариш технологик тизими схемаси

Диссертация ишининг **“Ишлаб чиқилган электрокерамик композицион материаллар ва улар асосида буюмлар олишнинг амалий ва иқтисодий самарадорлиги”** деб номланган олтинчи бобида ишлаб чиқилган электрокерамика композицион материалларни ишлаб чиқариш технологияси асосида ишлаб чиқариш ва тажриба синовларидан ўтказиш шунингдек, техник ва иқтисодий самарадорлик натижалари келтирилган.

Электрокерамика материалларининг тажриба партияси ишлаб чиқарилди ва уларнинг керамик-технологик ва диэлектрик хусусиятлари аниқланди, олинган натижалар электрокерамик маҳсулотлари ишлаб чиқариш учун берилган ГОСТ 20419-83 талабларига жавоб беради.

“ONIKS FARFOR” МЧЖ (14.09.2015й. далолатнома) ва “УзКТЖМ” АЖда (20.10.2016й. далолатнома) ишлаб чиқариш тажриба синовларидан ўтказилди ҳамда «НМваҚҚ» ИИЧБ «Олмалик КМК» АЖ (28.06.2021й.далолатнома) шароитида ишлаб чиқарилганда кутилаётган иқтисодий самарадорлик йилига 2352060000 сўмни ташкил этди.

ХУЛОСА

1. Машинасозлик учун маҳаллий хомашё ва кремнеземли чиқиндилари асосида композицион электрокерамика материалларини самарали таркиблари ҳамда улардан тайёрланган буюмларни ишлаб чиқаришнинг энергия тежамкор технологиясини яратишнинг илмий асосланган ёндашуви ишлаб чиқилди.

2. Физик-кимёвий тадқиқот усуллари ёрдамида тальк, лейкократли графит, бентонитнинг кимёвий-минералогик, гранулометрик таркиби, физик-кимёвий ва технологик хоссалари ҳамда талькни 1350°C ҳароратда куйдирилганда магний мета- ва ортосиликат кристалл фазалари ҳосил бўлиши аниқланди.

3. Маҳаллий хомашё - тальк, лейкократли гранит, доломит, бентонит, каолин ва кремнеземли чиқиндилар асосида электрокерамика композициясининг самарали таркиблари ишлаб чиқилди.

4. Кристалл фаза ҳосил бўлиш жараёни ва шишасимон фазанинг керамика-технологик ва диэлектрик хоссаларига ҳароратнинг таъсир қилиш механизми тавсия этилди.

5. Композициялар 1350°C ҳароратда аниқ майда доначали бир текис, бир хил тузилишга эга эканлиги, муллит, кварц, кристобалит кристаллари мавжудлиги ва шу кристаллар орасидаги бўшлиқни тўлдирувчи шишасимон фаза борлиги аниқланди.

6. Электрокерамик композицион намуналарнинг керамик-технологик ва диэлектрик хоссаларининг ҳароратга боғлиқлиги аниқланди.

7. Маҳаллий хомашё ва шolini қайта ишлаш саноати кремнеземли чиқиндилари асосида электрокерамика композицион материаллар ишлаб чиқаришнинг энергия тежамкор технологияси ишлаб чиқилди.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.03/30.12.2019.К/Т.03.01 ПО
ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ГОСУДАРСТВЕННОГО
УНИТАРНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ «ФАН ВА ТАРАККИЁТ»
ТАШКЕНТСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНИЧЕСКОГО
УНИВЕРСИТЕТА имени ИСЛАМА КАРИМОВА**

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ
«ФАН ВА ТАРАККИЁТ» ТАШКЕНТСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
имени ИСЛАМА КАРИМОВА**

ТУЛЯГАНОВА ВАСИЛА СУНАТИЛЛАЕВНА

**РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНЫХ СОСТАВОВ И ТЕХНОЛОГИЯ
ПОЛУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОКЕРАМИЧЕСКИХ КОМПОЗИЦИОННЫХ
МАТЕРИАЛОВ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

**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 ДОКТОРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ (DSc)
ПО ТЕХНИЧЕСКИМ НАУКАМ**

Тема диссертации доктора наук (DSc) зарегистрирована под номером B2021.4.DSc/T462 в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан.

Диссертация выполнена в Государственном унитарном предприятии «Фан ва тараккиёт» Ташкентского государственного технического университета имени Ислама Каримова.

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

Научные руководители:

Негматов Сайибжан Садилович – академик АН РУз, д.т.н., профессор
Абдуллаева Раиса Исмаевна - доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты:

Талипов Нигматилла Хамидович - доктор технических наук, старший научный сотрудник
Кадырова Зулайхо Раимовна - доктор химических наук, профессор
Тураходжаев Нодир Джахонгирович - доктор технических наук, профессор

Ведущая организация:

Ферганский политехнический институт

Защита диссертации состоится « 18 » декабря 2021 года в 14⁰⁰ часов на заседании разового научного совета DSc.03/30.12.2019.К/Т.03.01 при ГУП «Фан ва тараккиёт» Ташкентского государственного технического университета имени Ислама Каримова (Адрес: 100174, г. Ташкент, ул. Мирзо Голиба 7а. тел.: (99871) 246-39-28; факс: (99871) 227-12-73; e-mail: fan_va_taraqqiyot@mail.ru, на здании «Фан ва тараккиёт» ГУП, 2 этаж, зал конференций).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре ГУП «Фан ва тараккиёт» (Зарегистрированный номером № 31). (Адрес: 100174, г. Ташкент, ул. Мирзо Голиба, 7а. Тел. (99871) 246-39-28, факс: (+99871) 227-12-73).

Автореферат диссертации разослан « 6 » декабря 2021 года (протокол реестра № 31-21 от 25 ноября 2021 г.).

Т.О. Камолов

Зам. председателя научного совета по присуждению учёных степеней, д.т.н.



М.Э. Икрамова

Ученый секретарь научного совета по присуждению учёных степеней, к.х.н., с.н.с.

А.М. Эминов

Председатель научного семинара при научном совете по присуждению ученых степеней, д.т.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора науки (DSc))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире электрокерамические материалы широко применяются в энергетической, химической, металлургической, машиностроительной, радиотехнической и других отраслях промышленности. В данном аспекте спрос на электрокерамические материалы и изделий из них значительно повысился в несколько раз. Особое значение имеет разработка новых составов и технологических процессов получения электрокерамических материалов и изделий на их основе, а также применение их в машинах и механизмах электротехники и машиностроении.

В мире ведутся исследования по созданию экономичных методов переработки минерального сырья и промышленных отходов, которые могут быть использованы в электрокерамике и машиностроении, обладающие физико-механическими и электроизоляционными свойствами, позволяют получать экологически и химически чистые продукты. В связи с этим, разработке методов получения электрокерамических композиционных материалов, видов электрокерамических композиционных материалов и эффективных составов на основе тальковых минералов и ресурсо-энергосберегающих технологий получения уделяется особое значение.

В республике проводятся определенные работы по исследованию и разработке композиционных электрокерамических материалов на основе местного сырья. В программе Стратегических действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан отмечены важные задачи по «...стимулированию эффективных механизмов внедрения инновационных достижений в практику»¹. В связи с этим важно разработать методы получения электрокерамических материалов из местного и вторичного сырья, изучить процессы термической обработки и механоактивации, разработать эффективные составы и энергосберегающие технологии производства электрокерамических материалов и изделий.

Данное диссертационное исследование, в определенной степени, служит выполнению задач, предусмотренных в Указе 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»¹, № ПП-4426 от 24 августа 2019 года «О дальнейшем повышении ответственности государственного, хозяйственного управления и местных исполнительных органов власти за локализацию производства и внедрение новой системы ускорения кооперации в отраслях промышленности», от 15 марта 2020 г. №ПП-6079

¹Указ Президента Республики Узбекистан № ПФ-4947 «О стратегии действий по пяти приоритетным направлениям развития Республики Узбекистан в 2017-2021 годах»

«Цифровой Узбекистан-2030», а также в других нормативно-правовых документах, связанных с данной деятельностью.

Соответствие исследований приоритетным направлениям 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 диссертации². В научных центрах и высших образовательных учреждениях мира ведутся широкие научно-исследовательские работы в области разработки элеткрокерамических композиционных материалов и изделий из них на основе минеральных сырьевых ресурсов, в том числе Научно-исследовательский центр «Электрокерамика», (Польша), Institute of Electronic Materials (Armenia), National Institute for Materials Science (NIMS) (Japan), North Carolina State University (США), Technische Universität Darmstadt (Германия), Научно-исследовательский центр «Электрокерамика», Всесоюзный научно-исследовательский и проектно-технологический институт электрокерамики (ВНИИЭК) (Россия), Институт общей и неорганической химии АН РУз, Ташкентском химико-технологическом институте и ГУП «Фан ва тараккиёт» при ТГТУ (Узбекистан).

В мире достигнуты ряд научных результатов в области разработки новых композиционных материалов и технологий переработки промышленных отходов, а также эффективного состава электрокерамических композиционных материалов на основе талька, глины и способов изготовления керамических изоляторов на их основе (Научно-исследовательский центр «Электрокерамика», Польша). В настоящее время проводятся обширные исследования по использованию глины, пегматита, каолина и бентонита (такие учреждения, как Всесоюзный научно-исследовательский и проектно-технологический институт электрокерамики (ВНИИЭК), Россия и Technische Universität Darmstadt, Германия).

