

**УМУМИЙ ВА НООРГАНИК КИМЁ ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.02/05.05.2023.К/Т.35.02
РАҚАМЛИ БИР МАРТАЛИК ИЛМИЙ КЕНГАШ**

УМУМИЙ ВА НООРГАНИК КИМЁ ИНСТИТУТИ

ЭМИНОВ АФЗАЛ АШРАПОВИЧ

**ТЕХНИК МАҚСАДЛАРДАГИ АЛЮМОСИЛИКАТ КЕРАМИК
МАТЕРИАЛЛАРИНИНГ ТАРКИБЛАРИНИ ВА ПАСТ ҲАРОРАТДА
ОЛИШ ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ**

**02.00.13 – Ноорганик моддалар ва улар асосидаги материаллар технологияси
02.00.15 – Силикат ва қийин эрийдиган нometалл материаллар технологияси**

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

Тошкент – 2025

Фан доктори (DSc) диссертацияси автореферати мундарижаси

Оглавление автореферата диссертации доктора наук (DSc)

Contents of dissertation abstract of doctor of science (DSc)

Эминов Афзал Ашрапович

Техник мақсадлардаги алюмосиликат керамик материалларининг таркибларини ва паст ҳароратда олиш технологиясини ишлаб чиқиш.....3

Эминов Афзал Ашрапович

Разработка составов и низкотемпературной технологии получения алюмосиликатных керамических материалов технического назначения.....29

Eminov Afzal Ashrapovich

Development of compositions and low-temperature technology for producing aluminosilicate ceramic materials for technical purposes55

Эълон қилинган илмий ишлар рўйхати

Список опубликованных работ

List of published works.....59

**УМУМИЙ ВА НООРГАНИК КИМЁ ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.02/05.05.2023.К/Т.35.02
РАҚАМЛИ БИР МАРТАЛИК ИЛМИЙ КЕНГАШ**

УМУМИЙ ВА НООРГАНИК КИМЁ ИНСТИТУТИ

ЭМИНОВ АФЗАЛ АШРАПОВИЧ

**ТЕХНИК МАҚСАДЛАРДАГИ АЛЮМОСИЛИКАТ КЕРАМИК
МАТЕРИАЛЛАРИНИНГ ТАРКИБЛАРИНИ ВА ПАСТ ҲАРОРАТДА
ОЛИШ ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ**

**02.00.13 – Ноорганик моддалар ва улар асосидаги материаллар технологияси
02.00.15 – Силикат ва қийин эрийдиган нometалл материаллар технологияси**

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

Тошкент – 2025

Фан доктори (DSc) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Олий таълим, фан ва инновациялар Вазирлиги ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида B2025.3.DSc/T963 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Умумий ва ноорганик кимё институтида бажарилган.

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

Илмий маслаҳатчи:

Сабилов Бахтиёр Тохтаевич

техника фанлари доктори, катта илмий ходим

Расмий оппонентлар:

Верещагин Владимир Иванович

техника фанлари доктори, профессор

Мирзақулов Холтура Чориевич

техника фанлари доктори, профессор

Искандеров Ахмед Макседбаевич

техника фанлари доктори, профессор

Етакчи ташкилот:

Наманган давлат техника университети

Диссертация ҳимояси Умумий ва ноорганик кимё институти ҳузуридаги илмий даража берувчи DSc.02/05.05.2023.К/Т.35.02 рақамли Бир марталик Илмий кенгашнинг 2025 йил «16» «декабрь» «10⁰⁰» соатда ўтадиган мажлисида бўлади (Манзил: 100170, Тошкент ш., М.Улуғбек кўчаси 77-а. Тел.: (+99871) 262-56-60, факс: (99871) 262-79-90, e-mail: ionx@academy.uz)

Диссертация билан Умумий ва ноорганик кимё институтининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (104-рақам билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100170, Тошкент ш., М.Улуғбек кўчаси 77-а. Тел.: (+99871) 262-56-60.

Диссертация автореферати 2025 йил «2» декабрь куни тарқатилди.
(2025 йил «2» декабрдаги 104 рақамли реестр баённомаси)



Н.Х.Усанбаев

Илмий даражалар берувчи бир марталик
илмий кенгаш раиси, т.ф.д., профессор

Ж.С.Шукуров

Илмий даражалар берувчи бир марталик
илмий кенгаш котиби, т.ф.д., профессор

Ш.С.Намазов

Илмий даражалар берувчи бир марталик
илмий кенгаш қошидаги илмий семинар
раиси, т.ф.д., профессор, академик

КИРИШ (Фан доктори (DSc) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурияти. Жаҳонда кўпгина ишлаб чиқариш корхоналарида, жумладан энергетика, автомобиль, фармацевтика, кимё, керамика, тоғ-кон руда ва бир қатор бошқа саноат соҳаларида техник мақсадлардаги алюмосиликат керамик материаллари кенг фойдаланилади. Улардан, юқори глиноземли майдаловчи жисм, туйиш агрегатларининг қоплама кошинлари, керамик изоляторлар кўринишидагилар юқори мустаҳкамлик, емирилишга чидамлик ва диэлектрик ўтказувчанликлари билан фарқ қилади. Шунга боғлиқ равишда, улар металл материал ўрнига юқори даражадаги тоза, ўта майда ва ток кучига чидамли маҳсулотлар олиш зарур бўлган ишлаб чиқариш циклларида қўлланилади. Бундан ташқари, ушбу турдаги материал ва маҳсулотларга бўлган эҳтиёжнинг юқори даражада ортиши туфайли, уларни инновацион технологиялар асосида ишлаб чиқариш жиддий муаммолардан бири ҳисобланади. Таъкидлаш лозимки, техник мақсадлардаги материаллар ишлаб чиқариш бўйича керамика соҳасининг мувоффақиятли фаолияти асосан фойдаланилаётган хомашё компонентларининг сифатига ва тайёрлашнинг ўзига хос технологияларига боғлиқ бўлади. Шунинг учун, техник мақсадлардаги алюмосиликат материаллар таркибларини ва паст ҳароратда пишиши орқали олиш технологияларини ишлаб чиқиш муҳим аҳамиятга эга.

Жаҳонда, ҳозирги кунда юқори глиноземли масса асосида талаб даражасидаги техник керамик материаллар олиш технологиялари бўйича кенг тармоқда илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Бу борада, хомашё жинсининг истиқболли конларини ва иккиламчи ресурсларни жалб қилган ҳолда хомашё базасини кенгайтиришга, хомашё компонентларининг юқори ҳароратдаги пишиш жараёнларига, кам материал сарфи билан уларни олиш технологияларига, тайёр маҳсулотларни зарурий технологик хосса билан таъминловчи минерал фазаларини шаклланиш жараёнларига ҳарорат таъсирини асослашларга, асосий хоссаларини уларни олишнинг технологик режимига боғлиқликларини аниқлашларга алоҳида эътибор қаратилмоқда.

Бугунги кунда Республикамизда маҳаллий хомашё компонентлари асосида керамик материаллар таркибларини ва уларни паст ҳароратда пишиш технологияларидан фойдаланиб ишлаб чиқиш, олинган керамик маҳсулотларни, хусусан юқори мустаҳкам ва юқори зичликка эга қоплама материаллар ва уларни бутловчи қисмларининг ва ҳ.о. физик-механик ва функционал хоссаларини аниқлашлар, бўйича кенг қамровли чора тадбирлар амалга оширилиб, муайян илмий ва амалий натижаларга эришилмоқда. 2022-2026 йилларга мўлжалланган Янги Ўзбекистон Тараққиёт Стратегиясида ноанъанвий норуда хомашё ресурсларини жалб қилган ҳолда хомашё базасини кенгайтириш, “Яшил иқтисодиёт” доирасида чиқиндисиз технологияларни ишлаб чиқиш ва жорий этиш белгиланган.¹ Бу борада, маҳаллий хомашё ва

¹ “2022-2026 йилларга мўлжалланган Янги Ўзбекистон Тараққиёт Стратегияси”. Ўзбекистон Республикаси Президентини 2022 йил 28 январдаги ПФ-60 Фармони

иккиламчи ресурслар асосида юқори глиноземли техник керамика таркибларини, паст ҳароратда пишиш технологияларидан фойдаланиб, ишлаб чиқиш муҳим аҳамият касб этади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йил 28 январдаги ПФ-60 сон “2022-2026 йилларга мўлжалланган Янги Ўзбекистон Тараққиёт Стратегияси” тўғрисидаги ва 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947 сон “2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини Ривожлантиришнинг бешта тамойили бўйича Ҳаракатлар стратегияси”, 2020 йил 29 октябрдаги ПФ-6097 сон “Илм-фанни 2030 йилгача ривожлантириш концепциясини тасдиқлаш” тўғрисидаги Фармонлари, ҳамда 2021 йил 22 апрелдаги ПҚ-5083 сон “Геология соҳасида инвестицияларни фаол жалб этиш, тармоқ корхоналарини трансформация қилиш ва республика минерал хомашё базасини кенгайтириш бўйича қўшимча чора тадбирлар” тўғрисидаги, 2016 йил 26 декабрдаги ПҚ-2698-сон “2017-2019 йилларда тайёр маҳсулот турлари, бутловчи буюмлар ва материаллар ишлаб чиқаришни маҳаллийлаштиришнинг истиқболли лойиҳаларини амалга оширишни давом эттириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги Қарорлари, шунингдек мазкур соҳада қабул қилинган меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни бажаришга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

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

Диссертация мавзуси бўйича хорижий илмий тадқиқотларнинг шарҳи². Хомашё компонентларини паст ҳароратда пишиши орқали юқори мустаҳкамликка ва юқори зичликка эга техник мақсадлардаги керамик материаллар олишга, ҳамда юқори ҳарорат соҳасида, фазавий ўтиш ва минераллар кристалл фаза структураларини шаклланишларини бошқариш йўли билан юқори глиноземли керамик массанинг янги рецептурадаги омукта таркибларидан олинган керамик материаллар физик-механик ва технологик хоссаларини яхшилашга қаратилган илмий тадқиқотлар дунёнинг кўпгина етакчи илмий-тадқиқот марказлари ва олий таълим муассасаларида, жумладан, Massachusetts Institute of Technology (АҚШ), University of Cambridge (Буюк Британия), Institute of Ceramics and Building Materials (Польша), Париж университети (Франция), Asia Ceramics Institute, (Хитой), Kyoto University ва Tokyo Institute of Technology (Япония), Карлосов Федерал университети (Бразилия), Technische Universität München (Германия), Technical University of Denmark (Дания), Беларус Давлат технология университети (Белоруссия), Харьков политехника университети (Украина), Д.И.Менделеев номидаги Россия кимё-технология университетте, Санкт-Петербург технология университети, Томск политехника университети (Россия), М.Ауезов номидаги Жанубий Қозоғистон Давлат университетларида (Қозоғистон) комплекс

² Диссертация мавзуси бўйича хорижий илмий-тадқиқотлар шарҳи <http://www.scholar.google.com>, <http://www.sciencedirect.com> ва бошқа манбалар асосида тайёрланган.

тадқиқотлар олиб борилмоқда.

Жаҳонда техник мақсадлардаги керамик материаллар, яъни майдаловчи жисмлар, қоплама ғишт ёки кошинлар, ҳамда керамик изоляторлар ишлаб чиқаришда маҳаллий хомашё ва иккиламчи ресурслардан фойдаланиб, уларнинг самарадор таркибларини ва олишнинг инновацион технологияларини яратиш бўйича бир қатор тадқиқот натижаларига эришилган, жумладан, паст ҳароратда пишиш билан майдаловчи шар кўринишидаги ишқаланишга чидамли бўлган техник керамика таркиблари яратилган (Д.И.Менделеев номидаги Россия кимё-технология университети, Россия); муллиткорундли техник керамика материалларининг технологик хоссаларига модификацияловчи компонентларнинг таъсири аниқланган (Белорус Давлат технология университети, Беларус); ярим қуруқ пресслаш усулидан фойдаланиб, ишқаланишга чидамли керамик материаллар таркиблари ишлаб чиқилган (Праж университети, Чехия); юқори глиноземли хомашёда муллит минералининг оксидлар билан ўзаро таъсири золь-гель усулида аниқланган (Лимож университети, Франция); таркибида глинозем миқдори юқори бўлган техник мақсадлардаги керамик буюмлар олиш технологиялари ишлаб чиқилган (Урал Федерал Университети, Россия).

Дунёда минерал хомашё ва иккиламчи ресурслар асосида техник мақсадлардаги керамик материаллар олишнинг инновацион технологиялари ишлаб чиқишнинг илмий асосларини яратиш бўйича қуйидаги устувор йўналишларда қатор тадқиқотлар амалга оширилмоқда, жумладан: юқори ҳароратдаги физик-кимёвий жараёнлар, фазавий ўтишлар, алюмосиликат минераллари структураларининг шаклланишлари ўрганиш; замонавий тадқиқот усулларида фойдаланиб, физик-кимёвий жараёнларини, юқори ҳароратли фазавий ўтишларини, минерал кристалл фаза структураларини шаклланишини, керамик массада юзага келган янги минерал фазаларнинг ҳосил бўлишини таҳлил этиш.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Чоп этилган манбаларда, минерал хомашё ва иккиламчи ресурслар асосида юқори глиноземли материал ва маҳсулотлар таркибларини ва олиш технологияларини ишлаб чиқишга, ҳамда уларнинг физик-механик ва технологик хоссаларини яхшилашга бағишланган масалалар кенг ёритилган. проф. Е.С.Лукин раҳбарлигида паст ҳароратда пишиш билан майдаловчи шар кўринишидаги техник керамика таркибини ишлаб чиқиш бўйича илмий тадқиқотлар олиб борилган. Беларус Давлат технология университетида муллиткорундли техник керамиканинг технологик хоссаларига модификацияловчи компонентларнинг таъсири аниқланган. Проф.Р.Ю.Попов раҳбарлигида ярим қуруқ пресслаш усулидан фойдаланиб, едирилишга чидамли керамик материаллар таркиблари ва ишлаб чиқаришнинг технологик параметрлари яратилган. Праж (Чехия) ва Лимож (Франция) университетларида юқори глиноземли хомашёда муллит минералининг оксидлар билан ўзаро таъсири золь-гель усулида тадқиқ этилган. Урал Федерал Университети қошидаги янги материал ва технологиялар институти илмий-тадқиқот лабораторияларида проф. И.Д.Кашеев ва ТПУ проф. В.И.Верещагин раҳбарлигида (Россия), ҳамда Европа

ва Хитой Н.Еrkalfa, R.Krüger J.B.Wachtman, F.A.Yuan, Y.Li, Wang Si каби бошқа хорижий олимлар томонидан гилсимон хомашё ресурслари асосида юқори глиноземли керамик материаллар ишлаб чиқариш технологияларини яратиш бўйича илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда.

Республика профессор олимларидан Н.А.Сирожиддинов, Ф.Х.Тожиев, А.М.Эминов, А.А.Исмамов ва Р.И.Абдуллаевалар томонидан Ангрэн каолин хомашёси асосида алюмосиликат керамик материаллар олиш бўйича бир қатор илмий-тадқиқот ишлари бажарилган. ЎзР ФА Умумий ва ноорганик кимё институти ва Материалшунослик институти илмий-тадқиқот лабораторияларида Ангрэн каолини асосида Республика нефтгазни қайта ишлаш соҳасида ишлатилган катализаторлардан фойдаланиб, юқори глиноземли оловбардош шамот ғишти олиш бўйича бир қатор тадқиқотлар олиб борилган. Таъкидлаш лозимки, Ўзбекистон Республикасида маҳаллий хомашё ва иккиламчи ресурслар етарлича ўрганилмаганлиги сабабли юқори глиноземли жумладан уралит, корунд, муллиткорунд, чинни каби юқори глиноземли майдаловчи жисмлар, туйиш агрегатлари учун қоплама материаллар ва автомобил учкунловчи шамлари учун керамик изоляторлар ишлаб чиқариш бўйича корхоналар мавжуд эмас.

Шундай қилиб, маҳаллий хомашё ва иккиламчи ресурслар асосида энергиятежамкор таркибли, талаб даражасидаги юқори глиноземли техник мақсадлардаги керамик материалларни ишлаб чиқиш бўйича технологик, амалий, экологик ва иқтисодий жиҳатларини тадқиқ этиш бўйича ишончли маълумотлар етарли эмас.

Диссертация тадқиқотининг бажарилган илмий-тадқиқот муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Ўзбекистон Республикаси Фанлар академияси Умумий ва ноорганик кимё институти илмий-тадқиқот ишлари режасига мувофиқ “Қурилиш ва техник мақсадлардаги функционал ва силикат материалларининг энергия ва ресурс тежовчи таркиб ва олиш технологияларини ишлаб чиқиш” (2020-2024 йй) бюджет мавзуси доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади маҳаллий хомашё компонентлари асосида техник мақсадлардаги алюмосиликат керамик материалларининг таркибларини ва паст ҳароратда олиш технологиясини ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

фойдаланилган хомашё компонентларини бойитиш, кимё-минералогик ва гранулометриқ таркибларини, юқори ҳароратли фазавий ўтиш, пишишнинг физик-кимёвий жараёнлари аниқлаш ва алюмосиликатли техник керамик материаллар олиш учун яроқлилигини баҳолаш;

“каолин-глинозем-доломит” композицияси керамик масса омухтаси аралашмасида паст ҳароратда пишиш ва қаттиқ фазали реакция жараёнларини тадқиқ этиш, ҳамда ғовак структураси ва модификацияловчи нанодисперс қўшимчаларнинг намуналар технологик хоссаларига таъсирини аниқлаш;

муллиткорундли намуналарнинг физик-кимёвий, технологик, эксплуатация ва диэлектрик хусусиятларини хомашё компонентларининг таркиби,

дисперслиги ва термик ишлов бериш режимларига функционал боғлиқлигини аниқлаш;

сувоқланма ҳосил қилувчи қўшимчалар билан каолин, глинозем таркибли хомашёлар асосида майдаловчи жисм, қоплама кошин ва керамик изоляторларнинг мақбул таркибларини ишлаб чиқиш ва уларнинг хоссаларини едирилишга чидамлилиги, майдалаш қобилияти ва электр мустаҳкамликларини эксплуатация жараёнида синаш;

ишлаб чиқилган муллиткорунд таркибли майдаловчи жисм, қоплама кошин ва керамик изоляторларнинг тажриба-ишлаб чиқариш йўли билан тадқиқот натижаларини апробациядан ўтказиш ва ишлаб чиқаришда фойдаланишдаги иқтисодий самарадорликларни аниқлаш;

техник мақсадлардаги алюмосиликат керамик материалларни паст ҳароратларда олиш технологияларини ишлаб чиқиш ва зарурий техник ҳужжатларини тузиш;

Тадқиқотнинг объекти бўлиб, Альянс каолини, Ангрен глинаси, Қарғали лейкократ гранити, Яккабоғ кварц қуми, Музбулоқ доломити, Косон бентонит конлари, Шўртон ГКК ва Мубарак НҚИЗларининг глинозем таркибли цеолит чиқиндиси ва тажриба намуналари ҳисобланади.

Тадқиқотнинг предмети майдаловчи жисм, қоплама кошин ва керамик изоляторлар тажриба намуналарининг физик-кимёвий, технологик, эксплуатация ва электр хоссаларини ўрганиш, ҳамда лаборатория тадқиқотлари ва тажриба-ишлаб чиқариш синовини бажариш йўли билан мақбул таркиблари ва уларни олишнинг технологик режимларини аниқлашдан иборат.

Тадқиқотнинг усуллари. Диссертация ишида физик-кимёвий таҳлил, хусусан, кимёвий-аналитик, рентгеноспектрал, рентгенфазали, дифференциал-термик, микроскопик, сканерловчи электрон микроскопик, ИҚ-спектроскопик, ҳамда керамика технологиясининг анъанавий тадқиқот ва стандарт усулларидан фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

Альянс каолинини ҳўл усулда бойитиш орқали олинган каолин концентрати асосида техник керамика таркибларини ишлаб чиқиш имкониятлари асосланган;

юқори глиноземли массанинг импорт ўрнини босувчи таркибларини ишлаб чиқишда каолин, глинозем таркибли чиқиндилардан сувоқланма ҳосил қилувчи қўшимчалар билан биргаликда фойдаланиш имкониятлари асосланган;

алюмосиликат намуналарида муллит ва корунд кристалл фазалари ҳосил бўлишига ғовак структурани ва нанодисперс алюминий оксидининг таъсир аниқланган;

каолин ва бентонитлар билан биргаликдаги глинозем таркибли чиқинди миқдорининг алюмосиликат намуналарининг едирилишга ва майдалаш қобилиятига таъсири аниқланган;

юқори ҳароратда пишишдаги физик-кимёвий жараёнлар ойдинлаштирилган ва 1000-1400°C ҳарорат оралигида юқори глиноземли масса намуналарида муллит, корунд ва қисман кристобалит минералларининг

кристалл фазалари ҳосил қилиш билан фазавий ўтишлари аниқланган;

майдаловчи жисм, қоплама кошин ва керамик изолятор намуналарининг физик-кимёвий, технологик, эксплуатация ва диэлектрик хоссаларининг омукта компонент таркибига боғлиқ равишда ўзгариш қонуниятлари аниқланган;

муллиткорундли намуналардан изолятор учкун берувчи шамларида бутловчи элемент сифатида фойдаланиш имкониятлари аниқланган;

майдаловчи жисм, қоплама кошин ва керамик изоляторлар олиш учун пишишнинг технологик режимлари ва юқори глиноземли массанинг фракция таркиблари мақбуллаштирилган.

Тадқиқотнинг амалий натижаси қуйидагилардан иборат:

Альянс кони каолини ва нефтгазни қайта ишлаш соҳасининг глинозем таркибли чиқинди асосида майдаловчи жисм, қоплама кошин ва керамик изоляторлар таркиблари ва олиш технологиялари ишлаб чиқилган ва ишлаб чиқилган таркибга ЎзР Патенти олинган;

маҳаллий хомашё ва иккиламчи ресурслар асосида муллиткорундли майдаловчи жисм, қоплама кошин ва керамик изоляторларнинг олиш технологияси “Бекабад-огнеупор” ҚК ва “AZIA PORCELAIN TRADE” МЧЖ ларнинг ишлаб чиқариш шароитларида тажриба-саноат синовларидан ўтказилган ва тажриба партиялари ишлаб чиқарилган;

майдаловчи жисм ва қоплама кошинларнинг эксплуатация жараёнида ишқаланишга чидамлилиги “Керамика-огнеупор” МЧЖ ва “ART GLOSS GALLERY” ҚК ларда тажриба-саноат синовидан ўтказилган.

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

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.

Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти шундаки, суёқланма ҳосил қилувчи кўшимчалар билан каолин ва глинозем таркибли чиқинди асосидаги алюмосиликат намуналарининг “таркиб-структура-дисперс-хосса” функционал боғлиқлигини, асосий физик-кимёвий, физик-механик, технологик ва диэлектрик хусусиятларини, хомашё компонентларининг турига, концентрациясига ва пишиш ҳароратининг режимлари боғлиқ равишда ишлаб чиқилганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти шундаки, маҳаллий хомашё ва иккиламчи ресурслар асосида, хомашё базасини бирмунча кенгайтириш йўли билан илк бор юқори глиноземли массадан олинган, технологик ва эксплуатация хоссалари яхшиланган муллиткорундли майдаловчи жисм, қоплама кошин ва керамик изоляторлар ишлаб чиқаришда уларнинг янги таркиблари ва олишнинг технологик режимларини яратишга хизмат қилади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Техник мақсадлардаги алюмосиликат керамик материаллар таркибларини ва паст ҳароратда олиш технологияларини ишлаб чиқиш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

маҳаллий хомашё компонентлари асосида муллиткорундли майдаловчи

жисмнинг ишлаб чиқилган таркиби ва олиш технологияси “Бекабод-огнеупор” ҚҚнинг “2026-2027 йилларда амалиётга жорий этиладиган истиқболли ишланмалар рўйхати”га киритилган (“Бекабод-огнеупор” ҚҚнинг 2025 йил 23 июндаги 106-сонли маълумотномаси). Натижада, четдан келтирилганга нисбатан уч марта арзон майдаловчи жисм ишлаб чиқиш имконини беради;

маҳаллий хомашё компонентлари асосида юқори глиноземли массадан олинган муллиткорундли қоплама кошин таркиби ва олиш технологияси “ART GLOSS GALLERY” ҚҚнинг “2026-2027 йилларда амалиётга жорий этиладиган истиқболли ишланмалар рўйхати”га киритилган (“ART GLOSS GALLERY” ҚҚнинг 2025 йил 10 июлдаги 10/11 2025-6-сонли маълумотномаси). Натижада, туйиш агрегатлари учун четдан келтирилганга нисбатан уч марта арзон қоплама кошин ишлаб чиқариш имконини беради;

маҳаллий хомашё компонентлари асосида учқун берувчи шамлар учун керамик изоляторларнинг ишлаб чиқилган таркиб ва олиш технологияси “AZIA PORCELAIN TRADE” МЧЖ ҚҚнинг “2026-2027 йилларда амалиётга жорий этиладиган истиқболли ишланмалар рўйхати”га киритилган (“Ўзсаноатқурилишматериаллари” Уюшмасининг 2025 йил 24 июлдаги 02/15-2501 сон маълумотномаси). Натижада, паст ҳароратли технология асосида стандарт талабларга мос келган маҳсулот олиш имконини беради.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Ушбу тадқиқот натижалари 14 та Халқаро ва 15 та Республика илмий-амалий конференцияларида муҳокамадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Диссертация мавзуси бўйича жами 46 та илмий иш нашр этилган, шулардан 16 таси илмий мақола бўлиб 9 таси Scopus базасидаги журналларда, Ўзбекистон Республикаси Олий Аттестация Комиссиясининг докторлик диссертациянинг асосий илмий натижаларини чоп этишга тавсия этилган 1 таси хорижий ва 6 таси Республика илмий нашрларда чоп этилган. 1та ЎзР Патенти олинган.

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

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида ўтказилган тадқиқотларнинг долзарблиги ва зарурати асосланган, тадқиқотнинг мақсади ва вазифалари, объект ва предметлари тавсифланган, республика фан ва технологиялари Ўзбекистон Республикаси ривожланишининг устивор йўналишларига мослиги кўрсатилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилинган, олинган натижаларнинг назарий ва амалий аҳамияти очиқ берилган, тадқиқот натижаларини амалиётга жорий қилиш, нашр этилган ишлар ва диссертация тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг “**Техник мақсадлардаги юқори глиноземли керамик материалларнинг таркиблари ва ишлаб чиқариш технологиясини яратиш бўйича тадқиқот вазифасининг замонавий ҳолати ва уларни ривожлантириш истиқболлари**” деб номланган биринчи бобида, техник

мақсадлардаги юқори глиноземли керамик материаллар, хусусан муллиткорунд таркибли майдаловчи жисм, туйиш агрегатлари учун қоплама материал ва элеккерамик изоляторлар таркибларини ишлаб чиқиш учун хомашё компонентларини танлаш, физик-кимёвий, физик-механик, технологик, ҳамда эксплуатация хоссалари, олиш усуллари, юқори ҳароратдаги пишиш, фазавий ўтиш ва куйдириш режимида керамик сополак кристалл фазасининг структура ҳосил қилиши жараёнлари масалалари бўйича жаҳонда, жумладан Ўзбекистонда илмий-техник адабиётларда чоп этилган илмий тадқиқот ишларининг танқидий таҳлил натижалари келтирилган.

Берилган хоссаларга эга техник мақсадлардаги керамик материаллар ишлаб чиқариш учун Республика минерал хомашё ва иккиламчи ресурслари таҳлил ва муҳокама қилинган. Истиқболли гилсимон хомашё ресурсларини технологик бойитиш, техник керамика таркибларини ишлаб чиқиш учун уларнинг яроқлилигини баҳолаш бўйича масалалар кўрилган. Натижада нашр этилган ишларни танқидий таҳлил ва муҳокама қилишда ушбу тадқиқотнинг мақсад ва вазифалари шакллантирилган.

Диссертациянинг **“Физик-кимёвий ва технологик тадқиқот усуллари. Минерал фазаларнинг пишиш ва структура ҳосил қилиш жараёнлари. Фойдаланилган ноорганик минерал хомашё ва иккиламчи ресурсларнинг асосий хусусиятлари”** деб номланган иккинчи бобида керамик материаллар учун хомашё материаллари ва тажриба намуналарини физик-кимёвий тадқиқонинг замонавий усуллари тўғрисидаги юқори глиноземли омукта технологик хоссаларининг бошланғич хомашё компонентларининг таркиби, технологик хоссаларини таркибига функционал боғлиқларини аниқлаш учун фойдаланилган асбоб-ускуналарнинг хусусиятлари тўғрисида маълумотлар келтирилган. Тажриба намуналарининг физик-механик, технологик ва диэлектрик хоссаларини тадқиқ этиш учун керамика технологияси бўйича пластик ва ярим қуруқ шакллаш усуллари, лаборатория печларида 1000-1450°C ораликларда куйдириш йўли билан тадқиқотлар олиб борилди.

Юқори глиноземли керамик масса намуналарининг пишиш, юқори ҳароратда фазавий ўтиш ванамуна кристалл структурасини ҳосил қилиш жараёнлари физик-кимёвий таҳлил усуллари билан аниқланди. Куйдирилган тажриба намуналарининг асосий технологик кўрсаткичлари керамика технологиясининг синфий, ҳамда амалдаги бир қатор стандарт усуллари бўйича синовдан ўтказилди. Техник мақсадлардаги керамика материалларининг таркибларини ишлаб чиқиш учун Республикада мавжуд бўлган гилсимон минерал хомашё конлари ва иккиламчи ресурслари, ҳамда суюқланма ва модификацияловчи компонентларнинг хусусиятлари тўғрисидаги маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг **“Юқори глиноземли масса олиш учун хомашё компонентларини бойитиш ва яроқлилигини баҳолаш. Гилсимон ва тошсимон компонентлар орасидаги қаттиқ фазали реакция жараёнлари ва фазавий ўзаро муносабатлар. Техник керамиканин омухта таркибларини ишлаб чиқиш”** деб номланган учинчи бобида гилсимон хомашёнинг кимё-минералогик ва донадорлик таркиблари, бойитиш, юқори ҳароратдаги

алюмосиликат минералларининг кристалл фазаларини ҳосил қилиш орқали қаттиқ фазали пишиш жараёнлари ва каолин, глинозем ва доломит орасидаги ўзаро фазавий муносабатлар, ҳамда техник керамиканинг, хусусан майдаловчи жисм, қоплама элементлар ва керамик изоляторларнинг асосий физик-кимёвий хусусиятлари, ҳамда учламчи диаграммада мақбул таркиблар соҳасини аниқлаш бўйича тадқиқот натижалари келтирилган.

Алюмосиликат массаси таркибини ишлаб чиқиш учун хомашё компонентлари сифатида Альянс каолини, Қарғали лейкократ гранити, Яккабоғ кварц қуми, Музбулоқ доломити, Косон бентонити конларидан, ҳамда Шўртон газкимёвий комплекси (ШГКК ГЧ) ва Муборак нефтни қайта ишлаш заводларининг (МНҚИЗ ГЧ) глинозем таркибли чиқиндиларидан, зарурий модификацияловчи қўшимчалардан фойдаланилди.

Маълумки, алюмосиликат керамик масса олиш учун асосий хомашё компоненти бўлиб, каолинлар ҳисобланади, аммо улар ўз таркиби бўйича керамика саноати учун мўлжалланган хомашё талабларига ҳар доим ҳам мос келмайди. Зарурий натижаларга эришиш, яъни каолин таркибидаги алюминий оксидини кўпайтириш ва темир оксидини камайтириш учун Альянс каолинини ҳул усулдан фойдаланиб, технологик бойитиш ишлари олиб борилди, натижада каолин концентрати олинди (1 ва 2-жадвал).

1-Жадвал

Альянс каолинининг табиий ва бойитилгандаги минералогик таркиби

Каолин	Минераллар миқдори, мас.%					
	Каолинит	Монтмориллонит	Кварц	Гидро-слюда	Дала шпати	Бошқалар
Табиий	33,58	2,18	44,31	4,68	15,08	0,8
Бойитилган	72,27	6,48	16,19	0,27	4,53	0,5

2-Жадвал

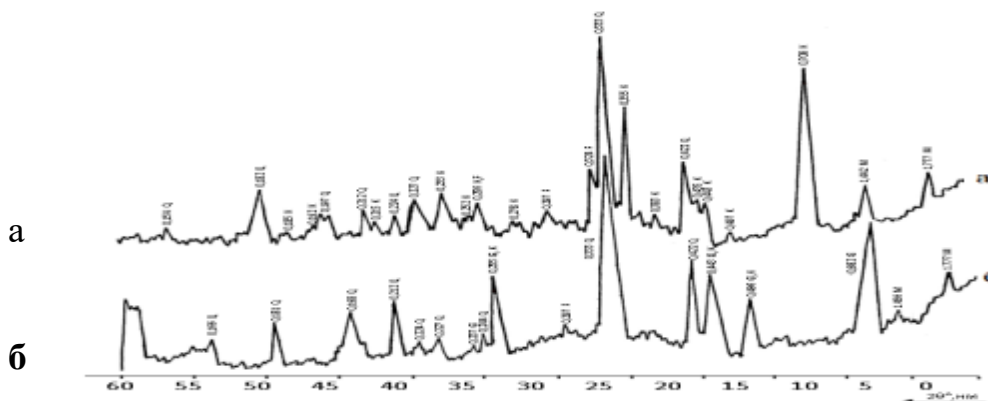
Альянс каолинининг керамикавий-технологик хоссалари

Хосса кўрсаткичлари	Альянс каолини	Просьянов каолини
Қовушқоқлиги Аттерберг бўйича, %	11-13	7-8
pH киймати, сувда тортиш бўйича	8,18	9,50
Элакдаги қолдиқ, % №0063	0,02	0,04
Оқлиги, %:	110°Сда қуритилган	69
	1350°Сда куйдирилган	86-88
Қисқариши, %:	110°С қуритишда	3,71
	1350°С куйдиришда	14,75
Чўзилишдаги мустаҳкамлик, МПа	110°Сда қуритилган	1,3-1,9
	1350°Сда куйдирилган	88-92
Сув шимувчанлиги, % (1350°С):	6,7	7,8
Оловбардошлиги, °С	1690-1715	1770-1790

Альянс каолинининг кимё-минералогик таркиби ва керамикавий-технологик хоссалари бўйича Просьянов (Украина) каолинига ўхшашлиги, ҳамда қовушқоқлиги ва оқлиги бўйича амалда ундан қолишмаслиги

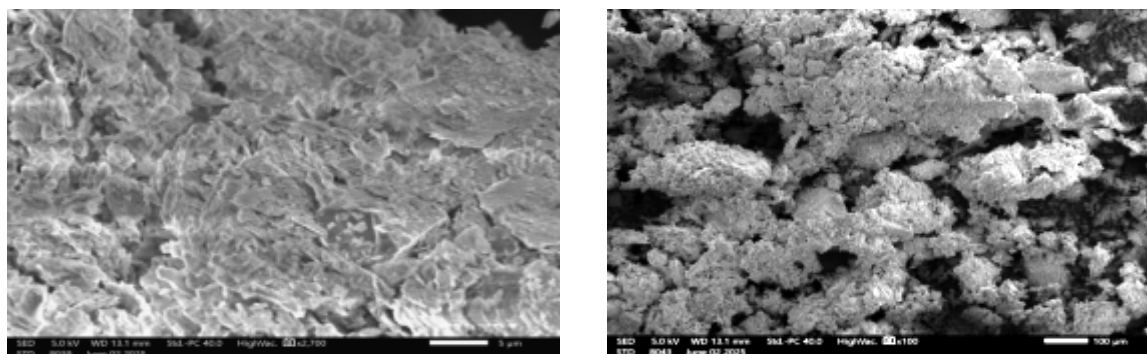
аниқланди. Шунга боғлиқ равишда, бойитилган каолинни асосий хомашё компоненти сифатида техник мақсадлардаги керамик материаллар ва нозик керамик бумлар ишлаб чиқаришида фойдаланиш мумкин.