Степень изученности проблем. По разработке в области керамических и электрокреамических материалов внесли определенный вклад следующие ученые, как А.И. Августиник, Г.Н. Масленникова, Г.А. Выдрик, Х.О. Гевоян, И.А. Булавин, П.П. Будников, Ф.Я. Харитонов, Н.С. Костюков, Н. Schneider, А.К. Chakraborty, W.C. Weil, К.Х. Schuller, В. Эйтель, Е.Ф. Полукэктова, И.Х. Мороз, Ж.А. Выдрина, V.Vouillement, В.И. Верещагин, С.Е.Берецева, С.А.Суворов, Ito Akio, J.J.Blanc, C.Roumezi, А.Э.Энглунд, Н.Н. Murray, В.А.Карманов, В.П.Паничев, Ф.Х.Таджиев, Н.А.Сирождидинов, А.Х.Исмаилов, А.П.Эркаходжаева, И.Азимов, Р.И.Абдуллаева, А.М.Эминов и многих других.

Исходя из анализа существующих работ, необходимо отметить, что практически отсутствует исследования по изучению электрофизических,

²Обзор иностранных научных исследований по теме диссертации: https://www.tu-darmstadt.de/http://icimb.pl/icimb_ru/science/research-and-development-works, <https://dic.academic.ru/dic.nsf/bse/153712>, <https://www.citywalls.ru/house13893.html>, <https://eltechceram.ru/about>, <https://www.researchgate.net/publication> и других источников.

диэлектрических и других эксплуатационных свойств и не хватает сырьевых ресурсов, особенно производств электрокерамических материалов и изделий из них. Это создает необходимость изыскания новых видов сырьевых материалов и исследования возможности их применения в производстве электротехнической керамики, в том числе для изготовления аппаратных изоляторов, изоляторов свечей зажигания, низковольтных конденсаторов, изоляторов работающих при высоких температурах, в вакууме, агрессивных средах и других. Решение этой проблемы и посвящена настоящая диссертационная работа.

Связь темы диссертации с научно-исследовательскими работами, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках плана научно-исследовательских работ в государственном унитарном предприятии «Фан ва тараккиёт» Ташкентского Государственного технического университета имени Ислама Каримова в следующем проекте: прикладной №А-12-013 «Разработка импортозамещающих и экспортоориентированных электрокерамических композиционных материалов и технология их получения для электротехнической и радиотехнической промышленности на основе местного минерального сырья» (2012-2014гг.); инновационной №ИОТ-2015-7-6 «Освоение эффективной технологии получения композиционных электрокерамических материалов на основе местного и вторичного сырья» (2015-2016гг.).

Цель исследования является разработка эффективных составов и технологии получения электрокерамических композиционных материалов машиностроительного назначения.

Задачи исследования:

комплексное изучение химико-минералогического состава, технологических свойств, процессов фазовых изменений при нагревании сырьевых материалов;

исследование процесса термообработки и механоактивации сырьевых материалов;

изучение влияния исследуемых сырьевых материалов на физико-механические и технологические свойства, процессы спекания, фазовый состав и структурообразование электрокерамических масс;

разработка составов и изучение физико-механических и диэлектрических свойств электрокерамических композиции на основе местного сырья и отхода производства;

определение фазового состава, особенностей микроструктуры, установление механизма процесса фазообразования в зависимости от температуры обжига электроизоляционных керамических композиции на основе местного сырья и отходов производства;

исследование влияния фазового состава на физико-механические и диэлектрические свойства электрокерамических композиции, зависимости диэлектрических свойств от температуры обжига и частоты электрического поля;

разработка эффективной энерго-ресурсосберегающей технологии производства композиционных керамических электроизоляционных материалов на основе местного сырья и отхода рисоперерабатывающей промышленности (кремнезем из лузги риса), технологического регламента и их опытно-производственные испытания.

Объект исследования являются тальк, бентонит, лейкократовый гранит и доломит, каолин и кремнеземсодержащие отходы рисоперерабатывающей промышленности.

Предмет исследования является изучение химико-минералогические, гранулометрические составы сырья, их физико-химические и технологические свойства, физико-механические и диэлектрические свойства электрокерамических композиционных материалов на основе местного сырья и отхода производства, получение изделий на их основе машиностроительного назначения, а также определение их эффективности применения.

Методы исследования. При выполнении диссертационной работы использованы рентгенографический, петрографический, электронно-микроскопический, дифференциально-термический анализы и принятые стандартные методы.

Научная новизна исследования заключаются в следующем:

разработаны научно-теоретические основы технологии производства композиционных электрокерамических материалов на основе талька;

определено возможность использования исходного сырья при производстве электрокерамических композиций в зависимости от химико-минералогического состава и свойства;

в результате физико-химических исследований определены особенности микроструктуры и фазовый состав в электрокерамической композиции на основе местного сырья, установлено, что в основном присутствия стеатита и кордиерита в большом количестве, стеклофазы, муллита и кварца.

на основе механоактивированного местного сырья и вторичных ресурсов разработаны составы для электрокерамических композиционных материалов с улучшенными свойствами и установлена их пригодность для производства электроизоляционных изделий;

установлено закономерности процесса фазообразования во время обжига композиционных смесей, выявлены характер распределения новообразованных минералов по объему.

установлено механизм влияния фазообразования на керамико-технологические и диэлектрические свойства электрокерамических композиций;

установлено влияния керамико-технологические и диэлектрические свойства на температуры обжига электрокерамических опытных композиций.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

на основе местного сырья и отхода рисоперерабатывающей промышленности разработан эффективный состав и технологии получения

стеатитовых электрокерамических композиционных материалов, используемых в воздушных линиях высоковольтных и низковольтных линиях электропередачи и электростанциях;

разработан оптимальный состав и энерго-ресурсосберегающая технология получения импортозамещающих кордиеритовых электрокерамических композиционных материалов, используемых в машиностроении на основе местного и вторичного сырья, а также технологический регламент производства электрокерамических композиционных материалов и изделий из них.

Достоверность полученных результатов обоснована совокупностью использованных физико-химических (ИК-спектроскопия, рентгенофазовый анализ, дифференциально-термический анализ, оптическая микроскопия и химический анализ) методов анализа. Результаты определения керамико-технологических и диэлектрических свойств электрокерамических композиционных материалов объясняются тем, что они обработаны математическими и статистическими методами и используются в производстве.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость полученных результатов исследований заключается в том, что путем механоактивации и термообработки сырьевых материалов и отхода промышленности и установлении закономерностей механизма формирования микроструктуры и фазового состава, зависимость процесса фазообразования от керамико-технологических и диэлектрических свойств электрокерамического материала на основе местных сырьевых материалов и отхода промышленности.

Практическая значимость результатов исследований заключается в том, что обоснована перспектива применения местного и вторичного сырья и создание композиционных электроизоляционных изделий с высокими качественными показателями при пониженных температурах обжига и их применение в электросетях, электротехнике и машиностроении.

Внедрение результатов исследований. На основе научных результатов, полученных при разработке эффективных составов и технологии получения композиционных электрокерамических материалов машиностроительного назначения:

разработанный эффективный состав композиционных электрокерамических материалов был внедрен в НПО «РМиТС» АО «Алмалыкский ГМК» (справка НПО «РМиТС» АО «Алмалыкский ГМК» за №ХА-009604 от 24 ноября 2021 года). В результате были улучшены физико-механические и электроизоляционные свойства разработанных электрокерамических материалов: увеличилась механическая прочность на - 30% и электрическая прочность - на 8,0%;

разработанный оптимальный состав электрокерамических композиций на основе талька, лейкократового гранита, доломита, бентонита, каолина и кремнеземистых отходов (кремнезем из лужги риса) был внедрен в условиях

НПО «РМиТС» АО «Алмалыкский ГМК» (справка НПО «РМиТС» АО «Алмалыкский ГМК» за №ХА-009604 от 24 ноября 2021 года). В результате снизились температуры обжига по сравнению с эталонной массой на 50⁰С, что позволит экономить топливно-энергетические ресурсы и снизить себестоимость готовой продукции на 22%.

разработанная эффективная технология получения был внедрен в НПО «РМиТС» АО «Алмалыкский ГМК» (справка НПО «РМиТС» АО «Алмалыкский ГМК» за №ХА-009604 от 24 ноября 2021 года). В этом аспекте применение воды взамен органического пластификатора обеспечивает экологически чистую технологию производства, не образуются газо-водовыделения и твердых отходов, и обеспечивает повысить экономическую эффективность АО «АГМК».

Апробация результатов исследования. Результаты исследования оглашены на 7 республиканских научно-технических и 5 международных конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликовано всего 25 научных работ. Из них 1 монография, 12 научных статей, в том числе 9 статей в республиканских и 3 статьи в зарубежных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов докторских диссертаций.

Объем и структура диссертации. Диссертационная работа изложена на 179 страницах и состоит из введения, шести глав, заключения, списка использованных литератур, приложений.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность и востребованность темы диссертационной работы, сформулированы цель и задачи, выявлены объект и предмет исследования, определено соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий в Республике Узбекистан, приведены производственные внедрения результатов исследований, результаты опрабации работы, сведения по опубликованным работам и структура диссертации.

В первой главе диссертации **«Современное состояние получение электрокерамических материалов и их применение в различных отраслях промышленности»** приводится обзор с глубоким анализом научных исследований по теме диссертации, посвященных современном состоянии получение и физико-химических исследований в области применение электрокерамических материалов, о сырьевой базе керамической промышленности, перспективах использования сырьевых материалов в составе электрокерамических композиций на основе талька, физико-химические основы процесса фазообразования.

Критически проанализировав литературные данные, определены основные направления исследований по разработке составов и технологии

получения электрокерамических композиционных материалов на основе талька, с применением местных сырьевых компонентов.

Во второй главе диссертации «**Выбор объекта и методики получения и исследований физико-механических и диэлектрических свойств электрокерамических композиционных материалов**» формируется выбор и обоснование местных сырьевых материалов и кремнеземсодержащего отхода рисоперерабатывающей промышленности для разработки композиционных электрокерамических материалов для электротехнического и машиностроительного назначения, а также методов для проведения опытно-экспериментальных исследований. Приведена методика получения и определения физико-механических и диэлектрических свойств композиционных электрокерамических материалов и изделий, а также методика математико-статистической обработки полученных результатов.

В третьей главе диссертации «**Исследование химико – минералогических составов и физико-химических свойств исходных сырьевых материалов**» отражены результаты исследований по изучению химико-минералогических составов и физико-химических свойств местных сырьевых материалов и кремнеземсодержащего отхода промышленности для получения композиционных электрокерамических материалов. Диссертационная работа посвящена исследованию новых источников местного и вторичного сырья для производства электрокерамических материалов - талька, лейкократового гранита, доломита, бентонита, каолина и отхода производства. В республике имеются огромные залежи таких сырьевых материалов. Тальк является основным сырьевым компонентом для магнезиальных электрокерамических материалов. Результаты петрографического анализа показали, что основным минералом талька являются магнезит, содержится гипс, кальцит, кварц, полевой шпат и др. Магнезит имеет тонкокристаллическую структуру, кристаллы прозрачные, бесцветные, зерна удлиненной формы, показатели преломления $N_q = 1,699$; $N_p = 1,508$. Кристаллы обладают чешуйчатым строением, чешуйки беспорядочные, между ними наблюдается магнезит и доломит. Плотность талька 2,72-2,80 г/см³. Тальк Каракалпакии имеет зеленовато-серый цвет, химический состав приведено в таблице 1.

Таблица 1

Химический состав талька Каракалпакии

Состав	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	SO ₃	П.п.п.
Тальк	38,06	7,69	7,95	4,2	27,35	0,57	0,18	-	-	13,03

Результаты химического анализа показали, что проба характеризуется высоким содержанием 27,35% оксида магния и 38,06% оксида кремния, огнеупорность талька составляет 1570°C.

Из анализа рентгенограмм было установлено, что исследуемый тальк, в основном, состоит из талька с $d/n = 0,924$; 0,312; 0,234; 0,203; 0,1873 нм, железистого хлорита с $d/n = 0,1354$; 0,712; 0,478; 0,356; 0,285 нм. Фазовые

превращения талька в зависимости от температуры изучались с помощью рентгенофазового анализа. На рентгенограмме обожженного талька видны кристаллические фазы метасиликата магния, ортосиликата магния и железистый хлорид. Метасиликат магния характеризуется межплоскостными расстояниями $d/n = 0,924; 0,462; 0,328; 0,316; 0,297; 0,288; 0,254$ нм, ортосиликат магния $d/n = 0,1065; 0,336; 0,193$ нм, железистый хлорид $d/n = 0,1354; 0,712; 0,478; 0,356; 0,285$ нм.

Результаты петрографического анализа показали, что в образцах содержится метасиликат магния, имеющий показатели преломления: $N_g=1,658$ и $N_p=1,650$ и ортосиликат магния, имеющий показатели преломления $N_g=1,668$ и $N_p=1,636$,

Таким образом, исследуемый тальк состоит, в основном, из гидросиликата магния и магнезита. В нем содержится в виде примесей гипс, кальцит, кварц, полевой шпат и др. Во время нагревания тальк дегидратируется, а затем при дальнейшем повышении температуры обжига образуется метасиликат магния.

Каттакурганские бентониты представляются наиболее интересными по степени их изученности, по своим физико-химическим свойствам и перспективны с точки зрения их запасов. Минералогический состав бентонита изучен методами электронной микроскопии, петрографическими и рентгенографическими анализами.

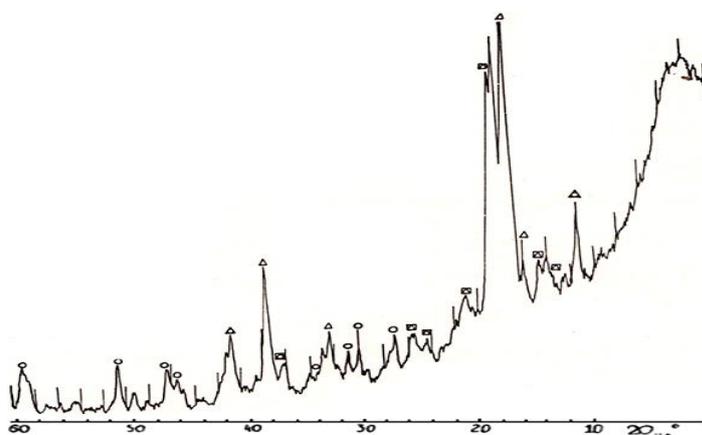
На основании проведенных анализов можно сказать, что исследуемый бентонит представляет собой монтмориллонитовую глину, сильно набухает и характеризуется высокой дисперсностью, в его составе содержится 50-57% монтмориллонита, 30-36% гидрослюды, 8-9% каолинита. В качестве примесей встречаются кварц, полевой шпат типа микроклина, кальцит, турмалин и сфен. При термической обработке бентонита процесс муллитобразования начинается при более низких температурах (1150°C), чем у огнеупорных и тугоплавких глин. Исследованием установлено, что оптимальная температура спекания Каттакурганского бентонита составляет 1000°C , имеет низкую температуру начала деформации и вспучивания – 1150°C , интервал спекшегося состояния - 50°C .

Благодаря высокой связующей способности, пластичности, каттакурганский бентонит представляет интерес как заменитель огнеупорных глин и связующий компонент в составе электрокерамических материалов. В случае получения положительных результатов применение бентонита взамен огнеупорной глины расширяет сырьевую базу, а также снижает себестоимость изделий.

В данной работе нами выбраны лейкократовые граниты месторождения «Высотное» Самаркандской области, с целью установления возможности их использования в производстве электрокерамических композиционных материалов.

При микроскопическом изучении установлено, что структура лейкократового гранита полностью кристаллическая, крупнозернистая.

Главными составляющими компонентами породы является полевые шпаты и кварц. Полевые шпаты представлены калиевым полевым шпатом и плагиоклазом. Калиевый полевой шпат образован зернами микроклина с ясно выраженной решетчатой структурой, величина зерен от 20-55 мкм. Показатели преломления $N_p=1,518$; $N_q=1,525$. Плагиоклаз представлен бесцветными, размером от 40 до 60 мкм, показатели преломления $N_g=1,537$; $N_p=1,526$. Зерна кварца крупные, бесцветные неправильной формы, показатели преломления: $N_e=1,552$; $N_o=1,540$. В лейкократовом граните из темноцветных минералов встречается биотит с $N_p=1,603$; $N_q=1,618$. На рисунке 1 приведена рентгенограмма лейкократового гранита, как видно из этого рисунка исследуемая проба лейкократового гранита состоит из микроклина, альбита, кварца.



O- кварц, Δ- микроклин, ◻- кварц, микроклин ва альбит

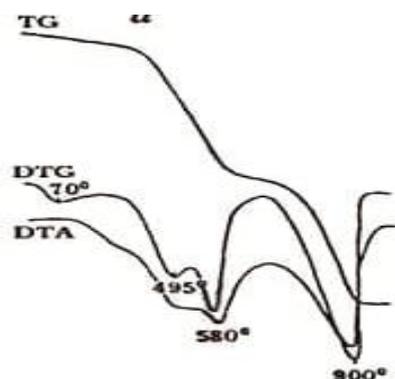
Рис. 1. Рентгенограмма лейкократового гранита

Таким образом, лейкократовый гранит месторождения «Высотное» по своему химическому составу несколько отличается от пегматитов применяемых в изоляторном производстве. По минералогическому составу тоже имеются отличия, то есть содержание свободного кварца и натриевого полевого шпата у лейкократового гранита больше, чем у пегматита.

Геологическая сторона, характеризующая доломита месторождения «Сыпки» Самаркандской области изучено геологами А.О.Мирзаевым, Х.Чинникуловым, по их данным запасы и качество доломита достаточные. Доломит не содержит органических остатков, представлены белыми чистыми доломитами с равномерно-зернистой структурой и массивной текстурой, цвет от светло-серых с поверхности, а в изломе белые. Химико-минералогический состав доломита изучен комплексом физико-химических методов исследований – химическим, термическим, рентгеноструктурным, электронно-микроскопическими анализами.

На рисунке 2 приведено дериватограмма доломита, где отмечается двойной эндотермический эффект при температуре 580 и 900⁰С, соответствующий диссоциации магниевой и кальциевой части доломита.

На электронном микрофотографии обнаружены присутствие кристаллов хлористого натрия и сульфата магния, кристаллы имеют почти одинаковые размеры 15-20 мкм.



**Рис. 2. Дериватограмма
доломита месторождения
«Сыпки»**

Эффективным способом экономии природных минеральных сырьевых ресурсов является использование отходов различных производств - вторичного сырья, которые позволяют расширить сырьевую базу керамической промышленности. Ежегодно по Узбекистану в отвалы выбрасывается около 30-35 тыс. тонн таких отходов, которые после термической обработки превращаются в дорогостоящее кремнеземсодержащее сырье.

Профессором А.М. Эминовым установлен химический состав необожженного, а также обожженного при 1350⁰С с выдержкой 30 минут при конечной температуре отхода рисоперерабатывающей промышленности.

Обожженный отход представляет большой интерес в качестве ценного кремнеземсодержащего сырья. Поэтому целесообразно проведения испытания этих отходов для производства электрокерамических композиционных материалов.