Каолин бошланғич намунасининг рентгенограммасида (1а-расм) каолинит (0.255; 0.443; 0.496 нм), гидрослюда (0.237; 0.982 нм), монтмориллонит (1,456; 1,777 нм), кварц (0.166; 0.181; 0.197; 0.212; 0.227; 0.227; 0.244; 0.333; 0.422 нм) ва дала шпатиларининг (0.324; 0.297 нм) дифракция максимумлари кузатилди. Бойитилган каолиннинг рентгенограммаси дифракция чизиқларида каолинит миқдорининг сезиларли ортганини ва кварц миқдорининг камайганлигини, ҳамда монтмориллонит миқдорининг бир мунча ортганини кўрсатади. Кварц дифракция максимумлари жадаллашуви бўйича бир мунча камайган ва гидрослюдага тегишли бўлган дифракция максимумлари эса умуман йўқолгани аниқланди.



1-Расм. Альянс каолини бошланғич (а) ва бойитилган (б) намунасининг рентгенограммалари

Бойитилган каолиннинг растр электрон микроскоп тасвирида псевдогексагонал шаклдаги, сарикроқ кул рангдаги қаватли структурага ва 5 мас.% кварц аралашмасига эга алоҳида пакетларга йиғилган кристаллар кўринди (2-расм). Бундан ташқари қаватли структуранинг асосий минерали – каолинит ва унинг полиминерал таркиби яққол кўринганлини аниқланди.



2-Расм. Альянс каолини бойитилган намунасининг электрон-микроскоп тасвири: а-5 μm; б-100 μm

Алюмосиликатли керамика таркибини ишлаб чиқиш учун каолиндан ташқари, бошқа гилсимон, томсимон ва минераллаштирувчи хомашё

компонентларидан ҳам фойдаланилди, уларнинг кимёвий таркиблари 3-жадвалда келтирилган.

3-Жадвал

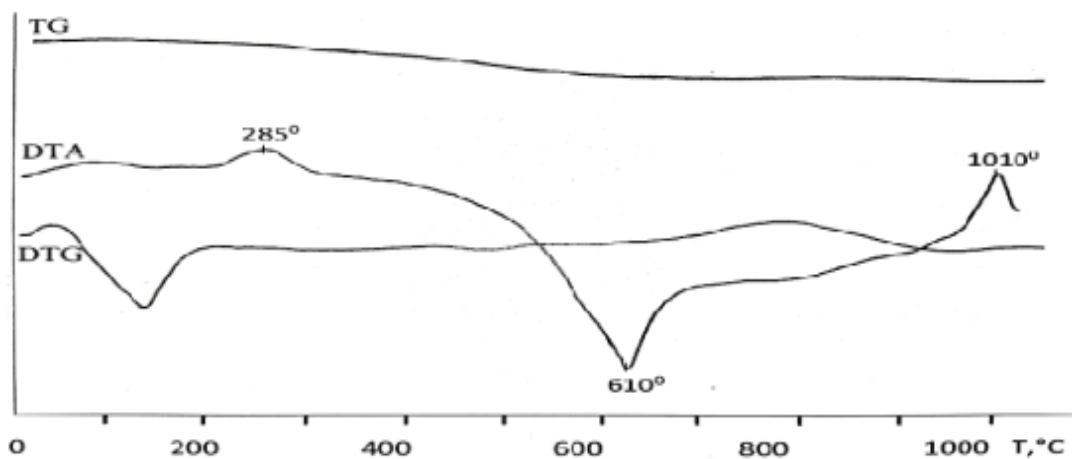
Хомашё компонентларининг кимёвий таркиблари

Хомашё компонентлари	Оксидлар миқдори, мас.%									К.Й, мас. %
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₃	
Бойитилган Альянс каолини	51,00	33,8	0,47	0,34	0,49	0,48	0,19	1,48	0,32	11,70
Ангрен глинаси	52,10	25,67	5,77	0,38	1,19	1,10	0,95	0,91	1,71	10,16
ШГКК ГЧ	6,00	85,28	1,60	0,85	1,32	1,23	0,60	0,17	<0,10	1,55
ШГКК ГЧ (1300°С куйдир.)	0,18	98,77	0,24	0,31	0,29	0,09	0,05	0,04	сл.	0,02
МНҚИЗ ГЧ	1,33	90,55	0,20	0,19	0,78	0,25	0,06	0,40	<0,10	6,20
МНҚИЗ ГЧ (1300°С куйдир.)	0,12	99,88	0,05	0,09	0,25	0,07	0,02	0,03	сл.	0,01
Музбулоқ доломити	1,26	0,65	0,38	0,03	21,17	29,84	0,08	0,04	сл.	45,91
Яккабоғ кварц куми	97,45	0,10	0,35	сл.	0,15	0,28	0,64	0,04	0,01	1,02
Қарғали лейко- крат гранити	71,88	13,55	0,64	0,05	0,92	1,12	2,45	8,54	0,01	0,86
Косон бентонити	55,83	17,64	5,39	0,72	0,20	1,26	2,70	2,64	0,84	12,30

Керамик омухтадаги Al₂O₃ нинг миқдорини кўпайтириш учун нефтни қайта ишлаш соҳасининг глинозем таркибли чиқиндисидан фойдаланилди.

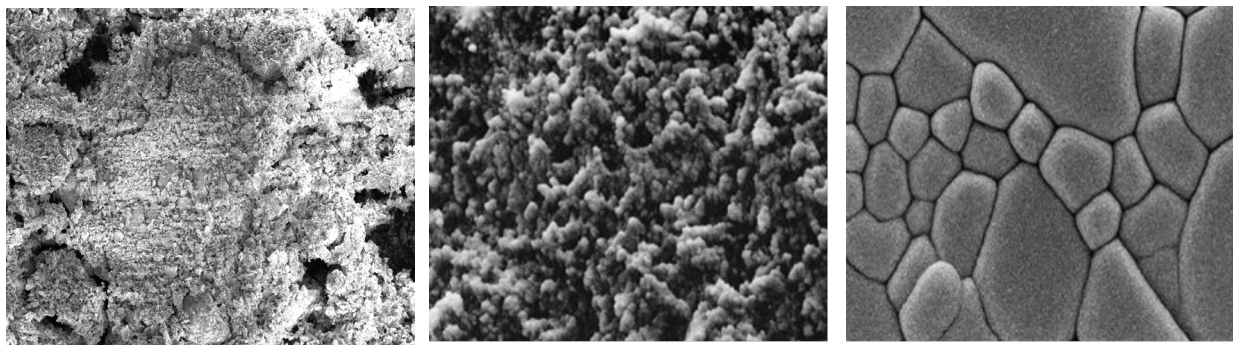
1100-1200°С ҳароратда куйдирилган ушбу чиқинди намуналарининг рентгенограммаларида, юқори глиноземли керамик материалларнинг асосий кристалл фазаси ҳисобланган муллит ва корунд минераллари куйдириш маҳсулотлари ҳисобланадилар. Бундан ташқари, ШГКК ва МНҚИЗ ишлатилган катализаторларга термик ишлов беришда оралик минераллар – глинозем ва мелилитлар ҳам ҳосил бўлиши аниқланган.

Альянс каолини намунасининг дифференциал-термик таҳлил натижалари (3-расм), термограммада 285°С ҳароратда органик қўшимчаларнинг ёнишига ва сувни чиқиб кетишига боғлиқ бўлган кучсиз экзотермик эффект юзага келганлигини кўрсатади. 610°С ҳароратидаги максимумга эга бўлган эндоэффект нисбатан кўп масса йўқотилиши билан каолин структурасини парчаланишининг бошланишига тегишли бўлади ва яхши даражадаги кристалланиш жараёнидан дарак беради. 1010°С ҳароратдаги аниқ экзоэффект каолинит парчаланишидаги аморф маҳсулотларининг қайта кристалланишига тегишли эканлиги кузатилади.



3-Расм. Альянс каолини намунасининг ДТТ

МНҚИЗ бошланғич глинозем таркибли чиқиндисининг микрофото тасвирида (4а-расм) гелсимон гиббсит, қисман барг кўринишидаги тешиксимон галлуазит минераллари аниқ кўринади. Микрокристалл структураси, зич бир жинсли, алюминий гидроксиди фазасидан ташкил топгандир. 900°C ҳароратда куйдирилган намуналарда (4б-расм) бир жинсли тешиксимон структурали ва гамма глиноземнинг толасимон агрегатлари кузатилади. 1300°C ҳароратда куйдирилган намунанинг морфологияси (4с-расм) асосан корунд минералидан таркиб топган бўлиб, элементар тўрға ёпишган икки ромбоэдр кўринишида ифодаланади. Корунд кристаллининг морфологияси бочкачасимон, дипирамидал ва таблетка кўринишидаги псевдогексагонал ҳолатдаги кристалллардан иборат бўлганлигини кузатилади.



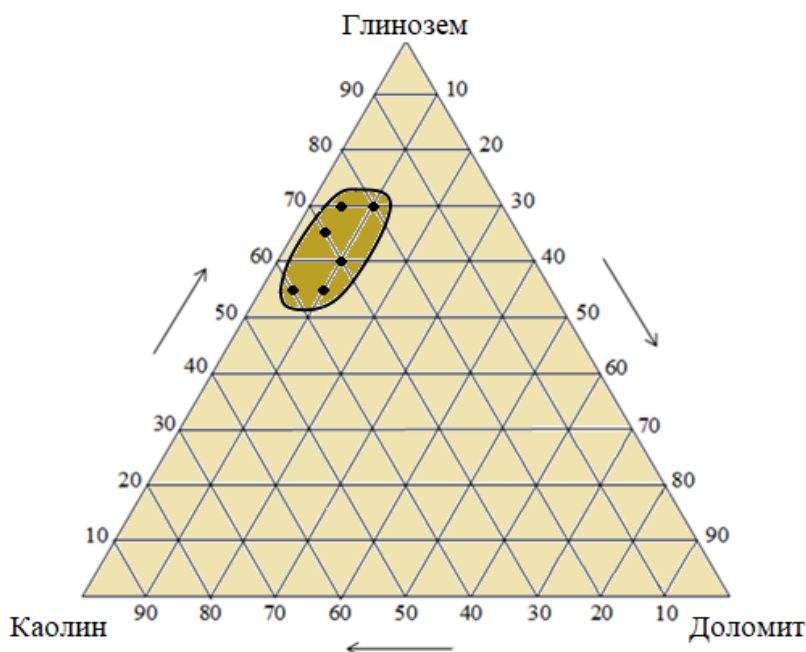
а

б

с

4-Расм. МНҚИЗ глинозем таркибли чиқиндисининг ЭМ тасвири: а-бошланғич; б-900°C да куйдирилган; с- 1300°C да куйдирилган

Юқори глиноземли керамик массанинг турли вариантдаги концентрация таркибларини ишлаб чиқиш ва уларни технологик ўзлаштириш учун бошланғич компонентлар кимё-минералогик таркибларини ҳисобга олган ҳолдаги илмий ёндошувдан фойдаланилди. «Каолин-глиноземтаркибли чиқинди-доломит» учламчи системасидаги мақбул таркиблар соҳаси 5-расмда келтирилди. Учламчи системадан юқори глиноземли массанинг мақбул таркиблари, глинозем таркибли чиқиндининг максимал миқдорига эга бўлган учбурчак юқорисига яқин жойлашганлигини кўриш мумкин.



**5-Расм. «Каолин-глиноземтаркибли чиқинди-
доломит» учламчи системасидаги мақбул таркиблар соҳаси**

Диссертациянинг “Тажриба намуналарининг ғоваклик структураси ва минераллаштирувчи қўшимчаларнинг уларнинг физик-механик хусусиятлари ва пишиш ҳароратларига таъсири. Ишқаланишга юқори чидамлик ва диэлектрик хоссаларга эга керамик масса намуналарининг омухта таркибларини ишлаб чиқиш” деб номланган тўртинчи бобида керамик сополак ғоваклик структураси ва модификацияловчи қўшимчаларнинг ишлаб чиқилган муллиткорундли керамик материалларнинг пишиш ҳароратига ва физик-механик, технологик, ҳамда эксплуатация хоссаларига таъсирини тадқиқ этиш натижалари келтирилган. Каолин ва бентонит билан биргаликда турли микдордаги глинозем эга бўлган, алюмосиликат материалларнинг омухта таркибларини ишлаб чиқиш ва ишқаланишга, майдалаш қобилиятига, едирилишга юқори чидамликка ҳамда зарурий диэлектрик хоссаларга эга бўлган муллиткорундли керамик материалларнинг омухта таркибларини мақбуллаштириш бўйича натижалар келтирилган.

Маълумки, юқори глиноземли керамик материаллар алюминий ва кремний оксидларининг нисбатига кўра тавсифланади. Улар донали тузилишга эга бўлиб, шунга ўхшаш таркибли пиширилган буюмларга қараганда иссиқликка бардошлилиги юқорироқ бўлгани учун даврий равишда қиздириш ва совитиш жараёнлари бўлган иссиқлик агрегатларида муваффақиятли қўлланилади. Шу сабабли, тўлдиргичнинг гранулометрик таркибига боғлиқ равишда, турли ғоваклик қаторларига эга юқори глиноземли материалларнинг таркибларни ишлаб чиқиш ва физик-механик хусусиятларини ўрганиш муҳим аҳамиятга эга.

Глинозем компоненти солиштирма юзасини бошқариш орқали, етарлича механик мустаҳкамликка ва мақбул структурадаги ғовакли юзага эга бўлган

термик юкламалар таъсирида емирилишга энг кам даражада мойил бўлган турли мақсадлардаги юқори глиноземли керамик материаллар олиш мумкинлиги аниқланди.

Ишлаб чиқилган керамик масса намунасининг механик хусусиятларига дисперс оксиднинг таъсири ўрганилди. Тадқиқотлар шуни кўрсатдики, ишлаб чиқилган намуналарнинг физик-механик хоссалари нанодисперс алюминий оксиди қўшимчасига нисбатан монотон функция ҳисобланмайди. Чунки, керамик массага нанодисперс алюминий оксиди 1,0; 3,0 ва 5,0 мас.% миқдорда қўшилганда, фақатгина 3,0 мас.% қўшилган МТ-2 намунасида физик-механик ва эксплуатация хоссаларининг, хусусан, ишқаланиш коэффициенти, кислотага чидамлик, зичлик ва мустаҳкамлик кўрсаткичларининг яхшилангани кузатилди. Миқдорининг бошқа намуналарда камайиши ёки кўпайиши натижасида эса керамик материаллар хоссаларининг деярли монотон равишда ёмонлашгани қайд этилди.

Муллиткорундли керамика таркибини мақбуллаштириш учун, жами икки сериядаги юқори глиноземли керамик массалар тайёрланди, улардан биринчи серияда глинозем таркибли чиқинди миқдори 40 дан 60 мас.% гача ўзгартирилди, иккинчи серияда эса унинг миқдори 60 дан 90 мас.% гача қўшилди. Ишлаб чиқилган омухта таркибларининг (4-жадвал), баъзи массаларга бир вақтнинг ўзида икки ҳил турдаги суюқланма ҳосил қилувчилар - лейкократ гранити ва барий карбонати киритилди. Бундай суюқланма ҳосил қилувчиларни комплекс равишда киритилиши керамик масса тажриба намуналарининг пишиш ҳароратини нисбатан самарали пасайтиришни таъминлаши кўзда тутилган.

4-Жадвал

Биринчи серия керамик массаларнинг омухта таркиблари

Хомашё компонентлари	Намуналарнинг номланиши, миқдори, мас.%									
	М-1	М-2	М-3	М-4	М-5	М-6	М-7	М-8	М-9	М-10 (уралит)
МНҚИЗ ГЧ (куйд.)	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	50,0	50,0	50,0	60,0	61,6
Ангрен глинаси	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	31,0
Альянс каолини	20,0	20,0	20,0	30,0	30,0	20,0	10,0	20	10,0	-
Музбулоқ доломити	-	5,0	-	-	-	10,0	-	-	10,0	7,4
Қарғали гранити, бойитилган	20,0	10,0	10,0	-	-	-	15,0	10,0	-	-
ВаСО ₃	-	5,0	10,0	10,0	10,0	-	5,0	-	-	-

5-Жадвалда биринчи серияда ишлаб чиқилган юқори глиноземли масса тажриба намуналарининг асосий физик-механик хоссалари келтирилган. 5-жадвал маълумотларидан кўриниб турибдики, таркибида суюқланма ҳосил комбинацияга эга ва юқори мустаҳкамлик ва ҳажмий оғирлик билан тавсифланган М-2 намунаси учун, М-10 (заводда ишлаб чиқарилган уралит) асосий материалга нисбатан пишиш ҳароратининг сезиларли даражада пасайиши кузатилган. М-2 намунаси пишиш ҳарорати бўйича М-10 – уралит

материалига нисбатан анча паст ҳароратда пишганлиги ва механик эгилиш мустаҳкамлиги жиҳатидан юқори кўрсаткичларга эгаллиги қайд этилган.

Умуман олганда, биринчи серия намуналарини тадқиқ этиш натижалари, М-2 намунасидан майдаловчи жисмлар тажриба партиясини ишлаб чиқаришга тавсия этиш имконини берди. Иккинчи йўналиш бўйича, глинозем миқдори 61,6 мас.% дан 90 мас.% гача ўзгарган иккинчи серия массалар тайёрланди. Шунини таъкидлаш жоизки, эталон уралитда глинозем миқдорининг 61,6 мас.% ни ташкил қилиши кўрсатилган.

5-Жадвал

Биринчи сериядаги тажриба намуналарининг физик-механик хоссалари

Кўрсаткичлар номи	Намуналарнинг номи									
	М-1	М-2	М-3	М-4	М-5	М-6	М-7	М-8	М-9	М-10 (уралит)
Куйдириш ҳарорати, °С	1400	1380	1380	1400	1380	1400	1400	1430	1450	1430
Эгилишдаги мустаҳкамлик, МПа	170	225	180	187	160	227	165	150	215	220
Хажмий оғирлик, г/см ³	2,78	3,06	2,87	2,97	2,89	2,94	2,91	3,01	3,04	3,05
Зичлик, г/см ³	3,05	3,37	3,03	3,04	2,92	3,04	2,96	2,81	3,31	3,33
Чизиқли қисқариш, %	15,8	16,8	17,6	20,2	16,9	19,2	16,8	18,8	19,1	16,9

Бунга боғлиқ равишда, иккинчи серия массаларида (6-жадвал) глинозем миқдорининг кўплиги туфайли, уларни куйдиришга юқори ҳарорат талаб этилганлиги учун, қўшимча равишда, одатда глиноземли массаларнинг пишиш жараёнини фаоллаштириш учун ёрдам берадиган икки валентли титан оксиди таркибга киритиди.

Шунингдек, юқори глиноземли массалар таркибига “титан оксиди+доломит” кўринишидаги паст ҳароратда эвтектика ҳосил қиладиган комплекс қўшимчалар киритиш ҳам қўлланиб кўрилди.

6-Жадвал

Иккинчи сериядаги керамик массаларнинг омухта таркиблари

Хомашё компонентлари	Намуналарнинг номи, мас.%									
	М-10 (уралит)	М-11	М-12	М-13	М-14	М-15	М-16	М-17	М-18	
Куйдирилган МНҚИЗ ГЧ	61,6	70,0	70,0	70,0	75,0	80,0	80,0	90,0	88,0	
Ангрен глинаси	31,0	20,0	20,0	20,0	-	-	-	-	-	
Косон бентонити	-	-	-	-	23,0	16,0	18,0	6,0	10,0	
Музбулоқ доломити	7,4	8,0	10,0	9,0	-	2,0	-	-	-	
Титан оксиди	-	2,0	-	1,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	

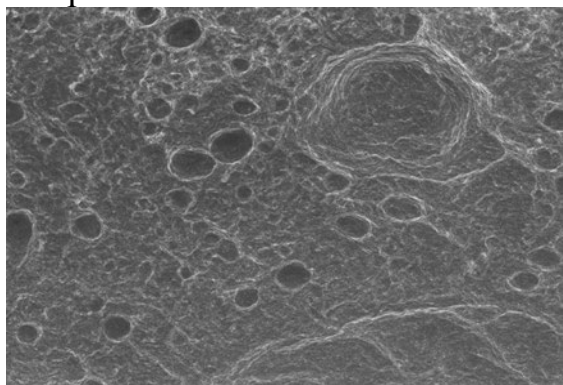
Ишлаб чиқилган иккинчи сериядаги (глинозем миқдори 70 мас.% дан юқори бўлган) керамик масса намуналарининг айрим асосий физик-механик хоссалари 7-жадвалда келтирилган.

7-Жадвал

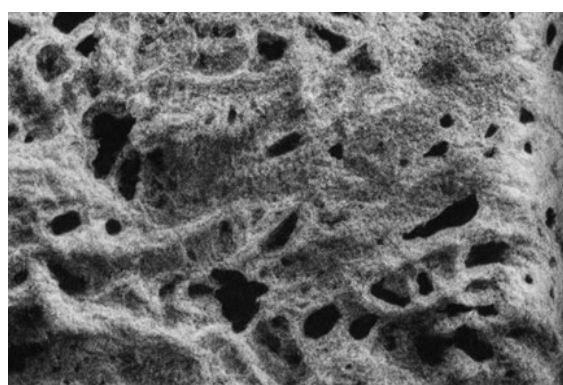
Иккинчи сериядаги тажриба намуналарининг физик-механик хоссалари

Наименование показателей	Намуналарнинг номи								
	М-10 (уралит)	М-11	М-12	М-13	М-14	М-15	М-16	М-17	М-18
Пишиш ҳарорати, °С	1430	1430	1450	1650	1650	1600	1600	1600	1450
Эгилишдаги мустаҳкамлик, МПа	220	237	215	153	172	160	255	350	210
Солиштирма оғирлик, г/см ³	3,05	3,23	3,33	3,12	3,09	3,36	3,32	3,36	3,39
Зичлик, г/см ³	3,33	3,36	3,25	3,28	3,17	3,43	3,41	3,42	3,45
Чизиқли қисқариш, %	16,91	19,10	21,11	19,52	19,71	23,91	23,20	25,20	21,14

Турли ҳароратларда куйдирилган мақбул таркибли намуналарнинг электрон-микроскоп тасвирлари мос равишда 6-расм ва 7-расмларда келтирилган.



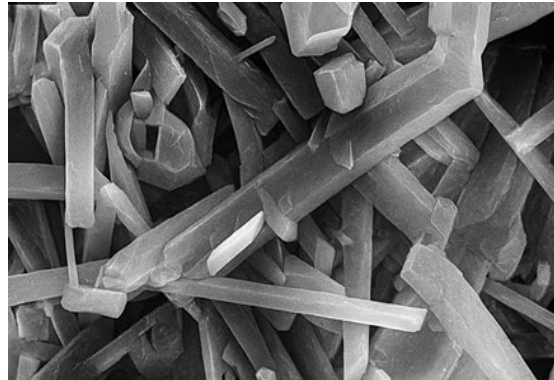
1250°C



1300°C

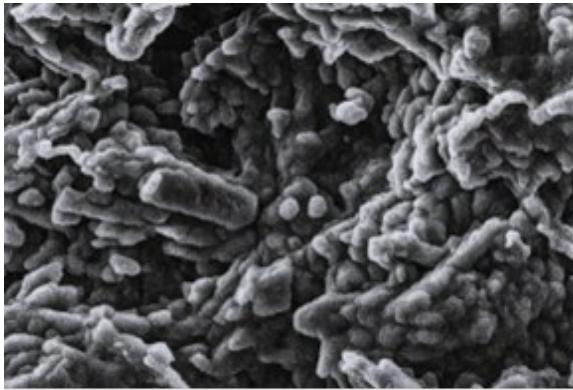


1350°C

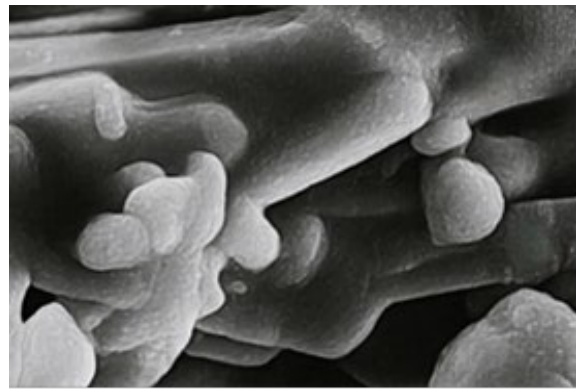


1450°C

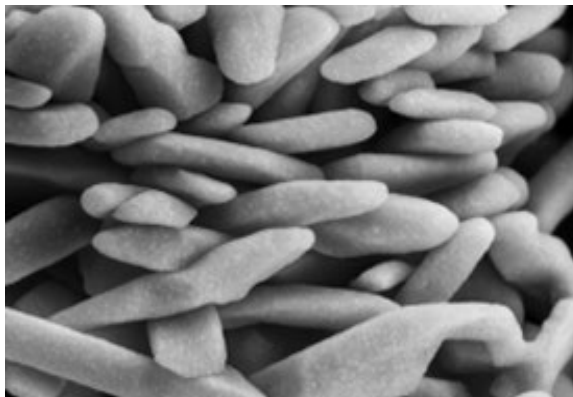
6-расм. Турли ҳароратларда куйдирилган М-11 намунасининг электрон-микроскоп тасвирлари



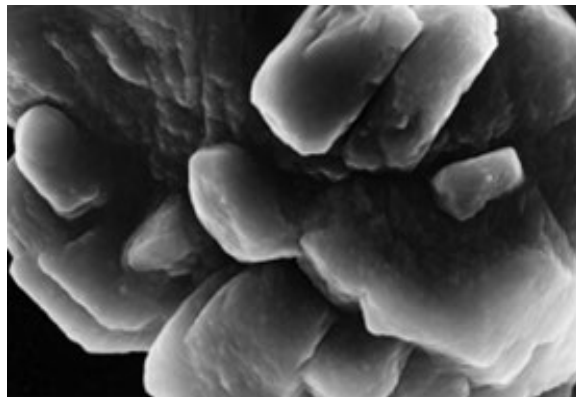
1250°C



1300°C



1350°C



1450°C

7-расм. Турли ҳароратларда куйдирилган М-18 намунасининг электрон-микроскоп тасвирлари

Ишлаб чиқилган М-2 ва М-11 таркибли намуналар 10 литр ҳажмли шарли тегирмонда таққослаш мақсадида майдалаш (туйиш) ишларини ўтказишда ишлатилди, улардан олинган натижалар 8-жадвалда келтирилган.

8-Жадвал

Юқори глиноземли массалардан тайёрланган М-2 ва М-11 намунавий майдаловчи жисмлар туйиш жараёнининг натижалари

Майдаловчи жисм намуналари	Майдалаш давомийлиги, соат	Ишқаланиш коэффиценти,	Хажмий оғирлиги, г/см ³
М-10 (уралит)	4,50	0,00875	3,05
М-2	4,44	0,00848	2,98
М-11	3,66	0,00730	3,25

Юқорида келтирилган маълумотлардан аниқландики, суюқланма ҳосил қилувчилардан комплекс фойдаланиш зарурий технологик кўрсаткичларга эга бўлган техник керамика учун алюмосиликат масса намуналарининг пишиш ҳароратини сезиларли даражада пасайтириш имконини беради.

Диссертациянинг “Юқори глиноземли керамик майдаловчи шарлар, қоплама материаллар ва изоляторларнинг мақбул таркиблари ва технологик ишлаб чиқариш режимининг параметрларини ишлаб чиқиш. Ишлаб чиқилган материалларнинг тажриба-ишлаб чиқариш синовлари натижалари ва уларни жорий этиш бўйича тавсиялар” деб

номланган бешинчи бобида техник мақсадлардаги керамик материаллар ишлаб чиқариш технологиясини яратиш бўйича натижалар келтирилган ва майдаловчи жисм, қоплама материаллар ҳамда изоляторларнинг тажриба партиялари ишлаб чиқарилган. Техник керамика таркибларни ва олиш технологик режимларини мақбуллаштириш жараёнида яқин истиқболда уларни саноат миқёсида ўзлаштириш имконини берадиган йўналиш танлангани таъкидланган.

Юқори мустаҳкамликка эга, ишқаланишга, едирилишга ва майдаланишга чидамлиги юқори бўлган муллит-корунд таркибли майдаловчи жисм ва қоплама кошин кўринишидаги зич пишган, мустаҳкамлиги юқори керамик материал олиш мақсадида, техник мақсадлардаги алюмосиликатли керамик массани тажриба-ишлаб чиқариш синови учун юқорида кўрсатилган хомашё материалларидан фойдаланилган.

Олинган тажриба маълумотлари шуни кўрсатадики, куйдиришдан сўнг пишиш жараёнида нисбатан етарлича юқори хосса кўрсаткичларига майдаловчи жисмлар учун – МТ-3, МТ-6, МТ-7 намуналари, қоплама кошинлари учун эса – ФМ-1 ва ФМ-2 намуналари эга бўлди, тажриба-ишлаб чиқариш синовлари учун уларнинг компонент таркиблари 9-жадвалда келтирилган.

9-Жадвал

Майдаловчи жисм (МТ) ва қоплама кошинлар (ФМ) учун муллиткорунд таркибли алюмосиликат массанинг компонент таркиблари

Намуналар	Компонент таркиблари, мас.%					
	Бойитилган Альянс каолини	Глинозем таркибли чиқинди (1300°С куй.)	Қарғали лейкократ гранити	Яккабоғ кварц қуми	Музбулоқ доломити	Косон бентонити
МТ-3	18	70 (ШГКК)	3	3	3	3
МТ-6	20	65 (ШГКК)	7	3	3	2
МТ-7	26	60 (ШГКК)	8	-	3	3
ФМ-1	12	80 (МНҚИЗ)	3	-	3	2
ФМ-2	10	82 (МНҚИЗ)	-	2	3	3

Майдаловчи жисмлар ва қоплама плиталари учун юқори глиноземли массалардан тажриба партияси намуналарини олиш бўйича ишлаб чиқариш синовлари “Бекабад-огнеупор” ҚК шароитида ўтказилди. Ишлаб чиқариш шароитида синовдан ўтказиш учун тажриба намуналарини танлашда лаборатория тадқиқотларининг натижалари инобатга олинди. Амалдаги стандарт талабларига жавоб берадиган, физик-механик ва технологик хоссалари энг яхши кўрсаткичларга эга бўлган намуналар танлаб олинди.

Ишлаб чиқилган рецептурага мувофиқ, тажриба керамик массаларини ишлаб чиқариш шароитида тайёрлаш алоҳида-биргаликда усулида оли борилди. Таъкидлаш жоизки, майдаловчи жисмлар мустаҳкамликни ошириш мақсадида керамик массага 100 мас.% асосий таркибдан ташқари 3,0 мас.% миқдорда заррача ўлчамлари 250-300 мкм бўлган гамма-шаклдаги ($\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$) нанодисперс алюминий оксиди қўшилди.

Диаметри 30 мм ва узунлиги 40 мм бўлган цилиндр шаклидаги майдаловчи жисмлар ҳар бир партиядан 100 кг миқдорда қовушқоқ шакллантириш усулида, вакуум прессда мос босимда, шунингдек, шарли тегирмонлар учун ФМ-1 ва ФМ-2 таркибидан ўлчамлари 150×100×50 мм бўлган қоплама кошинлар 5м² хажмда яримқуруқ пресслаш усулида, намлиги 7–8 % бўлган ҳолда тайёрланди. Шаклланган намуналар 105-110°С ҳароратда қолиплаш намлигини тўлиқ йўқотиш учун қуритилди, сўнгра намуналар камерали печда 1400°Сда якуний ҳароратда 3 соат ушлаб туриш билан куйдирилди.

Ишлаб чиқаришда олинган муллит-корунд намуналарнинг кимёвий таркиби ва физик-механик ҳамда технологик хусусиятларини аниқлаш натижалари мос равишда ГОСТ 20419-83, 600- глиноземли гуруҳ (муллит-корундли, 620 кичик гуруҳи) ва ТУ 21-150-98, шунингдек 700- юқори глиноземли гуруҳ (корундли, 780 кичик гуруҳ) талаблари билан таққосланди (10-жадвал).

10-Жадвал

Ишлаб чиқилган муллит-корундли майдаловчи жисмларнинг ТУ 21-150-98 таққослаш билан кимёвий таркиби ва физик-механик хоссалари

Кўрсаткичлар номи	ТУ 21-150-98	Тажриба намуналари		
		МТ-3	МТ-6	МТ-7
Al ₂ O ₃ , миқдори, мас.%	73-75	77,19	74,18	71,66
SiO ₂ миқдори, мас.%	<20-23	17,83	21,21	22,66
Fe ₂ O ₃ , Na ₂ O, CaO, K ₂ O, бошқ. миқдори, мас. %	2,0-7,0	4,98	4,61	5,68
Зичлик, г/см ³ , камида	3,40	3,45	3,40	3,38
Ёпиқ ғоваклик, кўп эмас, %	2,00	1,61	1,72	1,91
Сув шимувчанлиги, кўп эмас, %	0,10	0,07	0,09	0,14
Кислотага чидамлилиқ (HCl), кам эмас, %	99,0	99,5	99,3	99,1
Термик мустаҳкамлиги, 1000°С да иссиқлик алмашинувлар сони	15	15	15	15
Ишқаланиш коэффициентини, кўп эмас, %/соат	0,010	0,008	0,009	0,010
Сиқилишга механик мустаҳкамлик, МПа, кам эмас	55,0	57,10	56,05	55,01
Тўкма зичлик, т/м ³	1,3-1,75	1,72	1,62	1,43

Синов натижалари шуни кўрсатдики (10-жадвал), муллиткорунд таркибли тажриба-ишлаб чиқариш йўли билан олинган майдаловчи жисмлар кўрсаткичлари бўйича ТУ 21-150-98 талабларига жавоб беради.