В четвертой главе диссертации «Разработка эффективных составов и исследование свойств стеатитовых электрокерамических композиционных материалов и изделий из них на основе местного и вторичного сырья» приводятся результаты в области разработки составов и исследований керамико-технологических и диэлектрических свойств композиционных стеатитовых электрокерамических материалов на основе местного минерального сырья и отхода рисоперерабатывающей промышленности. При определении шихтовых составов опытных масс ориентировались на литературные данные и химические составы исходных сырьевых материалов (табл. 2).

Таблица 2

Шихтовые составы опытных масс

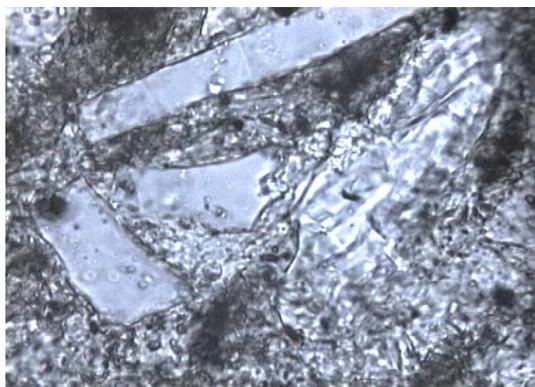
Наименование сырья	Индекс массы					
	КМ1	КМ2	КМ3	КМ4	КМ5	КМ6
Каолин	15	17	20	25	30	20
Тальк	21	22	20	35	30	35
Тальк обожженный	58	55	54	35	35	40
Бентонит	3	3	3	2	2	2
Кремнеземсодер. отход	2	2	2	2	2	2
Углекислый барий	1	1	1	1	1	1

В процессе обжига из состава талька удаляется влага, в результате чего происходит интенсивная усадка массы. Для устранения интенсивной усадки масс, в процессе обжига часть талька подвергали предварительному обжигу. Для этого тальк измельчали до размера 1–2 мм, затем обжигали при температуре 1350⁰С с выдержкой при конечной температуре 30 минут. Опытные массы были приготовлены в лабораторных условиях в виде пластичной массы. Далее опытные образцы подвергались обжигу при температурах 1200, 1250, 1300, 1350⁰С.

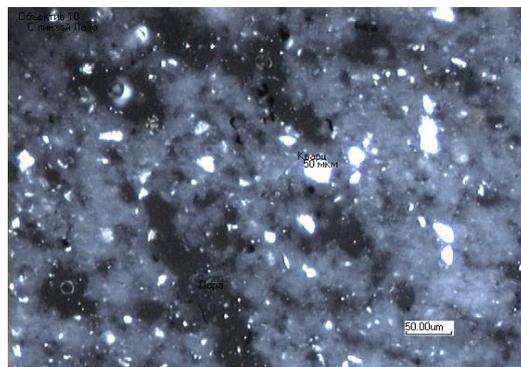
Фазовый состав опытных образцов является особо важным, так как все эксплуатационные свойства зависят от этих составов. Фазовый состав опытных образцов определялся методом петрографического, электронно-микроскопического и рентгеноструктурного анализов.

Результаты петрографического исследования опытных образцов из массы КМ-2, обожженный при температуре 1200⁰С приведены на рис.3а. Структура образца неоднородная, грубозернистая, имеются поры круглой формы величиной 30-35 мкм. Содержится метатальк $N_g=1,750$; $N_p=1,540$, метакаолинит, кварц $N_e=1,552$; $N_o=1,540$, стекловидная фаза.

Обожженный образец при температуре 1350⁰С показано на рисунке 3б. Структура образца однородная, мелкозернистая, содержание пор незначительное, величина 2-6 мкм, основная масса состоит из стеатита, муллита, кристобалита и кварца с содержанием $N=1,578$.



а)



б)

Температура обжига образцов, ⁰С: а) 1200; б) 1350

Рис. 3. Микрофотография опытных образцов из массы М₂ (х 600)

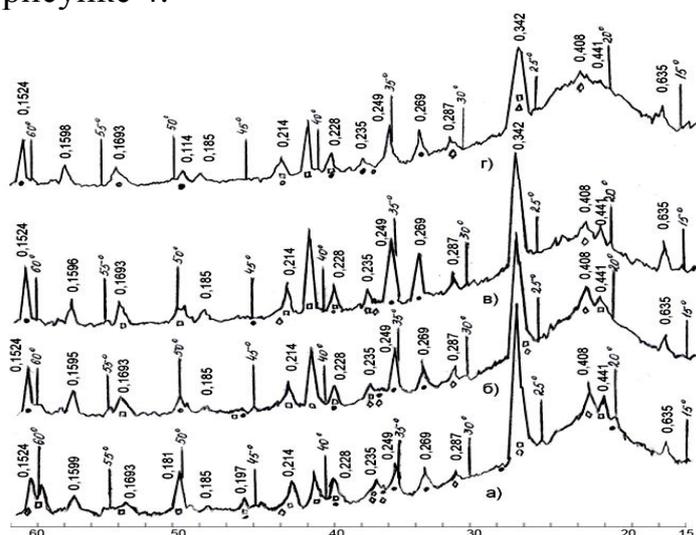
Кристаллы новообразований окружены цементирующими тонкими пленками стекловидной фазы. Металсиликат магний содержания которого достигает 54-61%. В массе содержится кварц неправильной формы в меньшем количестве 8-10мкм.

Таким образом, результаты петрографического анализа показали, что опытные образцы в процессе обжига претерпевают физико-химические процессы, в результате которых образуются новые кристаллические фазы метасиликата магния в виде протоэнстатита в количестве 55-61%, муллит, кристобалит и стекловидная фаза.

Проведено электронно-микроскопическое исследование опытных образцов из стеатитовых композиционных смесей, обожженных при 1200 и 1250⁰С температурах.

Кристаллы формируются при температурах 1200⁰С в мельчайшем виде, они вытягиваются в блоки. При температуре 1250⁰С кристаллы становятся более крупными, они имеют сферическую форму, агрегируются, имеют четкие очертания. По мере повышения температуры обжига образцов из масс КМ-2, КМ-3, процесс формирования их структуры полностью завершается, усиливается образование метасиликат магния, муллита. Кварц частично переходит в кристобалит, стекловидная фаза как бы цементирует эти кристаллические фазы.

Проведено рентгенографическое исследование фазового состава опытных образцов, обожженных при температурах 1200, 1250, 1300, 1350⁰С из композиционных смесей на основе местного сырья и отхода промышленности. Рентгенограммы образцов из массы КМ-2 приведены на рисунке 4.



Температура обжига образцов,
⁰С: а)1200, б) 1350;

□ - протоэнстатит;
◇ - клиноэнстатит; ● - энстатит

Рис.4. Рентгенограммы опытных образцов из массы КМ-2

Анализируя рентгенограммы (рис.4), можно сказать, что в образцах, обожженных при 1200⁰С, в виде кристаллических фаз присутствует кварц, метатальк, метакаолинит. В материалах, обожженных при 1250⁰С, кристаллизация метасиликата магния, муллита характеризуется меньшей интенсивностью пиков. В образцах, обожженных при 1300⁰С, кристаллизация метасиликата магния в виде протоэнстатита происходит более интенсивно, образование кристобалита с повышением температуры обжига характеризуется ростом интенсивностей пиков до 1350⁰С.

Таким образом, изучение фазовых превращений в структуре стеатитовых композиций, разработанных на основе местного сырья и отхода промышленности методом рентгенофазового анализа показало, что фазовый состав разработанных стеатитовых электрокерамических композиционных материалов состоит из кристаллических фаз протоэнстатита-стеатита, муллита, кварца, кристобалита и в незначительном количестве клиноэнстатита.

Процесс спекаемости электрокерамических материалов зависит от многих факторов, состава шихты, химических составов исходных компонентов, физико-химических процессов, происходящих при обжиге, характера изменения керамико-технологических свойств и др.

Исследования процесса спекаемости стеатитовых электрокерамических композиций изучался косвенно, то есть путем определения характера изменения керамико-технологических свойств в зависимости от температуры обжига, результаты исследований приведены на рисунке 5.

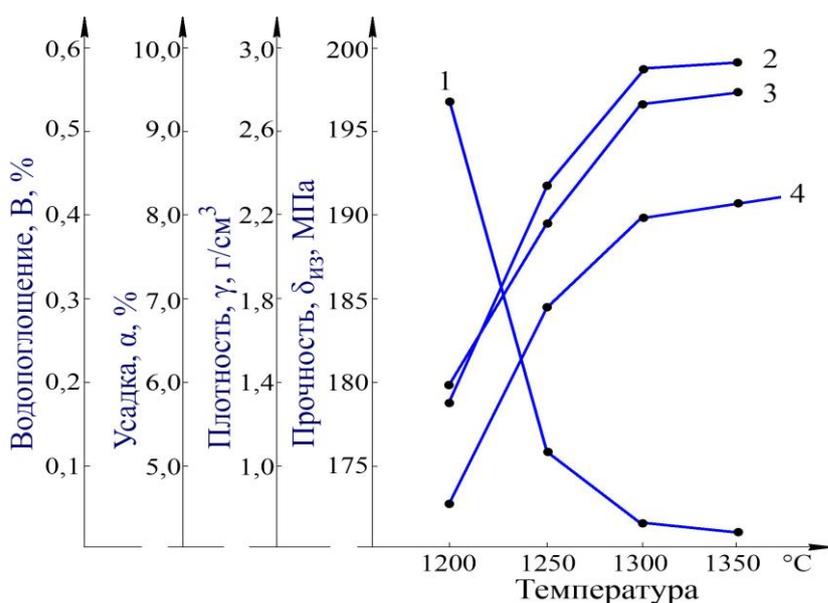


Рис. 5. Влияния температуры обжига на водопоглощения (1), усадки (2), плотности (3) и прочности (4) опытной композиции-КМ-2