Шуни ҳам қайд этиш лозимки, ишлаб чиқилган МТ-3 намунаси алюминий оксиди миқдори бўйича ТУ 21-150-98 кўрсаткичларидан юқори, қолган тажриба намуналари эса кимёвий таркиби ва физик-механик хоссалари бўйича амалдаги ГОСТ 20419-83 стандартига мувофиқ глиноземли муллиткорундли керамик материалларга мос келади. Майдаловчи жисмнинг МТ-3 намунаси “Керамика-огнеупор” МЧЖ шароитида керамик пигментни майдалашдаги эксплуатация жараёнида синовидан ўтказилди.

Керамик шарларнинг емирилишга чидамлилиги ва майдалаш қобилияти бўйича тадқиқ этиш, ишлаб чиқилган юқори глиноземли керамикадан олинган цилиндрсимон майдаловчи керамик жинслардан, ҳамда хориждан келтирилган “Электрокерамика” ЁТАЖ ишлаб чиқарилган майдаловчи жисмлар билан биргаликда олиб борилди. Ишлаб чиқилган керамик майдаловчи шарларнинг емирилишга чидамлилиги ва майдалаш қобилияти бўйича тажриба ишлаб чиқариш синови натижалари, ишлаб чиқилган М-5 намунасининг ишқаланиш тезлиги “Электрокерамика” ЁТАЖ ишлаб чиқарилган майдаловчи жисмлар тезлиги билан деярли бир хил эканлигини кўрсатди ва мос равишда МТ-3 намунаси учун $10,21 \cdot 10^{-3}$ %/соат қийматни ва хорижий учун эса $10,10 \cdot 10^{-3}$ %/соат қийматни ташкил этди.

Майдаловчи агрегатлар учун қоплама материалларнинг ишлаб чиқилган таркибдаги намуналарининг едирилишга чидамлигини аниқлаш “Бекабад-огнеупор” ҚК шароитида бир қатор технологик операциялардаги туйиш жараёнида олиб борилди. Бунда, таъкидлаш лозимки, қоплама кошнлари тажриба намуналари учун қолиплашдан ташқари, хомашё материалларини тайёрлаш, қуритиш ва куйдириш жараёнлари майдаловчи жисмлар тайёрлаш технологияси билан ўхшашлиги қайд этилди.

Олинган муллиткорунд таркибли ишлаб чиқариш намуналарининг кимёвий таркиби, физик-механик ва технологик хусусиятларини стандарт талаблари кўрсаткичлари билан солиштирилган ҳолдаги аниқлаш натижалари 11-жадвалда келтирилган. Таркибида алюминий оксиди 80 масс.% дан юқори бўлган ФМ-1 ва ФМ-2 муллиткорундли намуналар ГОСТ 20419-83 (780-корундли, кичик гуруҳи) талабларига мос келади ва кейинчалик шарли ҳамда титратма тегирмонлар каби туйиш агрегатларининг қоплама материалларининг таркибларини ишлаб чиқишда фойдаланиш учун тавсия этилди.

11-Жадвал

Қоплама кошнлар учун ишлаб чиқилган муллиткорундли намуналар технологик хусусиятлари ва уларни хорижийлари билан таққослаш

Кўрсаткичлар	Керамика Гжели (Россия, алюбитли), марка -80	Намуналар	
		ФМ-1	ФМ-2
Al ₂ O ₃ , микдори (мас.%)	80,0 ±2	84,45	85,52
Зичлик, г/см ³	≥ 3,35	3,37	3,40
Қаттиқлик (Моос шкаласи бўйича)	≥ 9	9,04	9,07
Сиқилишга бўлган мустаҳкамлик, МПа	≥ 1800	1830	1890
Сув шимувчанлик, %	≤ 0,02	0,010	0,005
Ишқаланиш, %/соат	≤ 0,12	0,011	0,010

Қоплама элементларининг (кошннинг) ишқаланишга чидамлилик даражасини аниқлаш учун “ART GLASS GALLERY” ҚК шароитида керамик кошн глазури учун кварц қумини майдалашда ишлаб чиқилган қоплама кошнларнинг ишқаланишга чидамлилиги бўйича тажриба-ишлаб чиқариш

синовлари ўтказилди. Ишқаланишни баҳолаш учун Россияда ишлаб чиқарилган қоплама ғиштлари билан қолипланган 100 л ҳажмли шарли тегирмоннинг бир қисми ФМ намунаси билан қолиплангди. Кейин, шарли тегирмоннинг 50×70 см юзаси ишлаб чиқилган кошинлар билан қопланди ва кварц қуми : майдаловчи жисм : сув ларнинг мос равишдаги 1,0 : 1,2 : 1,0 нисбатларида кварц қуми майдаланди. Бунда, барча юкланган материаллар оғирлиги 50 кг, туйиш вақти эса 12 соатни ташкил этди. Қопламанинг ишқаланишга чидамлилиги кўз билан ва штангенциркуль ёрдамида аниқланди. Натижада, кварц қумни майдалаш жараёнида ишлаб чиқилган кошин билан қопланган шарли тегирмоннинг юзасида ишқаланишдаги йўқотилиш соатига 0,01 % ни ташкил қилганлиги ва ушбу кўрсаткичнинг Россиянинг “Керамика Гжели”да ишлаб чиқарилган қоплама элементларининг қийматига мос келиши аниқланди.

Умуман олганда, ишлаб чиқилган ФМ таркибли қоплама кошинлари ишқаланишга чидамлилик қиймати бўйича хорижий ўхшаш “Керамика Гжели”дан қолишмаслиги аниқланди. Олинган маълумотлар ишлаб чиқилган қоплама кошинларнинг эксплуатация хусусиятлари қаттиқ моддаларни юқори дисперсли туйиш жараёни учун зарур бўлган барча талабларга мос келиши аниқланди ва “ART GLASS GALLERY” ҚҚда муваффақиятли жорий этилди.

Шундай қилиб, турли миқдордаги алюминий оксидига ва 1400°С пишиш ҳароратига эга бўлган ва ГОСТ 20419-83 зарурий талабларига мос келган юқори глиноземли керамик масса ишлаб чиқилди, ҳамда, уларни керамик майдаловчи жисмлар ва туйиш агрегатларининг қоплама элементлари сифатида тавсия этилди.

Керамик изоляторлар ишлаб чиқаришда алюмосиликат массаси тажриба партиясининг аралашмасини тайёрлаш учун хомашё компонентлари қорхона шароитида мавжуд ишлаб чиқариш технологияси асосида бўлаклаш, майдалаш, электромагнит тозалаш жараёнларидан ўтказилди. Муборак ГҚИЗ глиноземли чиқиндиси 1300°С ҳароратда 1 соат давомида куйдирилди. Бунда TiO₂ ни керамик массага қўшиш куйдириш ҳароратини пасайишига ва юқори электр мустаҳкамлигига эга буюмларни олишга имкон берди.

Таъкидлаш лозимки, лаборатория тадқиқотларининг натижалари асосида муллитокорундли намунанинг (1300°С ҳароратда куйдирилган) физик-механик хоссалари аниқланди ва маҳаллий компонентлар асосида учқун берувчи шамлар учун механик мустаҳкамлик, зичлик, диэлектрик хоссалари ва бошқа кўрсаткичлари бўйича энг яхши натижаларга эга бўлган керамик изолятор намуналарининг мақбул таркиблари танлаб олинди.

Шунингдек, ишлаб чиқариш апробациясини ўтказиш мақсадида электр изоляторлари учун юқорида кўрсатилган керамик массадан “ASIA PORCELAIN TRADE” МЧЖ қорхонаси шароитида муллитокорунд керамик изолятор намунасида 1000 кг миқдорда тайёрланди, тажриба партияси чиқарилди ва синовдан ўтказилди. Керамик электр изоляторлари учун ишлаб чиқилган Ил-3 ва Ил-5 тажриба намуналарининг компонент таркиблари 12-жадвалда келтирилган.

12-Жадвал

Ил-3 ва Ил-5 тажриба намуналарининг компонент таркиблари

Намуналар	Компонент таркиблари, мас.%					
	МГҚИЗ ГЧ (1300°С)	Альянс каолини	Қарғали гранити	Музбулоқ доломити	Косон бентонити	Титан оксиди
Ил-3	62	18	10	6	3	1
Ил-5	65	15	12	4	3	1

Керамик электр изоляторлар учун куйдирилган намуналарининг диэлектрик хоссаларини аниқлаш мақсадида синовдан ўтказилди, олинган натижалар 13-жадвалда келтирилган.

Умуман олганда, электр изоляторлари учун ишлаб чиқилган таркибдаги керамик массанинг Ил-3 ва Ил-5 намуналари, физик-механик ва диэлектрик хусусиятлари бўйича таркибида 50–65 мас % Al_2O_3 мавжуд бўлган амалдаги стандарт ГОСТ 20419-83 нинг 600– глиноземли материал гуруҳининг (610-муллитокорундли кичик гуруҳ) талабларига мос келиши аниқланди

13-Жадвал

Тажриба намуналарининг диэлектрик хусусиятлари

Кўрсаткичлар номи	ГОСТ 20419-83	Ишлаб чиқилган намуналар	
		Ил-3	Ил-5
Очиқ ғоваклик, % (глазурланмаган ҳолда)	регламентланмаган	0,03	0,01
Эҳтимоллик зичлиги, г/см ³ , кам эмас	2,6	2,73	2,78
КЛТР: ҳароратларда - 20°С дан 100°С гача - 20°С дан 600°С гача	3-6	5,1	4,8
Эгилишдаги мустаҳкамлик чегараси, МПа, кам эмас	4-7	6,1	5,7
Электрик мустаҳкамлик, кВ/мм, кам эмас	120	135	140
Диэлектрик ўтказувчанлик	17	20	21
Иссиқлик ўтказувчанлик, Вт·м ⁻¹ ·К ⁻¹ , 20–100°С да	6,5-8,5	6,7	7,02
Диэлектрик йўқотишдаги тангенс бурчаги, $tg \delta \cdot 10^{-3}$	регламентланмаган	5,8	6,1
Солиштирма ҳажмий қаршилиқ, Ом·см, 20°С да, кам эмас	10^{13}	10^{14}	10^{15}
Солиштирма сирт қаршилиги, Ом·см, 20°С да, кам эмас	10^{11}	10^{11}	10^{12}

Таъкидлаш лозимки, ОСТ 37.003.036-87 “Учқун берувчи шамлар учун керамик изоляторлар. Техник шартлар” стандартининг 1.3-бандида “Изоляторлар ГОСТ 20419-83 бўйича ПО ва 111 кичик гуруҳларига мос келган фарфор материалдан тайёрланиш шартлиги” кўрсатилган. Материалнинг гуруҳи ва сирланган юзалар белгиланган тартибда тасдиқланган меъёрий-техник ва конструкторлик ҳужжатларида, аниқ турдаги изоляторлар учун кўрсатилиши кераклиги белгиланган.

Ушбуга кўра, ишлаб чиқариш шароитида олинган тажриба

намуналарининг диэлектрик хусусиятларини аниқлаш натижалари (50 Гц частотада) юқори глиноземли, жумладан муллитокорундли электрокерамик материаллар олиш учун ГОСТ 20419-83 нинг 600 – глиноземли материал гуруҳининг (610-муллитокорундли кичик гуруҳ) талабларига жавоб беради.

Умуман олганда, маҳаллий хомашё компонентлари асосида ёнилғи шамлари туридаги электр изоляторлари учун юқори глиноземли муллитокорунд таркибли массанинг таркиби ва олиш технологияси “ASIA PORCELAIN TRADE” МЧЖ шароитида апробациядан муваффақиятли ўтди ва кейинчалик фойдаланиш учун қабул қилинди.

Шундай қилиб, ишлаб чиқилган муллитокорундли техник мақсадларда керамик материалларни фойдаланишдаги кутилаётган иқтисодий самарадорлик ҳисоби, “Бекабад огнеупор” ҚК шароитида майдаловчи жисм ва қоплама кошинларни жорий этишда мос равишда тоннасига 2148 ва 2165 АҚШ долларини ташкил этади, бу эса Россиянинг ишлаб чиқарувчиси ЗАО “Электрокерамика” маҳсулотларига нисбатан уч барабар арзондир.

Х У Л О С А

1. Альянс каолини, Қарғали лейкократ гранити, Яккабоғ кварц куми, Музбулоқ доломити, Косон бентонит конлари, Шўртон ГКК ва Муборак НҚИЗларининг глиноземтаркибли цеолит катализатори чиқиндилари асосидаги алюмосиликат массанинг кимё-минералогик, донадорлик таркиблари ва физик-кимёвий хусусиятлари ва яроқлилиги, замонавий физик-кимёвий таҳлил, ҳамда керамик материаллар технологиясининг синфий ва стандарт усуллари ёрдамида аниқланган.

2. Ҳўл усулдан фойдаланиб, Альянс кони каолини технологик бойитилган ва техник мақсадлардаги нозик керамик маҳсулотлар олишга мўлжалланган каолин концентрати олинган, ҳамда техник керамика материалларининг асосий компоненти сифатида фойдаланиш имкониятлари кўрсатилган.

3. Муллитокорундли майдаловчи жисм, қоплама материал ва керамик изоляторлар кўринишидаги юқори глиноземли масса олиш учун 1300°C ҳароратда ишлов берилгандан сўнг, таркиби алюминий оксидининг альфа формасидан (корунддан) ташкил топган нефтгаз соҳаси глинозем таркибли чиқиндисининг яроқлилиги аниқланган.

4. Альянс каолини, Шуртан ГХК ва Музбулоқ доломитлари орасидаги юқори ҳароратдаги қаттиқ фазали пишиш, фазавий ўтишлар ва ўзаро муносабатлар тадқиқ этилган, ҳамда учламчи диаграммада эриш изотермасининг жойлашиши кўрсатилган. “Каолин-глинозем-доломит” учламчи диаграммада, тайёр маҳсулотга зарурий технологик хоссаларни таъминловчи муллит, корунд ва қисман кристобалит кўринишидаги алюмосиликат минераллари кристалл фазаларининг ҳосил бўлиш, ҳамда техник керамика учун мақбул таркибларнинг соҳалари аниқланган.

5. Юқори глиноземлитехник керамика тажриба намуналарининг пишиш ҳароратига ва физик-механик хоссаларига ғовакли структура ва модификацияловчи қўшимчаларнинг таъсири тадқиқ этилган. Золь-гель

технологиянинг цитрат усулида олинган нанодисперс алюминий оксиди 3 мас.% миқдорда қўшилганда техник керамиканинг ишлаб чиқилган намуналарида ишқаланиш коэффициенти, кислотага бардошлик, зичлик, мустаҳкамликларининг яхшиланиши аниқланган.

6. Ишқаланишда ва майдалаш қобилиятида юқори мустаҳкамликка эга бўлган майдаловчи жисмларнинг бир қатор омукта таркиблари ишлаб чиқилган ва физик-механик, технологик хусусиятлари аниқланган, улар меъёрий қийматлари бўйича ГОСТ 20419-83 ва юқори глиноземли керамик материаллар кўрсаткичлар ТУ 21-150-98 талабларига жавоб бериши ва “600–глиноземли материал” гуруҳига (620-муллиткорундли, кичик гуруҳи) мос келганлиги кўрсатилган.

7. Туйиш агрегатларининг емирилишга мустаҳкам қоплама материаллари учун ГОСТ 20419-83 гуруҳининг “700–глиноземли материал” (780-корундли, кичик гуруҳи) талабларига жавоб берувчи намуна таркиблари ишлаб чиқилган ва физик-механик, технологик хусусиятлари аниқланган.

8. Муллиткорундли майдаловчи жисм ва қоплама кошиннинг ишлаб чиқилган таркиби ва олиш технологияси “Бекабад-огнеупор” шароитида тажриба ишлаб чиқариш синовидан ўтказилган. Ушбу технологиялар жорий этилганда “Бекабад-огнеупор” ҚҚ шароитида иқтисодий самарадорлик тоннасига мос равишда 2148 ва 2165 АҚШ долларини ташкил этганлиги кўрсатилган.

9. 1300°C ҳароратда куйдирилган керамик изолятор намуналарининг таркиблари ишлаб чиқилган. Учқун берувчи шам туридаги электр изоляторлари учун ишлаб чиқилган керамик массанинг Ил-3 ва Ил-5 намуналарининг физик-механик ва диэлектрик хусусиятларининг кўрсаткичлари бўйича, 50-65 мас.% Al_2O_3 миқдорига эга бўлган амалдаги стандарт ГОСТ 20419-83, “600-глиноземли материал” гуруҳи (610-муллиткорундли, кичик гуруҳига) талабларига мос келиши аниқланган. “AZIA PORSELAİN TRADE” МЧЖ шароитида керамик изоляторларнинг тажриба ишлаб чиқариш синови асосида ижобий натижалар олинган ва кейинчалик фойдаланиш учун жорий этилган.

10. “Керамика-огнеупор” МЧЖ ва “ART GLOSS GALLERY” ҚҚ шароитларида мос равишда майдаловчи жисм ва қоплама кошинларнинг эксплуатация жараёнида ишқаланишга едирилиши тадқиқ этилган. Ишлаб чиқилган таркиблардаги майдаловчи жисм ва қоплама кошинлар эксплуатация хусусиятлари бўйича импортдан келтирилатган майдаловчи жисмларга ўхшашлиги аниқланган.

11. Шундай қилиб, алюмосиликат материаллар олиш бўйича тадқиқот натижалари паст ҳароратда пишган майдаловчи жисм, қоплама кошин ва керамик изоляторларнинг муллиткорундли ишлаб чиқилган таркиблари технологик ва эксплуатация хоссалари бўйича ҳамма зарурий талабларга мос келганлигини кўрсатган ва жорий этишга тавсия этилган. Шунингдек, импорт ўрнини босувчи техник мақсадлардаги алюмосиликат керамик материаллари ишлаб чиқариш учун маҳаллий хомашё базаси ва иккиламчи ресурслардан кенг фойдаланиш имкониятлари аниқланган.

**РАЗОВЫЙ НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.02/05.05.2023.К/Т.35.02 ПО
ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ПРИ ИНСТИТУТЕ ОБЩЕЙ И
НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ**

ИНСТИТУТ ОБЩЕЙ И НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ

ЭМИНОВ АФЗАЛ АШРАПОВИЧ

**РАЗРАБОТКА СОСТАВОВ И НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ
ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ АЛЮМОСИЛИКАТНЫХ
КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ТЕХНИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

02.00.13-Технология неорганических веществ и материалов на их основе

02.00.15-Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА НАУК (DSc)
ПО ТЕХНИЧЕСКИМ НАУКАМ**

Ташкент – 2025

Тема диссертации доктора наука (DSc) зарегистрирована под номером B2025.3.DSc/T963 в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан

Диссертация выполнена в Институте общей и неорганической химии АН РУз.

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

Научный консультант:

Сабиров Бахтиёр Тохтаевич
доктор технических наук, с.н.с.

Официальные оппоненты:

Верещагин Владимир Иванович
доктор технических наук, профессор

Мирзакулов Холтура Чориевич
доктор технических наук, профессор

Искандеров Ахмед Макседбаевич
доктор технических наук, профессор

Ведущая организация:

Наманганский государственный технический университет

Защита состоится «16» декабря 2025 г. в «10⁰⁰» часов на заседании Разового Научного совета DSc.02/05.05.2023.К/Т.35.02 при Институте общей и неорганической химии по адресу: 100170, г.Ташкент, ул. Мирзо Улугбека 77а. Тел.: (99871) 262-56-60; email: ionx@academy.uz

Диссертация зарегистрирована в библиотеке Института общей и неорганической химии за №104, с которой можно ознакомиться в ИРЦ (при Институте общей и неорганической химии по адресу: 100170, г. Ташкент, ул. Мирзо Улугбека 77а. Тел.: (99871) 262-56-60).

Автореферат диссертации разослан «2» декабря 2025 года.
(реестр протокола рассылки № 104 от «2» декабря 2025 г.)



Н.Х. Усанбаев

Председатель разового научного совета
по присуждению ученой степени, д.т.н., проф.

Ж.С. Шукуров

Ученый секретарь разового научного совета
по присуждению ученой степени, д.т.н., проф.

Ш.С. Намазов

Председатель разового научного семинара
при разовом научном совете по присуждению
ученой степени, д.т.н., проф., академик

Введение (аннотация диссертации доктора наук (DSc))

Актуальность и необходимость диссертационной темы. Во всем мире на многих производственных предприятиях, в частности энергетической, автомобильной, фармацевтической, химической, керамической, горнорудной и ряда других отраслей промышленности, широко используются алюмосиликатные керамические материалы технического назначения. Из них высокоглиноземистые в виде мелющих тел, футеровочных материалов помольных агрегатов, керамических изоляторов, отличаются высокой прочностью, износостойкостью и диэлектрической проницаемостью. В связи с этим, они применяются в тех производственных циклах, где необходимо получение веществ высокой степени чистоты, дисперсности и электрической прочности взамен металлического материала. Кроме того, значительным увеличением потребности таких материалах и изделиях, одной из серьезных проблем является их получение на основе инновационных технологий производства. Следует отметить, что успешная деятельность керамической отрасли по производству материалов технического назначения в основном зависит от качества используемых сырьевых компонентов и технологическими особенностями изготовления. В связи с этим, имеет важное значение, разработка составов и технологий получения алюмосиликатных материалов технического назначения с низкой температурой спекания.

В настоящее время в мире широко проводятся научно-исследовательские работы по технологии получения востребованных технических керамических материалов на основе высокоглиноземистых масс. В этом плане уделяется особое внимание по расширению сырьевой базы за счет привлечения перспективных сырьевых месторождений пород и вторичных ресурсов, высокотемпературных процессов спекания сырьевых компонентов, разработке технологии их получения, с минимальными материальными затратами, обоснованию влияния температуры на процесс формирования фаз минералов, которые обеспечивают необходимые технологические свойства готовых изделий, установлению зависимости основных свойств от технологического режима их получения.

В Республике достигнуты определенные научные и практические результаты и осуществляются широкомасштабные мероприятия по разработки составов и технологии получения керамических материалов на основе отечественных сырьевых компонентов, с использованием пониженной температурой спекания, определению физико-механических и функциональных свойств полученных керамических изделий, в частности высокопрочных и высокоплотных футеровочных материалов и комплектующих изделий и т.д. В Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 гг. отмечено, что расширить сырьевую базу за счет вовлечения нетрадиционных нерудных сырьевых ресурсов, разработать и внедрить безотходную технологию в рамках «Зеленой экономики»¹. В этом плане, приобретает особое значение разработка

¹ Указ Президента Республики Узбекистан УП-60 от 28 января 2022 года «О Стратегии Развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы».

составов высокоглиноземистой технической керамики на основе отечественных сырьевых и вторичных ресурсов, с использованием низкотемпературной технологии их спекания.

Данная диссертационная работа в определенной степени способствует выполнению задач, предусмотренных в Указах Президента Республики Узбекистан УП-60 от 28 января 2022 года «О Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы» и УП № 4947 от 7 февраля 2017 года «Стратегии действий по пяти приоритетным направлениям развития Республики Узбекистан в 2017-2021 годах», а также ПП-5083 от 22 апреля 2021 года «О дополнительных мерах по активному привлечению инвестиций в сферу геологии, трансформации предприятий отрасли и расширению минерально-сырьевой базы республики», ПП №2698 от 26 декабря 2016 года «О мерах по дальнейшей реализации перспективных проектов локализации производства готовых видов продукции, комплектующих изделий и материалов на 2017-2019 годы», УП-6097 от 29 октября 2020 года. «Об утверждении Концепции развития науки до 2030 года», а также в других нормативно-правовых документах, принятых по данной сфере.

Соответствие исследований с основными приоритетными направлениями развития науки и технологии в республике. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологии Республики VII «Химическая технология и нанотехнология».

Обзор зарубежных научных исследований по теме диссертации².

Научные исследования по получению технических керамических материалов с высокой прочностью и высокой плотностью, а также для повышения физико-механических и технологических свойств керамических материалов, полученных из новых рецептов высокоглиноземистых керамических масс путём управления высокотемпературными процессами, фазовыми переходами и формированием кристаллических фаз минералов на основе низкотемпературного обжига сырьевых компонентов проводятся во многих ведущих научно-исследовательских центрах и высших учебных заведениях мира, в том числе: Massachusetts Institute of Technology (США), University of Cambridge (Буюк Британия), Institute of Ceramics and Building Materials (Польша), Парижский университет (Франция), Asia Ceramics Institute, (Хитой), Kyoto University ва Tokyo Institute of Technology (Япония), Карлосовском Федеральном университете (Бразилия), Technische Universität München (Германия), Technical University of Denmark (Дания), Белорусском государственном технологическом университете (Белоруссия), Харьковском политехническом университете (Украина), Российском химико-технологическом университете им. Д.И. Менделеева, Санкт-Петербургом технологическом университете, Томском политехническом университете (Россия), Южно-Казахстанском Государственном университете им. М.Ауезова (Казахстан).

²Обзор зарубежных исследований по теме диссертации разработано на основе <http://www.scholar.google.com>, <http://www.sciencedirect.com> и других источников.

В мире достигнуты ряд исследовательских результатов по созданию эффективных составов и инновационных технологий получения керамических материалов технического назначения, а именно мелющих тел, облицовочных кирпичей и плит, а также керамических изоляторов с использованием местного сырья и вторичных ресурсов; в частности, разработаны составы технической керамики низкотемпературных шаровидных мелющих тел, стойких к истиранию (Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева, Россия); определено влияние модифицирующих компонентов на технологические свойства муллитокорундовой технической керамики (Белорусский государственный технологический университет, Белоруссия); с использованием способа полусухого прессования разработаны составы износостойких керамических материалов (Пражский университет, Чехия); способом золь-гель метода определено взаимодействие муллита с оксидами в высокоглиноземистом сырье (университет Лимонж, Франция); разработаны технологии получения высокоглиноземистых керамических изделий технического назначения (Уральский Федеральный Университет, Россия).

В мире проводятся ряд научных исследований по следующим приоритетным направлениям, посвященным созданию научных основ разработки инновационных технологий получения керамических материалов технического назначения, на основе минерального сырья и вторичных ресурсов, в том числе: изучение физико-химических процессов и фазовых переходов при высоких температурах, формирование структур алюмосиликатных минералов; анализ физико-химических процессов, высокотемпературных фазовых переходов, формирования кристаллических фаз минералов и образования новых фаз в керамических массах с использованием современных методов исследования.

Степень изученности проблемы. В опубликованных источниках широко освещены вопросы, посвященные разработке составов и технологий получения высокоглиноземистых материалов и изделий на основе минерально-сырьевых и вторичных ресурсов, также улучшению их физико-механических и технологических свойств.

Под руководством проф. Е.С.Лукина проведены научные исследования по разработке составов технической керамики в виде мелющих шаров с пониженной температурой спекания. В Белорусском Государственном технологическом университете определено влияние модифицирующих компонентов на технологические свойства технической керамики, муллитокорундового состава. Проф. Р.Ю.Поповым разработаны составы и технологические параметры производства износостойких керамических материалов с использованием способа полусухого прессования. Золь-гель методами исследовано взаимодействие минерала муллита с оксидами в высокоглиноземистом сырье в Пражском (Чехия) и Лиможском университете (Франция). В научно-исследовательских лабораториях Института новых материалов и технологий при Уральском Федеральном университете под руководством проф.И.Д.Кащеева и ТПУ под руководством проф. В.И.Верещагина (Россия), также другими зарубежными учеными из Европы

и Китая - Н. Erkalpa, R. Krüger J. B. Wachtman, F. A. Yuan, Y. Li, Wang Si проводятся научно-исследовательские работы по разработке технологии производства высокоглиноземистых керамических материалов на основе глинистых сырьевых ресурсов.

Отечественными учеными – профессорами Н. А. Сиражиддиновым, Ф. Х. Таджиевым, А. М. Эминовым, А. А. Исмаатовым и Р. И. Абдуллаевой проведен ряд научно-исследовательских работ по получению алюмосиликатных керамических материалов на основе Ангреновского каолина сырья. В научно-исследовательских лабораториях Института общей и неорганической химии и Института Материаловедения АН РУз, проведены ряд исследований по получению высокоглиноземистых шамотных кирпичей на основе Ангреновских каолинов с использованием отработанных катализаторов нефтегазоперерабатывающей отрасли Республики. Следует отметить, что в Республике не имеются предприятия по производству керамических материалов технического назначения, в том числе уралитовых, корундовых, муллитокорундовых, фарфоровых мелющих шаров, футеровочных материалов для помольных агрегатов и керамических изоляторов для свечи зажигания автомобилей, в связи с недостаточной изученностью отечественных сырьевых и вторичных ресурсов.

Таким образом, в Республике отсутствует достоверная информация по разработке энергосберегающих составов востребованных видов высокоглиноземистых керамических материалов технического назначения с технологическими, практическими, экономическими и экологическими исследованиями, на основе отечественных сырьевых и вторичных ресурсов.

Связь темы диссертации с научно-исследовательскими работами, выполняемыми в организации, где выполняется диссертация. Диссертационное исследование выполнено в Институте общей и неорганической химии АН РУз в рамках бюджетной тематики «Разработка энерго и ресурсосберегающих составов и технологии получения силикатных и функциональных материалов строительного и технического назначения» (2020-2024 гг.).

Целью исследования является разработка составов и низкотемпературной технологии получения алюмосиликатных керамических материалов технического назначения на основе отечественных сырьевых компонентов.

Задачи исследования.

обогащение, определение химико-минералогических и гранулометрических составов, высокотемпературных фазовых переходов, физико-химических процессов спекания используемых сырьевых компонентов и оценка их пригодности для получения алюмосиликатных технических керамических материалов;

исследование процесса низкотемпературного спекания и твердофазных реакций в шихтовых смесях керамических масс композиции «каолин-глинозем-доломит» и определение влияний поровой структуры и нанодисперсных модифицирующих добавок на технологические свойства образцов;

установление функциональной зависимости физико-химических, физико-механических, технологических, эксплуатационных и диэлектрических характеристик муллитокорундовых образцов от состава, дисперсности сырьевых компонентов и режима их термообработки;

разработка оптимальных составов мелющих тел, футеровочных плит и керамических изоляторов на основе каолина, глиноземсодержащего сырья с плавнеобразующими добавками и испытание их свойств по износостойкости, размолоспособности и электрической прочности в процессе эксплуатации;

апробация результатов исследований путем проведения опытно-производственных испытаний разработанных муллитокорундовых составов мелющих тел, футеровочных плит и керамических изоляторов и определение экономической эффективности использования в производстве.

разработка низкотемпературной технологий получения алюмосиликатных керамических материалов технического назначения, составлением необходимой технической документации.

Объекты исследования являются каолины Альянского, глины Ангреновского, лейкократовые граниты Каргалийского, кварцевые пески Яккабагского, доломит Музбулакского, бентонит Касанского месторождений, глиноземсодержащие цеолитовые отходы Шуртанского ГХК, Мубарекского НПЗ и опытные образцы.

Предметы исследования. Изучение физико-химических, технологических, эксплуатационных и электрических свойств опытных образцов мелющих тел, футеровочных плит и керамических изоляторов, установление оптимальных составов и технологических режимов их получения путем выполнения лабораторных исследований и опытно-производственных испытаний.

Методы исследований. В диссертации использованы физико-химические анализы, в частности химико-аналитический, рентгеноспектральный, рентгенфазовый, дифференциал-термический, микроскопический, сканирующий электронно-микроскопический, ИК-спектроскопический, а также традиционные и стандартные методы керамической технологии.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

обосновано возможности разработки состава технической керамики, на основе каолинового концентрата полученного путем мокрого обогащения Альянского каолина;

обоснована возможность использования каолинов, глиноземсодержащих отходов в сочетании с плавнеобразующими добавками при разработке импортозамещающих составов высокоглиноземистых масс;

установлены влияние поровой структуры и нанодисперсного оксида алюминия на образование кристаллических фаз муллита и корунда в алюмосиликатных образцах;

определено влияние содержания глиноземсодержащего отхода в сочетании каолином и бентонита на износостойкости и размолоспособности алюмосиликатных образцов;

выявлены высокотемпературные физико-химические процессы спекания и установлены фазовые переходы в образцах высокоглиноземистых масс в интервале температур 1000-1400°C, с образованием кристаллических фаз муллита, корунда и частично кристобалита;

установлены закономерности изменения основных физико-химических, технологических, эксплуатационных, диэлектрических характеристик образцов мелющих тел, футеровочных плит и керамических изоляторов в зависимости от компонентного состава шихты;

определены возможности использования муллитокорундовых образцов в качестве комплектующих элементов изоляторов –свечи зажигания;

оптимизированы технологические режимы спекания и фракционные составы высокоглиноземистых масс для получения мелющих тел, футеровочных плит и керамических изоляторов.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

разработаны составы и технологии получения мелющих тел, футеровочных плит и керамических изоляторов на основе каолинов месторождения Альянс и глинозёмсодержащих отходов нефтегазоперерабатывающей промышленности и получен Патент Республики Узбекистан на разработанные составы;

проведены опытно-промышленные испытания технологий получения муллитокорундовых мелющих тел, футеровочных плит и керамических изоляторов на основе местного сырья и вторичных ресурсов в производственных условиях СП «Бекабад-огнеупор» и ООО «AZIA PORSELAİN TRADE», и выпущены опытные партии;

в условиях ООО «Керамика-огнеупор» и СП «ART GLOSS GALLERY» мелющие тела и футеровочные плиты испытаны на стойкость к истиранию в процессе их эксплуатации.

Достоверность результатов исследований подтверждены аналитических, физико-химических анализов, классических методов лабораторных экспериментов, производственных испытаний и соответствием требованиям действующих стандартов керамических технологии.

Научная и практическая значимость результатов исследований.

Научная значимость результатов исследований заключается в обосновании и установлении функциональных зависимостей «состав-структура-дисперсность-свойства» основных физико-химических, физико-механических, технологических и диэлектрических характеристик алюмосиликатных образцов на основе каолинов и глиноземсодержащих отходов с плавнеобразующими добавками от вида и концентрации сырьевых компонентов и температурного режима спекания.

Практическая значимость результатов исследования состоит в том, что впервые разработаны и оптимизированы новые составы и технологические режимы получения муллитокорундовых мелющих тел, футеровочных плит и керамических изоляторов с улучшенными технологическими и эксплуатационными свойствами из высокоглиноземистых масс на основе

отечественных минерально-сырьевых и вторичных ресурсов, путем значительно расширяя сырьевую базу их производства.

Внедрение результатов исследований. На основе полученных научных результатов по разработке состава и низкотемпературной технологии получения алюмосиликатных керамических материалов технического назначения:

разработанный состав и технология получения муллитокорундовых мелющих тел на основе отечественных сырьевых компонентов включен в перечень перспективных разработок СП «Бекабад-огнеупор», внедряемых в 2026-2027 гг. (Справка СП «Бекабад-огнеупор» №106 от 23 июня 2025 года). Результат внедрения даёт возможность производить мелющие тела в три раза дешевле по сравнению с привозными;

разработанный состав и технология получения муллитокорундовых футеровочных плит из высокоглиноземистых масс на основе отечественных сырьевых компонентов включен в перечень перспективных разработок СП СП «ART GLOSS GALLERY», внедряемых в 2026-2027 гг. (Справка СП «ART GLOSS GALLERY» №10/11 2025-6 от 10 июля 2025 года). Результат внедрения даёт возможность производить футеровочных плит для помольных агрегатов, в три раза дешевле по сравнению с привозными.