Анализируя данные (рис. 5), можно условно выделить две стадии в процессе обжига исследуемых составов. Наиболее заметное изменение плотности, прочности, водопоглощения, усадки и др. свойства для массы КМ-2, наблюдается в интервале температур 1200-1300⁰С. Это можно объяснить увеличением размера зерен, который, в свою очередь, влияет на изменение формы и размера пор, т.е. с уменьшением диаметра пор давление в них возрастает. До температуры 1350⁰С в стеатитовых смесях степень уплотнения остается примерно одинаковой, выше 1350⁰С наблюдается её уменьшение. Уменьшение плотности при температуре выше 1350⁰С объясняется изменением открытой пористости. Интенсивное образование новых кристаллических фаз в образцах происходит до 1350⁰С и она заканчивается при этой температуре. При температуре 1350⁰С достигается максимальное значение предела прочности при статическом изгибе опытных образцов, выше этой температуры снова снижается. Температура максимального значения прочности совпадает температурой минимума пористости и водопоглощения. В образцах в температурном интервале 1300-1350⁰С достигается полная смачиваемость твердых зерен образующейся жидкостью, количество которой достаточно для заполнения пор между частицами, за счет чего достигается почти нулевое водопоглощение. С повышением температуры обжига происходит изменение усадки аналогично кривым других свойств. До температуры 1350⁰С в образцах происходит

плавное повышение усадки, а начиная с 1350⁰С происходит её снижение. Анализируя полученные данные можно сказать, что массы КМ-2 спекаются при 1350⁰С.

В таблице 3 и 4 приведены керамико-технологические и диэлектрические свойства опытных образцов из опытных масс, обожженные при температуре 1350⁰С. Как видно из данных таблицы, опытные образцы с различным шихтовым составом по своим керамико-технологическим и диэлектрическим свойствам отличаются друг от друга и отвечают требованиям ГОСТ 24409-80. Среди опытных образцов наиболее высокими показателями плотности, прочности, термостойкости и низкими показателями водопоглощения отличаются образцы из массы КМ-1, КМ-2, КМ-3. Эти образцы в процессе обжига при температуре 1350⁰С обладают наиболее высокими показателями керамико-технологических свойств по сравнению с образцами из других смесей.

Таблица 3

Керамико-технологические свойства композиционных образцов

Наименование показателей	Индекс массы					
	КМ1	КМ2	КМ3	КМ4	КМ5	КМ6
Влажность, %	20	21	20	20	21	21
Воздушная усадка при 105 -110 ⁰ С, %	13,0	13,2	13,5	13,6	13,7	13,5
Огневая усадка при	9,5	9,7	9,6	9,8	9,8	9,9
Объемная масса, г/см ³	2,66	2,65	2,66	2,60	2,61	2,62
Общая пористость, %	6,32	6,32	6,30	6,35	6,8	7,1
Водопоглощение, %	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Плотность, г/см ³	2,85	2,86	2,88	2,84	2,81	2,81
Предел прочности при изгибе, МПа	192	190	195	192	190	185
Коэф.терм.лин.расш., ·10 ⁻⁶ °С ⁻¹	156	154	152	148	158	159

Коэффициент термического расширения этих образцов колеблется в пределах (154-156)·10⁻⁶ °С⁻¹. Установлено, что с повышением содержания глины в материале повышается значение тангенса угла диэлектрических потерь.

Таблица 4

Диэлектрические свойства композиционных образцов

Наименование показателей	Индекс массы					
	КМ1	КМ2	КМ3	КМ4	КМ5	КМ6
Тангенс угла диэлектрических потерь при 20 ⁰ С, ·10 ⁴	20	19	18	21	23	25
Диэлектрическая проницаемость	6,3	6,2	6,1	6,2	6,5	7,0
Удельное объемное эл.сопротив., ·10 ¹³ ом ·см	6,8	7	7	6,3	6,1	5,9
Электрическая прочность, кв/мм	39	40	41	38	39	40

В стеатитовых материалах большое значение имеет зависимость диэлектрических свойств материала от изменения температуры нагрева и частоты электрического тока, так как стеатитовые материалы эксплуатируются при повышенных температурах и частотах.

Установлено, что диэлектрическая проницаемость стеатитового материала при повышении температуры возрастает, тангенс угла диэлектрических потерь незначительно повышается до температуры 300⁰С, далее с повышением температуры он резко повышается. Это объясняется тем, что с повышением температуры, во-первых, материал нагревается и внутри материала происходит увеличение поляризации и движение зарядов, благодаря чему увеличивается расход электроэнергии внутри диэлектрика на обогрев материала и на движение зарядов.

С повышением температуры обжига удельное объемное электрическое сопротивление значительно уменьшается. Увеличение частоты электрического тока оказывает влияние на свойства материала. Исследованы зависимость диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь стеатитовой композиции КМ-2 от частоты электрического тока в диапазоне частот 0,3-30 кГц. Наименьшее значение тангенс угла диэлектрических потерь и диэлектрической проницаемости наблюдается во всех образцах при частоте переменного электрического поля 30 кГц. Наибольшее значение тангенса угла диэлектрических потерь и диэлектрической проницаемости имеют все образцы при частоте 0,3 кГц. Характер зависимости тангенса угла диэлектрических потерь от температуры позволяет предполагать, что он обусловлен преобладающими потерями, вызванными тепловыми релаксационными процессами, связанными с движением слабо связанных ионов щелочных металлов, содержащихся в стеклофазе.

Кристаллические фазы метасиликата магния, муллит, как основные составляющие фазового состава исследуемого материала КМ-2, КМ-3, относятся к диэлектрикам с кристаллической структурой с неплотной упаковкой ионов. Эти же кристаллы характеризуются релаксационной поляризацией и поэтому вызывают повышение диэлектрических потерь. Зависимость диэлектрической проницаемости от температуры можно объяснить тем же механизмом, что и для определения тангенса угла диэлектрических потерь.

Установлено, что увеличение частоты электрического тока приводит к уменьшению тангенса угла диэлектрических потерь и диэлектрической проницаемости. Кроме того, чем больше частота электрического тока, тем меньше зависимость этих параметров от температуры.

В пятой главе диссертации **«Разработка эффективных составов и технологии получения композиционных кордиеритовых электрокерамических материалов и изделий из них на основе местного и вторичного сырья»** отражены результаты в области разработки эффективных составов и исследований керамико-технологических и

диэлектрических свойств кордиеритовых электрокерамических композиционных материалов на основе местного минерального и вторичного сырья (кремнезем из лузги риса) машиностроительного назначения.

Для получения плотной спекшейся электрокерамики, состоящей только из талька, необходимо высокая температура обжига, узкого интервала спекшегося состояния, усложняется процесс обжига. С целью пластификации массы и снижения температуры спекания электрокерамики в шихту решили, вводит высокопластичный материал бентонит и для получения плотной электрокерамики в состав массы добавляли лейкократовый гранит. В таблице 5 приведено шихтовый состав наиболее опытных масс.

Таблица 5

Состав композиционных опытных масс

Наименование сырья	Индекс массы				
	К-1	К-2	К-3	К-4	К-5
Тальк	49	46	44	42	41
Каолин	26	28	30	32	34
Лейкократовый гранит	14	12	10	8	5
Кремнеземсодержащий отход	5	8	10	12	14
Бентонит	4	4	4	4	4
Доломит	2	2	2	2	2

Определение керамико-технологических и диэлектрических свойств опытных образцов осуществлялось согласно ГОСТ 24409-80, результаты которых приведены в таблице 6 и 7.

Таблица 6

Керамико-технологические свойства образцов кордиеритовой композиции

Свойства	Индекс массы	Температура обжига, °С			
		1200	1250	1300	1350
Механическая прочность при статическом изгибе, МПа	К-1	60,7	69,65	80,16	85,82
	К-2	60,35	68,65	79,05	83,82
Кажущаяся плотность, г/см ³	К-1	1,80	1,90	2,25	2,30
	К-2	1,87	1,92	2,10	2,31
Водопоглощение, %	К-1	10,20	8,25	6,20	5,81
	К-2	9,99	7,39	6,83	6,21
Общая усадка, %	К-1	14,66	14,10	14,76	15,26
	К-2	13,76	15,03	15,16	15,30

Установлено, что введение в состав опытных масс бентонита и каолина увеличивает пластичность опытных масс, а высокая пластичность опытных масс позволяет оформлять из них крупногабаритные изделия, обладающие в необожженном состоянии достаточной механической прочностью для их транспортировки и механической обработки.

Из таблицы 6 и 7 видно, что в опытных образцах наблюдается увеличение механической и электрической прочности, плотности и усадки, уменьшения водопоглощения с повышением температуры обжига.

Таблица 7

Диэлектрические свойства опытных образцов

Наименование показателей	Индексы масс				
	К-1	К-2	К-3	К-4	К-5
Электрическая прочность, кв/мм	14	15	16	15	16
Удельное объемное элек. сопротивление, $\cdot 10^{13}$ ом·см	1,2	1,3	1,2	1,4	1,2
Относительная диэлектрическая проницаемость	6	7	6	7	7
Коэф. терм. лин. рас. $\cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, при $t=20-100 \text{ } ^\circ\text{C}$ $t=20-700 \text{ } ^\circ\text{C}$	1,2	0,5	1,2	0,4	1,8
	3,4	7,2	6,5	7,8	7,6

По своим свойствам наиболее высокие показатели имеет образцы из масс К-1, К-2. Они отличаются, высокой электрической прочностью, высокими показателями удельного объемного сопротивления и механической прочностью. Образцы из этих масс обладают наилучшими показателями параметров в интервале температур 1300-1350 $^\circ\text{C}$.