разработанный состав и технология получения керамических изоляторов для свечи зажигания на основе отечественных сырьевых компонентов включен в перечень перспективных разработок ООО «AZIA PORCELAIN TRADE», внедряемых в 2026-2027 гг. (Справка Ассоциации «Узпромстройматериалы» № 02/15-2501 от 24 июля 2025 года) В результате появляется возможность получения продукта на основе низкотемпературной технологии, отвечающие требованиям действующего стандарта.

Апробация результатов исследования. Результаты данного исследования были обсуждены на 14 международных и 15 республиканских научно-практических конференциях.

Публикация результатов исследования. По теме диссертации опубликованы всего 46 научных работ, из них 16 научных статьи, в том числе 9 в журналах базы Scopus, 1 в зарубежном и 6 в республиканском, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертаций и Получен 1 Патент РУз.

Структура и объём диссертации. Структура диссертации состоит из введения, пяти глав, заключения, список использованной литературы и приложений. Объём диссертации составляет 200 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснована актуальность и востребованность темы диссертации, сформулированы цель и задачи, выявлены объект и предмет исследования, определено соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан, изложены

научная новизна и практические результаты исследования, раскрыты теоретическая и практическая значимость полученных результатов, приведены сведения о состоянии внедрений в практику результатов исследования по опубликованным работам и структуре диссертации.

В первой главе диссертации «Современное состояние вопросов исследований по разработке составов и технологий производства высокоглиноземистых керамических материалов технического назначения и перспективы их развития» приведены результаты критического анализа работ, опубликованных в научно - технической литературе, по вопросам выбора сырьевых компонентов для разработки составов, физико-химических, физико-механических, технологических, а также эксплуатационных свойствах, способов получения, высокотемпературных процессах спекания, фазовых переходов и структурообразования кристаллических фаз керамического черепка в режиме обжига и технологии производства высокоглиноземистых керамических материалов технического назначения, в частности муллитокорундовых составов мелющих тел, футеровочных материалов для помольных агрегатов и электрокерамических изоляторов в мире, в том числе и в Узбекистане. Анализированы и обсуждены минерально-сырьевые и вторичные ресурсы Республики для производства керамических материалов технического назначения с заданными свойствами. Рассмотрены вопросы по технологическому обогащению перспективных глинистых сырьевых ресурсов, с определением их оценки пригодности для разработки составов технической керамики. На основе критического анализа и обсуждения опубликованных работ сформулирована цель и задачи данного исследований.

Во второй главе диссертации «Методы физико-химического и технологического исследования. Процессы спекания и структурообразования минеральных фаз. Основные характеристики использованных неорганических минерально-сырьевых и вторичных ресурсов» приведены данные о современных методов физико-химических исследований сырьевых материалов и опытных образцов, использованные оборудования и приборов для установления их функциональных зависимостей технологических характеристик от состава и количества исходных сырьевых компонентов высокоглиноземистых шихт для керамических материалов. Для исследования физико-механических, технологических и диэлектрических свойств опытных образцов, эксперименты проводили согласно керамической технологии методом пластического и полусухого формования, путем обжига в интервале температур 1000-1450°C в лабораторных печах. Процессы спекания, фазовые превращения при высоких температурах и образование кристаллической структуры образцов высокоглиноземистых керамических масс установлены методами физико-химического анализа. Основные технологические показателей опытных обожженных образцов испытывали согласно классических методов керамической технологии и ряда действующих стандартов. Приведены результаты информации о наличии и характеристиках существующих месторождений глинистых минерально-сырьевых и вторичных

ресурсов Республики, а также плавнеобразующих и модифицирующих компонентов для разработки состава керамических масс технического назначения.

В третьей главе диссертации «**Обогащение и определение пригодности сырьевых компонентов для получения высокоглиноземистых масс. Процессы твердофазных реакций и фазовых взаимоотношений между глинистыми и каменистыми компонентами. Разработка шихтовых составов технической керамики**» приводятся результаты исследования химико-минералогических и гранулометрических составов, обогащения глинистого сырья, процессы высокотемпературного твердофазного спекания, с образованием кристаллических фаз алюмосиликатных минералов и фазовые взаимоотношения между каолином, глиноземом и доломитом и по установлению область оптимальных составов для технической керамики, в частности мелющих тел, футеровочных элементов и керамических изоляторов на тройной диаграмме, с определением их основных физико-химических характеристик.

Для разработки состава алюмосиликатных масс в качестве сырьевых компонентов использовали каолины Альянского, лейкократовые граниты Каргалийского, кварцевые пески Яккабагского, доломиты Музбулакского и бентониты Касанского месторождения, а также глиноземсодержащие отходы Шуртанского газохимического комплекса (ГО ШГХК) и Мубарекского НПЗ (ГО МНПЗ), с необходимыми модифицирующими добавками.

Известно, что основным сырьевым компонентом для получения алюмосиликатных керамических масс являются каолины, однако они по своему составу не всегда соответствует требованиям, предъявляемым к сырью для керамической промышленности. Для достижения желаемых результатов, т.е. увеличение оксида алюминия и уменьшения оксида железа в составе каолиновой породы проведены технологическое обогащение Альянского каолина, с использованием мокрого способа, в результате чего получен каолиновый концентрат. Установлено, что обогащенный Альянский каолин по химико-минералогическим составом и керамико-технологическим свойствам, аналогичны (табл.1 и табл.2) Просьяновским каолинам (Украина), и практически не уступает особенно по пластичности и белизны.

В связи с этим, обогащенный каолин можно использовать в качестве основного сырьевого компонента при производстве керамических материалов технического назначения и тонкокерамических изделий.

Таблица 1

Минералогический состав исходного и обогащенного Альянского каолина

Каолин	Количество минералов, мас.%					
	Каолинит	Монтмориллонит	Кварц	Гидро-слюда	Полевой шпат	Другие минералы
Исходный	33,58	2,18	44,31	4,68	15,08	0,8
Обогащенный	72,27	6,48	16,19	0,27	4,53	0,5

Таблица 2

Керамико-технологические свойства Альянских каолинов

Показатели свойств		Альянский каолин	Просяновский каолин
Пластичность по Аттербергу, %		11-13	7-8
Значение рН водной вытяжки		8,18	9,5
Остаток на сите, % №0063		0,02	0,04
Белизна, %:	высушенного при 110°С	69	72
	обожженного при 1350°С	86-88	91
Усадка, %:	при сушке 110°С	3,71	4,0
	при обжиге 1350°С	14,75	17,4
Предел прочности при изгибе, МПа:	высушенных при 110°С	1,3-1,9	1,5-2,0
	обожженных при 1350°С	88-92	94,6
Водопоглощение, % (1350°С):		6,7	7,8
Огнеупорность, °С		1690-1715	1770-1790

На рентгенограмме исходного образца каолина (рис.1а) наблюдались дифракционные максимумы каолинита (0.255; 0.443; 0.496 нм), гидрослюды (0.237; 0.982 нм), монтмориллонита (1,456; 1,777 нм), кварца (0.166; 0.181; 0.197; 0.212; 0.227; 0.227; 0.244; 0.333; 0.422 нм) и полевого шпата (0.324; 0.297 нм). На рентгенограмме обогащенного каолина (рис.1б), характер дифракционных линий показывают о существенном повышении содержания каолинита и снижении количества кварца, а также о некотором повышении содержания монтмориллонита. Дифракционные максимумы кварца несколько снижаются по интенсивности, а дифракционные максимумы, которые относились минералом гидрослюды вовсе исчезли.

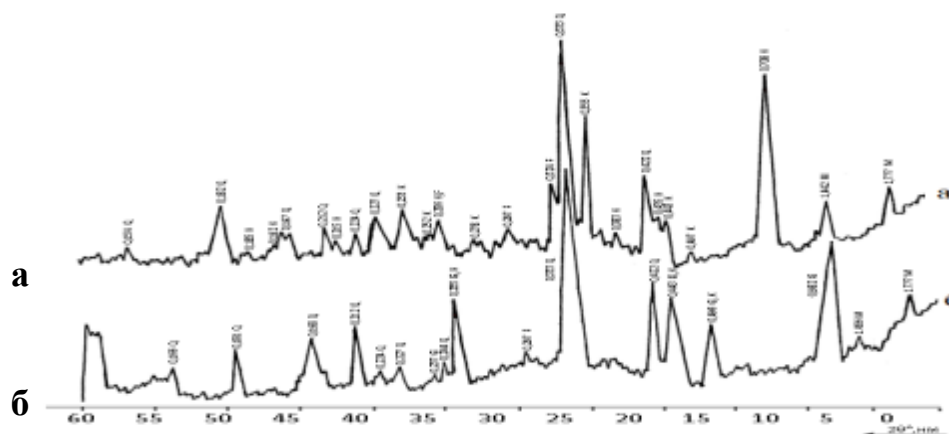


Рис.1. Рентгенограммы исходного (а) и обогащенного (б) образца Альянского каолина

На растровом электронно-микроскопическом снимке обогащенного каолина видны кристаллы псевдогексагональной формы, собранные в отдельные пакеты, имеющие слоистую структуру желтовато-серого цвета с примесью кварца до 5% (рис.2). Определена ярко выраженная слоистая структура основного минерала - каолинита и его полиминеральный состав.

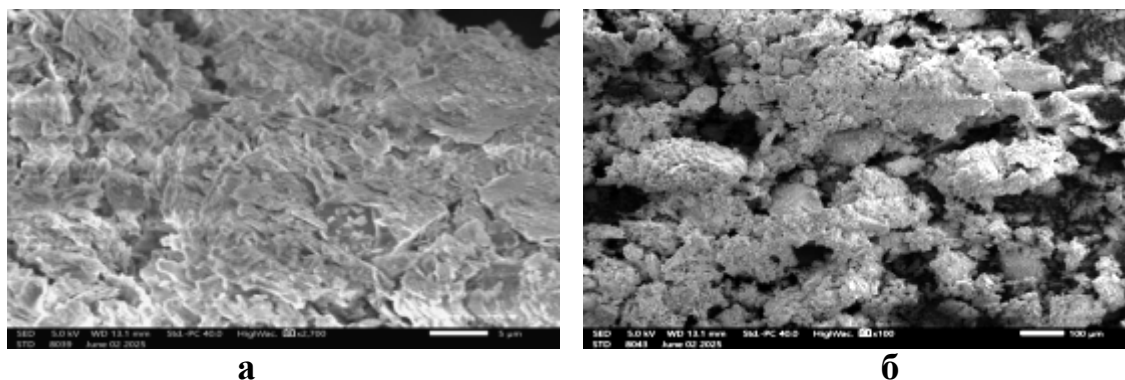


Рис.2. Электронно-микроскопические снимки обогащенного образца Альянского каолина: а-5 μm; б-100 μm

Для разработки состава алюмосиликатной керамики кроме каолина также использованы другие глинистые, отошающие и минерализующие сырьевые компоненты, химические составы которых приведены в табл.3.

Таблица 3

Химические составы сырьевых компонентов

Сырьевые компоненты	Содержание оксидов, мас.%									ппп, мас.%
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₃	
Каолин Альянс обогащенный	51,0	33,8	0,47	0,34	0,49	0,48	0,19	1,48	0,32	11,70
Глина Ангрен	52,10	25,67	5,77	0,38	1,19	1,10	0,95	0,91	1,71	10,16
ГО ШГХК	6,00	85,28	1,60	0,85	1,32	1,23	0,60	0,17	<0,10	1,55
Обож. (1300°C) ГО ШГХК	0,18	98,77	0,24	0,31	0,29	0,09	0,05	0,04	сл.	0,02
ГО МНПЗ	1,33	90,55	0,20	0,19	0,78	0,25	0,06	0,40	<0,10	6,20
Обож. (1300°C) ГО МНПЗ	0,12	99,88	0,05	0,09	0,25	0,07	0,02	0,03	сл.	0,01
Музбулакский доломит	1,26	0,65	0,38	0,03	21,17	29,84	0,08	0,04	сл.	45,91
Яккабагский кварц. песок	97,45	0,10	0,35	сл.	0,15	0,28	0,64	0,04	0,01	1,02
Каргалийский гранит обогщ.	71,88	13,55	0,64	0,05	0,92	1,12	2,45	8,54	0,01	0,86
Касанский бентонит	55,83	17,64	5,39	0,72	0,20	1,26	2,70	2,64	0,84	12,30

Для повышения содержания Al₂O₃ в керамической шихте были использованы глиноземсодержащий отход нефтеперерабатывающей отрасли.

Рентгенограммы продуктов прокаливания образцов этих отходов при температуре 1100-1200°C являются минералы муллита и корунда, которые являются основными кристаллическими фазами высокоглиноземистых керамических материалов. Кроме того, в результате термообработки отработанных катализаторов ШГХК и МНПЗ также образуются промежуточные минералы - глинозем и мелилит.

Результаты дифференциально-термического анализа образца Альянского каолина показали, что на термограмме (рис.3) обнаружены слабый экзотермический эффект при температуре 285°С связанный с процессом выгорания органических примесей и удалением воды. Эндоэффект с максимумом при температуре 610°С соответствует началу разрушения структуры каолина с сравнительно большими потерями массы и свидетельствует о хорошей степени процесса кристаллизации. При температуре 1010°С наблюдается четкий экзоэффект, соответствующий перекристаллизацией аморфных продуктов разложения каолинита.

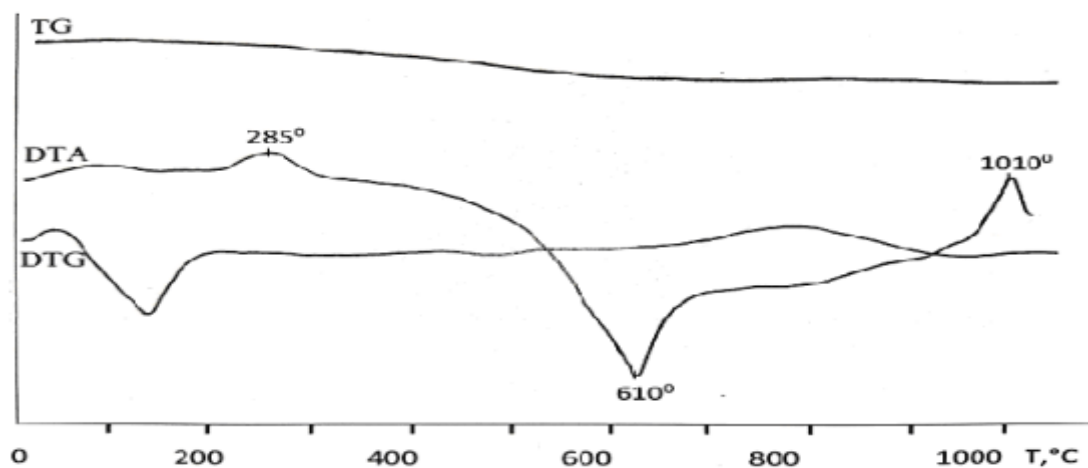


Рис.3. ДТА образца Альянского каолина

На микрофотографии исходного глиноземсодержащего отхода МНПЗ (рис.4а) отчетливо видны минералы гелеобразного гиббсита, частично хлопьевидные чешуйки галлуазита. Структура микрокристаллическая, плотная, однородная, преобладающая фаза-гидроксида алюминия. В обожженных образцах (рис.4б) при температуре 900°С наблюдается однородными чешуйчатыми структурами и волокнистыми агрегатами гамма глинозема. Морфология обожженного образца при температуре 1300°С (рис.4с) в основном состоит минерала корунда, которая изображается в виде двух ромбоэдров, слагающих элементарную ячейку. Морфология кристаллов корунда представлена в виде бочонкообразных, дипирамидальных и таблитчатых кристаллов псевдогексагонального облика.

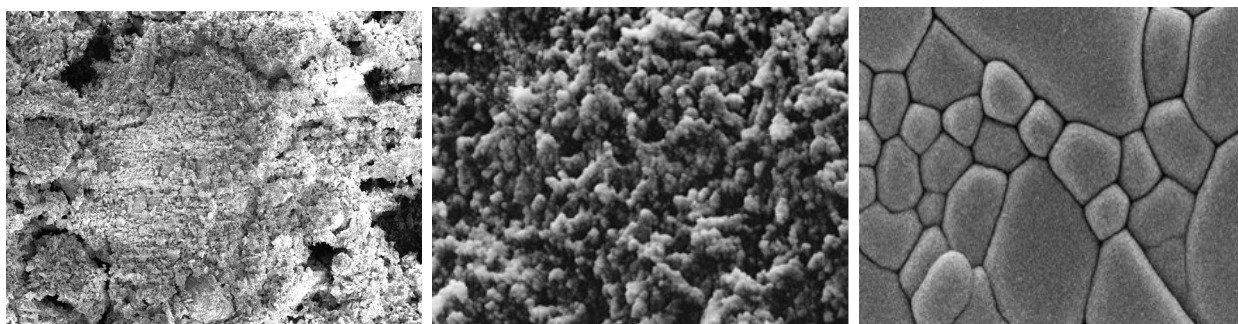


Рис.4. ЭМ снимки глиноземсодержащего отхода МНПЗ: а-исходный; б-обожженный 900°С; с-обожженный 1300°С

Для разработки различных вариантов концентрационного состава высокоглиноземистых керамических масс и технологической их реализации использованы научные подходы с учетом химико-минералогического состава исходных компонентов. Область изученных составов в тройной системе «каолин-глиноземсодержащий отход-доломит» приведен на рис.5. Как видно из тройной диаграммы оптимальные составы высокоглиноземистых масс лежат вблизи вершины треугольника, где находится максимальное содержание глиноземсодержащего отхода.