В результате изучения характера изменения свойств водопоглощения, плотности, прочности, усадки, характеризующих процесс спекания кордиеритовой электрокерамики установлено, что разработанные составы опытных масс имеют пониженную температуру спекания на 40-50 $^\circ\text{C}$ чем обычным. Из выше изложенного следует, что наилучшими показателями керамико-технологических и диэлектрических свойств обладают образца из массы К-1, К-2.

С целью выяснения процесса фазообразования при обжиге исследуемых масс кордиеритовой электрокерамики были приготовлены опытные образцы в виде кубиков размером 10мм по пластичной технологии. Опытные образцы из масс К-1, К-2, обожженные при температурах 1200, 1250, 1300, 1350 $^\circ\text{C}$ подвергались петрографическим исследованиям. Петрографическое исследование осуществлялось на микроскопе в препаратах иммерсионной жидкости и прозрачных шлифах.

Обожженный образец при 1350 $^\circ\text{C}$ имеет мелкокристаллическую структуру, преобладающая фаза – кордиерит, размер кристаллов кордиерита 1-2 мкм (N=1,527). В значительном количестве содержится муллит (N=1,578), размер зерен муллита 3-4мкм. Кристаллы новообразований окружены цементирующими тонкими пленками стекловидной фазы. Содержание кордиерита по визуальному определению достигает 55-60%. В некоторых случаях видны отдельные зернышки метасиликата магния. В основной массе содержится незначительном количестве зерна кварца неправильной

осколочной формы, имеющий вокруг зерен кварца кайма оплавления толщиной 8-16 мкм.

Таким образом, анализируя результаты петрографического исследования установлено, что исследуемые образцы из разработанной композиции кордиеритовой электрокерамики обожженные при оптимальных температурах имеют мелкозернистую структуру, состоит из кристаллических и аморфных фаз. В качестве аморфной фазы содержится стекловидная фаза в котором являются продуктом плавления легкоплавких компонентов – лейкократового гранита, бентонита и др. В качестве кристаллических фаз основной преобладающей являются α -кордиерит, содержание которых достигается почти до 55-60%, зерна муллита, кварца, кристобалита.

В данном разделе рассмотрены влияние некоторых из этих факторов на основные свойства кордиеритовой электрокерамики. На рисунке 6 приведены изменения предела прочности при изгибе и плотности в зависимости от температуры обжига.

Как видно из рисунка 6, с повышением температуры обжига увеличивается плотность материала, это объясняется тем, что стекловидная фаза, образуемая за счет плавления легкоплавких компонентов заполняет пространство между частицами и это приводит к упрочнению материала, который подтверждается графиком роста предела прочности при изгибе.

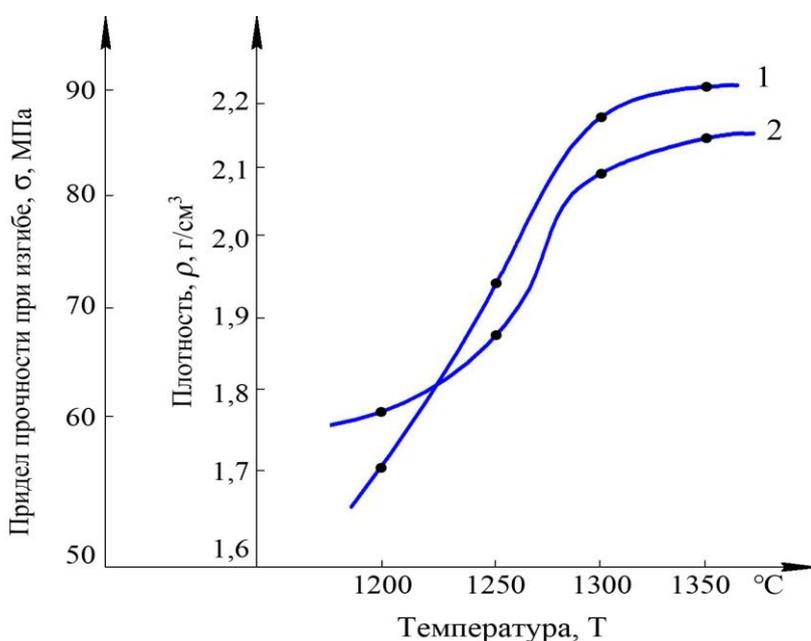


Рис. 6.
Зависимость
предела
прочности при
изгибе (1) и
пористости (2) от
температуры
обжига

На рисунке 7 приведены характер изменения водопоглощения и усадка в зависимости от температуры обжига.

Как видно, из рисунка 7 с повышением температуры обжига уменьшается водопоглощение, пористости и увеличивается усадки образца, это объясняется тем, что с повышением температуры количества стеклофазы увеличивается, она заполняет поры, приводит к уплотнению и упрочнению

материала. Уплотнение и упрочнение материала в свою очередь приводит к увеличению удельного объемного электрического сопротивления (рис.8).

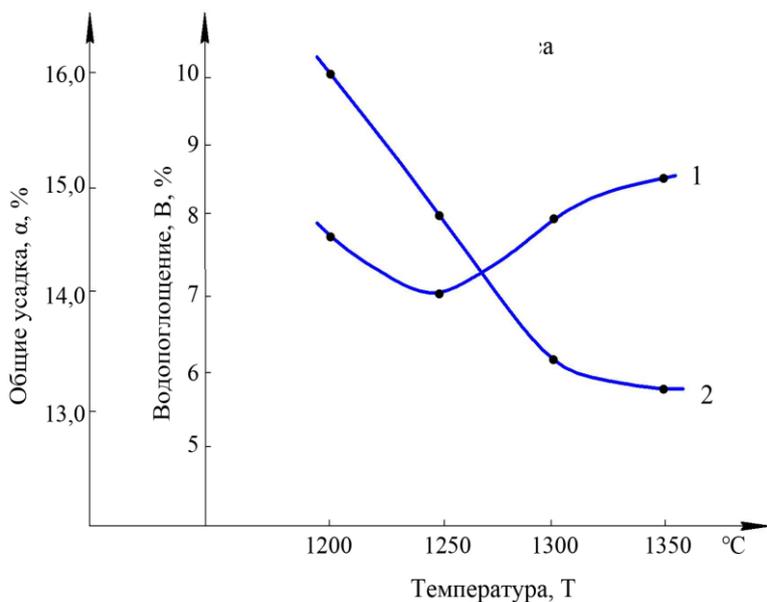


Рис. 7. Влияние температуры обжига на водопоглощение (1) и усадки (2)

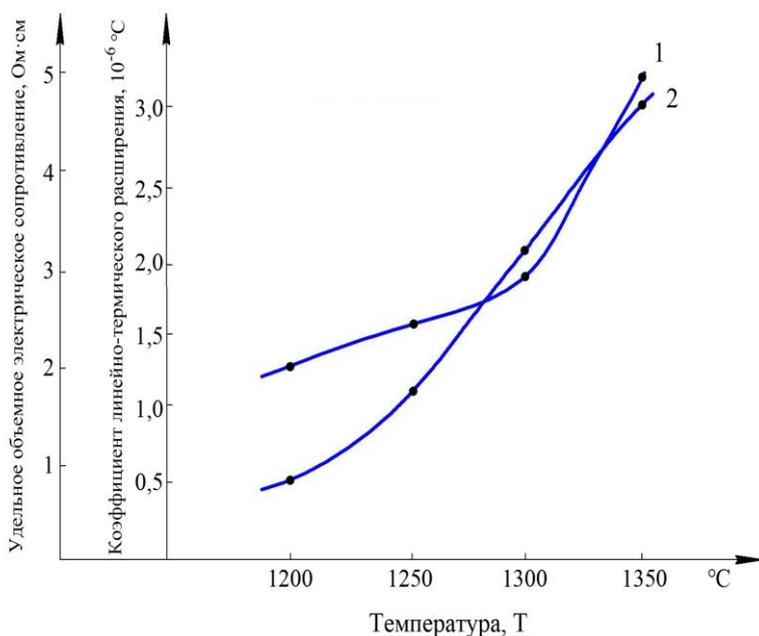
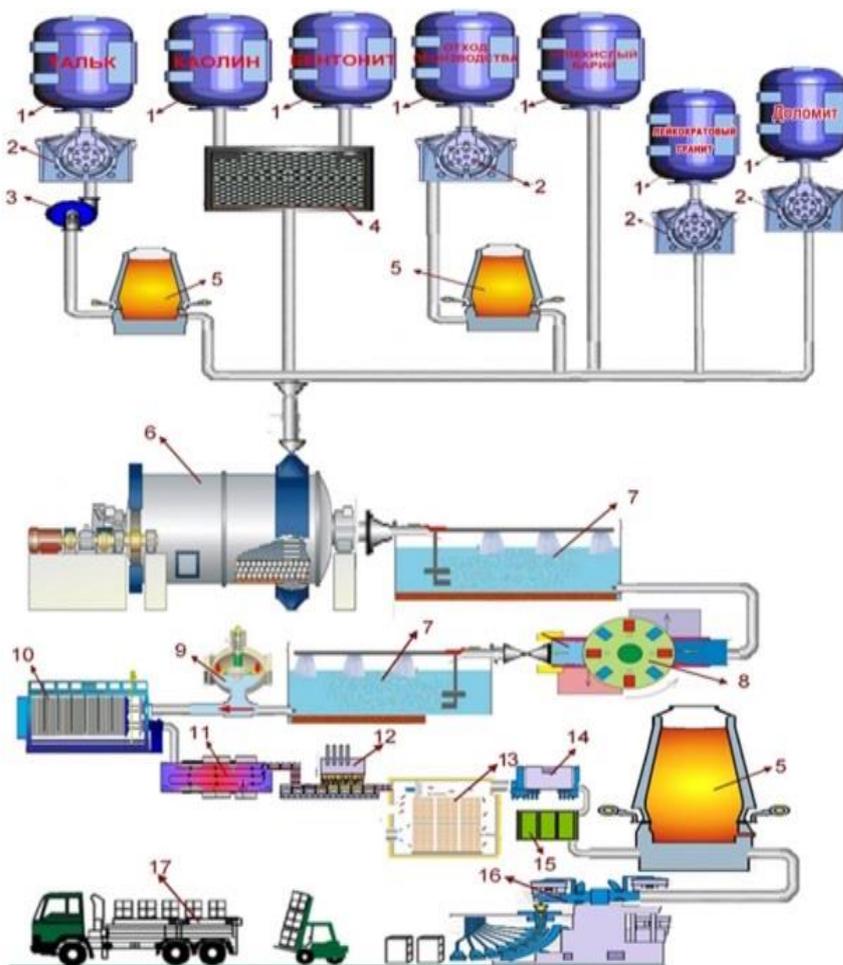


Рис. 8. Изменения удельного объемного электрического сопротивления (1) и КТЛР (2) в зависимости от температуры обжига

Содержание новообразованных кристаллических фаз муллита и кордиерита увеличивается с повышением температуры обжига, а это в свою очередь приводит к увеличению электрического сопротивления материала.

На основе результатов исследования разработана технологическая схема для получения стеатитовых и кордиеритовых электрокерамических композиционных материалов на основе местного и вторичного сырья (рис.8).



- 1-бункер для сырьевых материалов; 2- дробилка;
- 3- грубый помол; 4- емкость для набухания каолина и бентонита в воде; 5-печь для обжига;
- 6- шаровая мельница;
- 7- бассейн с пропеллерной мешалкой; 8-магнитный сепаратор; 9- выбранный насос;
- 10- фильтр-пресс;
- 11-вакуумпресс;
- 12-формовочный станок;
- 13-конвейерная сушилка;
- 14-сухая оправка; 15- мокрая оправка; 16-сортировка;
- 17-упаковка.

Рис. 8.
Технологическая
схема получения
композиционных
электрокерамических
материалов

В шестой главе «**Практические и экономические аспекты разработанных электрокерамических композиционных материалов и изделий из них**» приведены результаты исследований в области разработки технологии получения, выпуска и опытно-производственных испытаний разработанных электрокерамических композиционных материалов, а также технико-экономическая эффективность.

Опытно-производственные испытания разработанных составов масс стеатитовых и кордиеритовых электрокерамических композиций проведены на АО «ONIKS FARFOR» (АКТ от 14.09.2015г), АО «УзКТЖМ» (акт от 20.10.2016г), НПО «РМиТС» АО «Алмалыкский ГМК» (от 28.06.2021г.) и внедрения технологии получения электрокерамических композиционных материалов в условиях НПО «РМиТС» АО «Алмалыкский ГМК» (от 23.08.2021г.)

Керамико-технологические и диэлектрические характеристики опытных образцов, полученных в производственных условиях, отвечают требованиям ГОСТ 20419-83 для производства электрокерамических изделий.

Расчетный ожидаемый экономический эффект от выпуска и применения 100т материала составляет 2352060000 сум в год в условиях НПО «РМиТС» АО «Алмалыкский ГМК».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Разработан научно-обоснованный подход создания эффективных составов и ресурсосберегающая технология получения композиционных электрокерамических материалов на основе местного сырья и кремнеземсодержащего отхода промышленности и изделий из них машиностроительного назначения.

2. Физико-химических методов исследований установлены химико-минералогический, гранулометрический состав, физико-химические и технологические свойства талька, лейкократового графита, доломита, бентонита, и определены образование кристаллические фазы мета- и ортосиликат магния при температуре обжига 1350°C талька.

3. Разработаны эффективные составы электрокерамической композиции на основе местных сырьевых минералов – талька, лейкократового гранита, доломита, бентонита, каолина и кремнеземсодержащего отхода.

4. Установлено влияние механизма процесса фазообразования и стекловидной фазы на керамико-технологические и диэлектрические свойства композиции.

5. Установлено четко выраженная мелкозернистая и однородная структура композиции при температуре 1350°C , которая содержит из кристаллов муллита, кварца, крстобалита и стекловидной фазы, заполняющие промежутки между кристаллами.

6. Определена температурная зависимость керамико-технологических и диэлектрических свойств образцов электрокерамического композита.

7. Разработана ресурсосберегающая технология получения электрокерамических композиционных материалов на основе местного сырья и кремнеземсодержащего отхода рисоперерабатывающей промышленности.

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

**STATE UNITARY ENTERPRISE «FAN VA TARAKKIYOT»
TASHKENT STATE TECHNICAL UNIVERSITY
NAMED AFTER ISLAM KARIMOV**

TULYAGANOVA VASILA SUNATILLAEVNA

**DEVELOPMENT OF EFFECTIVE COMPOSITIONS AND ENERGY-
RESOURCE-SAVING TECHNOLOGY FOR OBTAINING CERAMIC
ELECTRICAL INSULATING COMPOSITE MATERIALS**

02.00.07- Chemistry and technology of composite, paint and varnish 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 (technical sciences)

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

The theme of dissertation doctor of science (DSc) was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the republic of Uzbekistan under number B2021.4.DSc/T462.

The dissertation has been prepared at the State Unitary Enterprise «Fan va tarakkiyot» of Tashkent State Technical University named after Islam Karimov.

The abstract of the dissertation is issued in three languages (uzbek, russian, english (resume)) on the scientific council website www.gupft.uz and on website of «Ziyonet» Information and Educational portal www.ziyonet.uz.

Research supervisors: **Negmatov Sayibjan Sadikovich** - Academician of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, doctor of technical sciences, professor

Abdullaeva Raisa Ismatovna - doctor of technical sciences, professor

Official opponents: **Talipov Nigmatilla Hamidovich**
doctor of technical sciences, s.r.

Kadirova Zulayxo Raimovna- doctor of chemical sciences, professor

Turaxodjaev Nodir Djaxongirovich - doctor of technical sciences, professor

Leading organization: **Fargona Polytechnical Institute**

The defense will take place «18 » december 2021 at 14 :00 the meeting of Scientific one time council No.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 city, Almazar district, Mirzo Golib street, 7a. tel/fax:(+99871) 246-39-28/(+998971) 227-12-73,e-mail:gupft@inbox.uz).

The dissertation can be reviewed at the information resource centre of the state unitary enterprise «Fan va tarakkiyot», (is registered under No.31). Address: 100174, Tashkent city, Almazar district, Mirzo Golib street, 7a. tel/fax:(+99871) 246-39-28/(+998971) 227-12-73,e-mail: fan va taraqqiyot@mail.ru).

Abstract of dissertation sent out on « 6 » december 2021 y.
(mailing report No.31-21, 25.11. 2021 y.).


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


M.E. Ikramova
Scientific secretary of the scientific council
awarding scientific degrees,
candidate of chemical sciences, s.r.a


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

INTRODUCTION (abstract of (DSc) thesis)

The aim of the research work it consists in the development of an effective composition and obtaining technology of electroceramic composition materials on the basis of local and secondary raw materials mechanically treated and thermally treated.

The object of the research work as a result, a silica-containing output was obtained, which was formed from the shell of talc, leukocratic granite, dolomite, bentonite, kaolin and rice.

Scientific novelty of the research work: on the basis of talc, the scientific-theoretical basis of the technology of production of electroceramic composition materials was developed, that is, the more delicate grinding of the components of electroceramic compositions and the cooking of low temperatures;

the chemical and mineralogical composition and properties of the first homashios were studied and their suitability for the production of electroceramic compositions was determined;

as a result of Physico-Chemical tests, the specificity and phase composition of microstructure formation in the composition of electrochemical on the basis of local homashyos was determined, the content of which is characterized mainly by the content of steatite and cordierite, the presence of glass phase, mullite and quartz;

on the basis of mechanized local raw materials and secondary resources, effective composition of electroceramic composite materials with improved properties was developed and their suitability for the production of electrical insulation materials was determined;

the legalities of the phase formation process in the cooking of the composition mixtures were determined, the nature of the distribution of newly formed minerals by volume was revealed.

the mechanism of exposure to the ceramic-technological and dielectric properties of the phase formation process and the vitreous phase was determined.

the dependence of ceramic-technological and dielectric properties of electroceramic composition samples on the performance was determined.

Implementation of the research results. On the basis of scientific research conducted on the creation of an effective composition and obtaining technology of electroceramic composition materials on the basis of local and secondary materials, the following results were obtained:

the effective composition of the developed electrochemical composition materials was introduced in the Iichb «Almalik MMC» JSC «NM and QQ» (reference book of JSC «Almalik MMC» dated 24 November 2021 HA-009604). As a result, the physico-mechanical and electroisolation properties of the developed electroceramic materials have improved, that is, the mechanical strength has allowed to increase by -30% and the electrical strength by 8.0% ;

the optimal composition of electrochemical compositions developed on the basis of waste from talc, leukocratic granite, dolomite, bentonite, kaolin and kremnezem was introduced in the Iichb «Almalik MMC» JSC «NM and QQ» (reference book «Almalik MMC» JSC on November 24, 2021). As a result, it was

found that the ripening rate was reduced to 50 °C compared to the benchmark, which resulted in savings in sideilg'i energy resources and a decrease in the finished product tannery by 22%;

created effective production technology «Almalik MMC» JSC «NM and QQ» "was introduced in the lichb (reference book of «Almalik MMC» JSC " HA-009604 of November 24, 2021). As a result, instead of organic plasticizers, water was used, which made it possible to obtain environmentally friendly production technology that does not produce gas and aqueous and solid wastes, and increase the economic efficiency of JSC «Almalik MMC».

The structure and volume of the thesis. The composition of the dissertation consists of introduction, six chapters, conclusion, list of used literature and applications. The size of the dissertation was 179 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS
I бўлим (I часть; I part)

1. Абдуллаева Р.И., Туляганова В.С., Негматов С.С., Абед Н.С. Электрокреамические композиционные материалы и технология их получения. Монография. – Ташкент. Инновацион ривожланиш нашриёт-матбаа уйи. 2021, - 122 с.

2. Туляганова В.С. Исследование химического и фазового составов электрокерамических композиционных материалов, обожженных при различных температурах. // Композиционные материалы, 2009, № 4, - С. 18-20 (02.00.00; №4).

3. Эминов А.М., Туляганова В.С., Абдуллаева Р.И., Негматов С.С. Механизм формирования структуры стеатитового электрокерамического материала // Композиционные материалы, 2017, № 1, - С. 30-32 (02.00.00; №4).

4. Эминов А.М., Негматов С.С., Султанходжаев Г.Т, Туляганова В.С., Эминов А.А., Саркисян А.О. Расчет и корректировка технологических параметров тонкокерамических масс. // Композиционные материалы, 2017, № 4, - С. 81-83 (02.00.00; №4).

5. Эминов А.М., Туляганова В.С., Рузметов И., Эминов Ал.А., Вакасов С., Боймуратова М.Т. Особенности образования и развития муллита при обжиге глинистых минералов. // Композиционные материалы, 2019, № 3, - С. 100-101 (02.00.00; №4).

6. Туляганова В.С., Абдуллаева Р.И., Тўйчиева М.О., Умирова Н.О., Аззамова Ш.А.. Петрографическое и рентгенографическое исследования керамических композиций на основе местного сырья // Universum: технические науки. Выпуск: 8(89) Москва. 2021. Часть 2. -С. 117-122 (02.00.00; №1).

7. Туляганова В.С., Абдуллаева Р.И., Тўйчиева М.О., Умирова Н.О., Аззамова Ш.А. Разработка и исследование керамико-технологических и диэлектрических свойств композиционных электрокерамических материалов // Universum: технические науки. Выпуск: 8(89) Москва 2021. Часть 2. – С. 293-298 (02.00.00; №1).

8. Туляганова В.С., Абдуллаева Р.И., Негматов С.С., Абед Н.С., Баракаева С.Т., Умирова Н.О., Аззамова Ш.А. Исследование процесса фазообразования керамических композиционных материалов на основе местного сырья. / Композиционные материалы, 2021, №2, - С. 76-81 (02.00.00; №4).

9. Туляганова В.С, Абдуллаева Р.И, Негматов С.С, Тўйчиева М.О, Шарипов Ф.Ф., Джабаров Б.Т.,. Ходжаева Д.Н Состав и свойства электрокерамических композиции на основе отхода промышленности // Композиционные материалы, № 3, 2021, -С. 179-181 (02.00.00; №4).

10. Туляганова В.С, Абдуллаева Р.И, Негматов С.С, Тўйчиева М.О, Шарипов Ф.Ф, Ходжаева Д.Н. Фазовый состав электрокерамических композиционных материалов с улучшенными свойствами // Композиционные материалы, № 3, 2021, -С. 200-202 (02.00.00; №4).

11. Туляганова В.С, Абдуллаева Р.И, Негматов С.С, Тўйчиева М.О, Шарипов Ф.Ф, Ходжаева Д.Н. Использование углекислого бария при получении композиционных электрокерамических материалов // Композиционные материалы, № 3, 2021, -С. 208-209 (02.00.00; №4).

12. Туляганова В.С, Абдуллаева Р.И, Негматов С.С, Тўйчиева М.О, Шарипов Ф.Ф, Валиева Г.Ф. Исследование процесса спекаемости электрокерамических композиций // Universum: технические науки. Выпуск: 10(91) Москва 2021. Часть 4. –С. 44-46 (02.00.00; №1).

13. Туляганова В.С., Абдуллаева Р.И., Негматов С.С., Абед Н.С., Умирова Н.О., Аззамова Ш.А., Баракаева С.Т. Разработка состава и исследование свойств керамических композиций на основе местного сырья / Журнал Доклады Академии наук Республики Узбекистан 2021. №4.-С. 48-52 (02.00.00 №8).

II бўлим (II часть; II part)

1. Негматов С.С., Абдуллаева Р.И., Туляганова В.С. Состав масс композиционных электрокерамических материалов. // Республиканской научно-технической конференции «Композиционные материалы на основе техногенных отходов и местного сырья: состав, свойства и применение». – Ташкент, 2010, - С. 102-103.

2. Raisa Abdullaeva, Soyibjon Negmatov, Vasila Tulyaganova, Surayo Yulchieva, Djura Islamov. Electro ceramic composition with the improved properties on the basis of local mineral raw material. // Porous and Powder Materials Symposium and Exhibition PPM 2013 Izmir-Turkey. 3-6 September, 2013, -P. 98-104.

3. Туляганова В.С., Абдуллаева Р.И., Негматов С.С., Якубов М.М., Носирова Л.Т. Технологические параметры электрокерамических материалов, применяемых в энергетике. / Республиканской научно-технической конференции «Прогрессивные технологии получения композиционных материалов и изделий из них». -Ташкент. 28-29 апреля, 2015, -С. 379-381.

4. Абдуллаева Р.И., Туляганова В.С., Якубов М.М., Негматов С.С., Носирова Л.Т. Исследование факторов, влияющих на свойства электрокерамических материалов на основе местного сырья. // Республиканской научно-технической конференции «Прогрессивные технологии получения композиционных материалов и изделий из них». - Ташкент. 28-29 апреля, 2015, -С. 381-383.

5. Туляганова В.С., Эминов А.М., Негматов С.С., Якубов М.М., Носирова Л.Т. Апробирование электрокерамических материалов на основе

местного и вторичного сырья. // Республиканской научно-технической конференции «Перспективы развития композиционных и наноконпозиционных материалов», -Ташкент. 11-12 ноября, 2016, - С. 148-149.

6. Туляганова В.С., Абдуллаева Р.И., Негматов С.С., Мадрахимов А.М., Валиева Г.Ф. Подбор объектов и методика исследования местного сырья и отхода производства для получения электрокерамических материалов. // Республиканской научно-технической конференции «Ресурсо – и энергосберегающие, экологически безвредные композиционные материалы». -Ташкент. 25-26 апреля, 2019, - С. 278-280.

7. Туляганова В.С., Абдуллаева Р.И., Негматов С.С., Валиева Г.Ф., Мадрахимов А.М. Получения электрокерамических композиционных материалов на основе местного сырья и отхода производства. // Республиканской научно-технической конференции «Ресурсо – и энергосберегающие, экологически безвредные композиционные материалы». -Ташкент. 25-26 апреля, 2019, - С. 280-282.

8. Эминов А.М., Туляганова В.С., Рузметов И., Эминов Ал.А., Вакасов С., Боймуратова М.Т. Особенности образования и развития муллита при обжиге глинистых минералов. // Международная Узбекско-Белорусская научно-техническая конференция «Композиционные материаллополимерные материалы для различных отраслей промышленности и сельского хозяйства», -Ташкент. 21-22 мая, 2020, -С. 301-303.

9. Туляганова В.С., Абдуллаева Р.И., Негматов С.С., М.О. Тўйчиева. Выбор объекта и методики получения исследований физико-механических свойств керамических композиционных материалов // Республиканская научно-техническая конференция «Ресурсо – и энергосберегающие, экологически безвредные композиционные и наноконпозиционные материалы», -Ташкент. 25-26 апреля, 2019, -С. 427.

10. Туляганова В.С., Абдуллаева Р.И., Негматов С.С., Тўйчиева М.О.. Электронно-микроскопический анализ разработанных электрокерамических композиционных материалов // Международная Узбекско-Белорусская научно-техническая конференция «Композиционные материаллополимерные материалы для различных отраслей промышленности и сельского хозяйства», -Ташкент. 21-22 мая, 2020, -С. 460-462.

11. Туляганова В.С., Абдуллаева Р.И., Негматов С.С., Тўйчиева М.О., Аззамова Ш.А., Умирова Н.О., Хаминов Б.Н. Исследование процесса спекаемости и физико-механические свойства электрокерамических композиций. // Международная научно-техническая конференция «Композиционные материалы на основе техногенных отходов и местного сырья: состав, свойства и применение», -Ташкент. 16-17 сентября 2021 года
Материалы конференции Конференция посвящается 30-летию Независимости Республики Узбекистан и 80-ЛЕТИЮ академика АН РУз, Заслуженного деятеля науки РУз Академика Академии Международной

Высшей школы Почетного доктора наук ИММС им. В.А. Белого НАНБ Негматова Сайибжана Садиловича, -С. 140-143.

12. Туляганова В.С, Абдуллаева Р.И, Негматов С.С, Тўйчиева М.О, Умирова Н.О, Аззамова Ш.А, Баракаев С.Т. Объект исследования и методы получения опытных образцов композиционных электрокерамических материалов. // Международная научно-техническая конференция «Композиционные материалы на основе техногенных отходов и местного сырья: состав, свойства и применение», -Ташкент. 16-17 сентября 2021 года, Конференция посвящается 30-летию Независимости Республики Узбекистан и 80-ЛЕТИЮ академика АН РУз, Заслуженного деятеля науки РУз Академика Академии Международной Высшей школы Почетного доктора наук ИММС им. В.А. Белого НАНБ Негматова Сайибжана Садиловича,-С. 162-165.