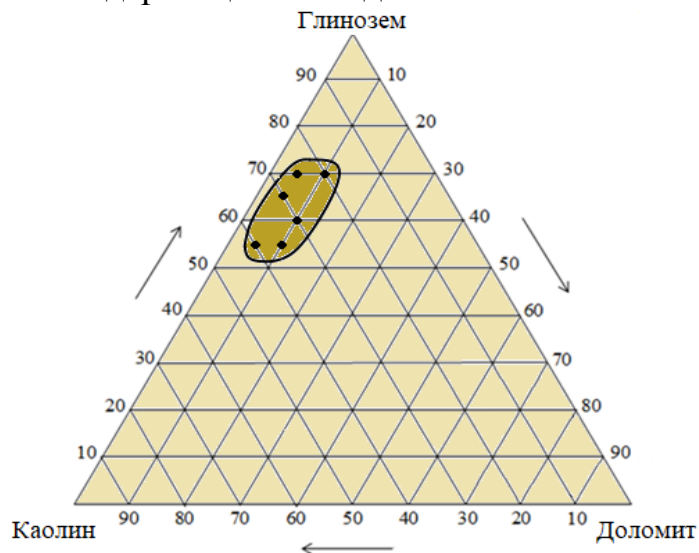


Рис.5. Область оптимальных составов в тройной системе «каолин-глиноземсодержащий отход-доломит»

В четвертой главе диссертации «Влияние поровой структуры опытных образцов и минерализующих добавок на их физико-механические характеристики и температуры спекания. Разработка шихтовых составов образцов керамических масс с высокой стойкости к истиранию и диэлектрическими свойствами» приведены результаты исследования влияния поровой структуры керамического черепка и модифицирующих добавок на температуры спекания и физико-механических, технологических и эксплуатационных свойства разработанных муллитокорундовых керамических материалов. Приведены результаты разработки шихтовых составов алюмосиликатных материалов с различными содержаниями глинозема, в сочетании каолином и бентонитом и оптимизации шихтовых составов муллитокорундовых керамических материалов с высокой стойкости к истиранию, размолоспособности, износостойкости и необходимыми диэлектрическими свойствами.

Известно, что высокоглиноземистые керамические материалы характеризуются соотношением оксидов алюминия и кремнезема. Они успешно применяются в тепловых агрегатах с периодическим нагревом и охлаждением, т.к. они имеют зернистое строение и более термостойки, чем спеченные изделия подобного состава. В связи с этим, разработка составов и исследование физико-механических характеристик порометрических рядов

высокоглиноземистых материалов в зависимости от гранулометрического состава наполнителя имеет важное значение.

Установлено, что, регулируя удельную поверхность глиноземистого компонента можно получить высокоглиноземистый керамический материал различного назначения, обладающий достаточной механической прочностью и оптимальной структурой порового пространства, при которых этот материал наименьшим образом подвержен разрушению под действием термических нагрузок.

Исследованы влияние дисперсного оксида на механические характеристики разработанного образца керамической массы. Показано, что физико-механические свойства разработанных образцов от добавок нанодисперсного оксида алюминия не являются монотонными функциями. Так как, введение керамической массе нанодисперсного оксида алюминия в количествах 1,0, 3,0 и 5,0 мас.% наблюдается улучшения физико-механических и эксплуатационных свойств, в частности, коэффициент истираемости, кислотостойкость, плотность, прочность только в образце МТ-2 при введении, которого в количестве 3,0 мас.%. При дальнейшем уменьшении или повышении содержания его в других образцов отмечается почти монотонное ухудшение свойств керамических черепков.

Для оптимизации составов муллитокорундовой керамики, всего было изготовлено две серии высокоглиноземистых керамических масс, в первой из них серии содержание глиноземсодержащего отхода изменялось в количестве от 40 до 60 мас.%, во второй серии содержание его колеблется в пределах от 60 до 90 мас.%. В разработанных шихтовых составах (табл.4), в некоторых массы одновременно вводилось два вида плавнеобразователи - лейкократовой гранит и барий карбонат. Предполагалось, что введение такого комплексного плавнеобразователей обеспечить наиболее эффективные снижение температуры спекания опытных керамических масс.

Таблица 4

Шихтовые составы керамических масс первой серии

Сырьевые компоненты	Наименование образцов/ мас.%									
	М-1	М-2	М-3	М-4	М-5	М-6	М-7	М-8	М-9	М-10 (уралит)
Обожженный ГО МНПЗ	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	50,0	50,0	50,0	60,0	61,6
Ангренская глина	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	31,0
Альятский каолин	20,0	20,0	20,0	30,0	30,0	20,0	10,0	20	10,0	-
Музбулакский доломит	-	5,0	-	-	-	10,0	-	-	10,0	7,4
Каргалийский гранит обогащ.	20,0	10,0	10,0	-	-	-	15,0	10,0	-	-
ВаСО ₃	-	5,0	10,0	10,0	10,0	-	5,0	-	-	-

В табл.5. приведены основные физико-механические свойства опытных образцов из разработанных высокоглиноземистых масс первой серии. Как

видно из данных табл.5. существенное снижение температуры спекания по сравнению исходным материалом М-10 (заводской уралит) было достигнуто для образца М-2, имеющие комбинированные плавнеобразователи, который характеризовался большей прочностью и объемным весом. Температура спекания образца М-2 отмечается при значительно более низкой температуре и аналогично механической прочности при изгибе по сравнению материала М-10 – уралита.

Таблица 5
Физико-механические свойства опытных образцов первой серии

Наименование показателей	Наименование образцов									
	М-1	М-2	М-3	М-4	М-5	М-6	М-7	М-8	М-9	М-10 (уралит)
Т обжига, °С	1400	1380	1380	1400	1380	1400	1400	1430	1450	1430
Прочность при изгибе, МПа	170	225	180	187	160	227	165	150	215	220
Объемный вес, г/см ³	2,78	3,06	2,87	2,97	2,89	2,94	2,91	3,01	3,04	3,05
Плотность, г/см ³	3,05	3,37	3,03	3,04	2,92	3,04	2,96	2,81	3,31	3,33
Линейная усадка, %	15,8	16,8	17,6	20,2	16,9	19,2	16,8	18,8	19,1	16,9

В целом, результаты исследования образцов первой серии позволили рекомендовать изготовление опытной партии мелющих тел из образца М-2.

По второму направлению, была изготовлена вторая серия масс, содержание глинозема в которых изменялось в количестве от 61,6 мас.% до 90 мас.%. При этом следует отметить, что содержание глинозема в эталонном уралите составляет 61,6 мас.%.

Таблица 6
Шихтовые составы керамических масс второй серии

Сырьевые компоненты	Наименование образцов и количество, мас.%									
	М-10 (уралит)	М-11	М-12	М-13	М-14	М-15	М-16	М-17	М-18	
Обожженный ГО МНПЗ	61,6	70,0	70,0	70,0	75,0	80,0	80,0	90,0	88,0	
Ангренская глина	31,0	20,0	20,0	20,0	-	-	-	-	-	
Касанский бентонит	-	-	-	-	23,0	16,0	18,0	6,0	10,0	
Музбулакский доломит	7,4	8,0	10,0	9,0	-	2,0	-	-	-	
Оксид титана	-	2,0	-	1,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	

В связи с тем, что массы второй серии (табл.6) благодаря высокому содержанию в них глинозема требовали высокой температуры обжига, в них вводился дополнительный плавнеобразователь в виде двух оксида титана, обычно рекомендуемой для активизации спекания высокоглиноземистых масс. Опробовано также введение в состав высокоглиноземистых масс

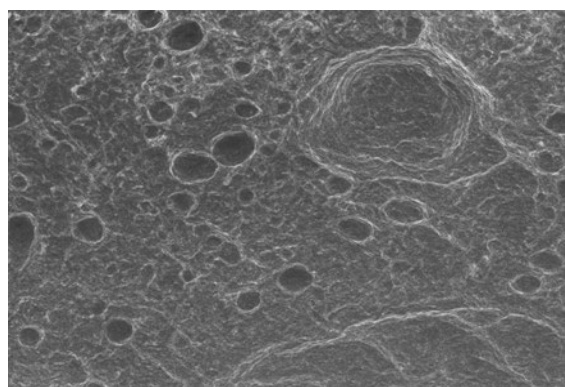
комплексных добавок, а именно «оксид титана+доломит», обеспечивающих образование с низкотемпературных эвтектик. Некоторые основные физико-механические свойства образцов из разработанных керамических масс, (содержания глинозема выше 70 мас%) второй серии приведены в табл.7.

Таблица 7

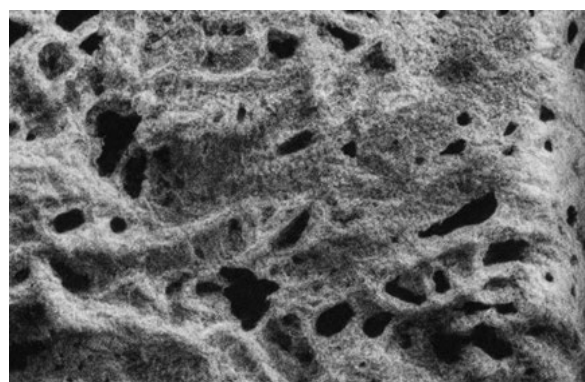
Физико-механические свойства опытных образцов второй серии

Наименование показателей	Наименование образцов								
	М-10 (уралит)	М-11	М-12	М-13	М-14	М-15	М-16	М-17	М-18
Т обжига, °С	1430	1430	1450	1650	1650	1600	1600	1600	1450
Предел прочности при изгибе, МПа	220	237	215	153	172	160	255	350	210
Объемный вес, г/см ³	3,05	3,23	3,33	3,12	3,09	3,36	3,32	3,36	3,39
Плотность, г/см ³	3,33	3,36	3,25	3,28	3,17	3,43	3,41	3,42	3,45
Линейная усадка, %	16,91	19,10	21,11	19,52	19,71	23,91	23,20	25,20	21,14

Электронно-микроскопические снимки образцов оптимальных составов обожженных при различных температурах приведены соответственно на рис.6 и рис.7.



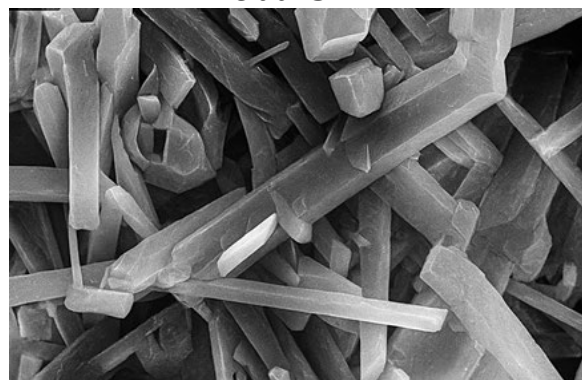
1250°C



1300°C



1350°C



1450°C

Рис.6.Электронно-микроскопические снимки образца М-11 обожженного при различных температурах

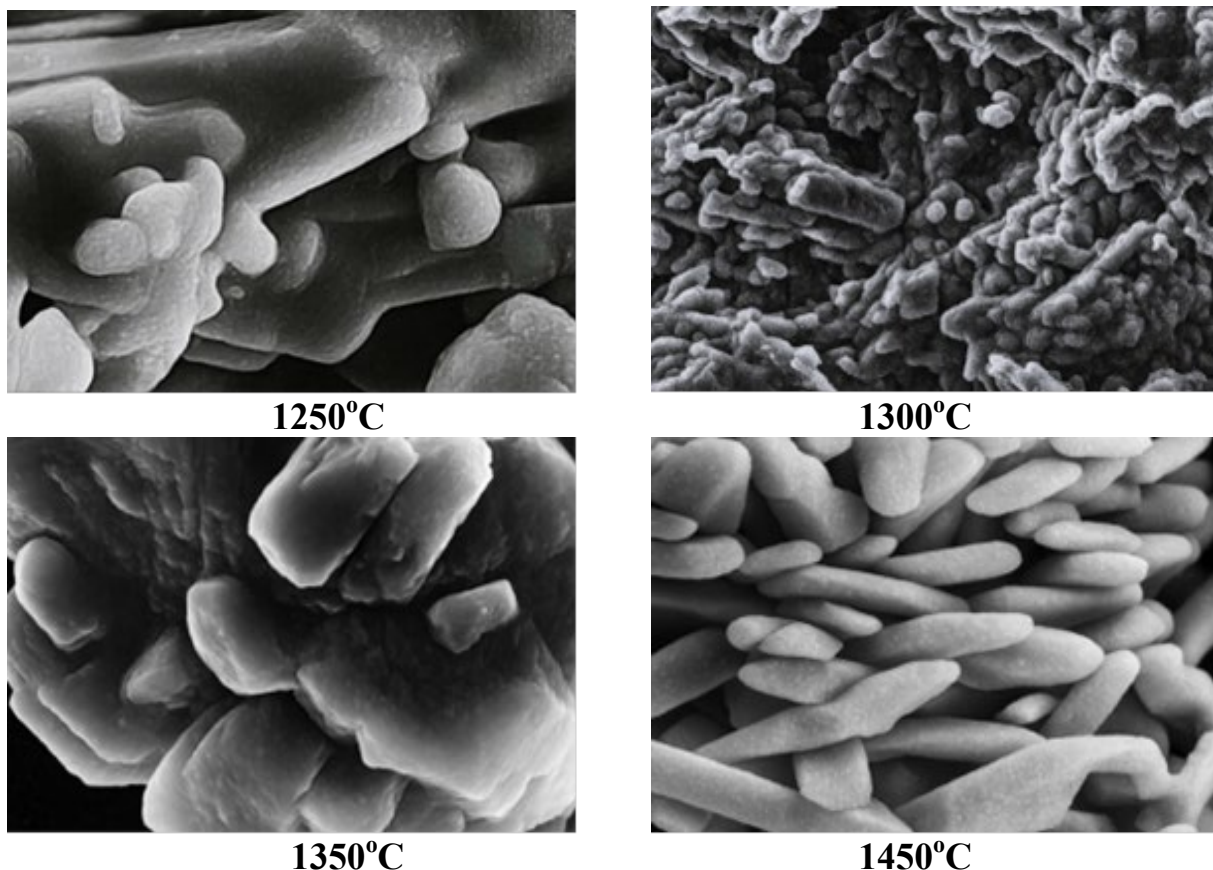


Рис.7.Электронно-микроскопические снимки образца М-18 обожженного при различных температурах

Разработанные образцы состава М-2 и М-11 использованы для проведения сравнительных помолов в шаровой мельнице емкостью 10 л, результаты которых приведены в табл.8.

**Таблица 8
Результаты процесса помола разработанных образцов М-2 и М-11 из высокоглиноземистых масс в виде мелющих тел**

Образцы мелющих тел	Продолжительность помола, час	Коэффициент истираемости,	Объемный вес, г/см ³
Уралит М-10	4,50	0,00875	3,05
М-2	4,44	0,00848	2,98
М-11	3,66	0,00730	3,25

Из вышеуказанных данных установлено, что использование комбинированных плавнеобразователей позволяет существенно снизить температуру спекания образцов алюмосиликатных масс, для технической керамики, обладая необходимыми технологические показатели.

В пятой главе диссертации «Разработка оптимальных составов и технологических параметров режимов производства высокоглиноземистых керамических мелющих шаров, футеровочных материалов и изоляторов. Результаты опытно-производственных испытаний разработанных материалов и их рекомендации к внедрению» приведены результаты по разработки технологии производства керамических

материалов технического назначения и выпущены опытные партии мелющих тел, футеровочных материалов и изоляторов. Отмечено, что в процессе разработки по оптимизации составов и технологические режимы получения технической керамики, выбрано направление, которое позволяют реальное промышленное освоение их производства в ближайшей перспективе.

Для опытно-производственных испытаний алюмосиликатных керамических масс технического назначения с целью получения плотноспеченного, высокопрочного керамического материала муллитокорундового состава в виде мелющего тела и футеровочных плит, обладающего высокой стойкостью к истиранию, износу, размолоспособности использованы вышеуказанные сырьевые материалы.

Полученные экспериментальные данные свидетельствуют о том, что сравнительно достаточно высокие показатели свойств и процессов спеканий после обжига имеют образцы для мелющих тел – МТ-3, МТ-6, МТ-7, а для футеровочных плит – ФМ-1 и ФМ-2, компонентные составы которых для опытно-производственных испытаний приведены в табл.9.

Таблица 9

Компонентные составы алюмосиликатных масс муллитокорундового состава для мелющих тел (МТ) и футеровочных плит (ФМ)

Образцы	Компонентные составы, мас.%					
	Обогащенный каолин Альянс	Глиноземистый отход (обож.1300°С)	Лейкократовый гранит Каргали	Кварцевый песок Яккабаг	Доломит Музбулак	Бентонит Касан
МТ-3	18	70 (ШГХК)	3	3	3	3
МТ-6	20	65 (ШГХК)	7	3	3	2
МТ-7	26	60 (ШГХК)	8	-	3	3
ФМ-1	12	80 (МНПЗ)	3	-	3	2
ФМ-2	10	82 (МНПЗ)	-	2	3	3

Производственные испытания по выпуску опытной партии образцов из высокоглиноземистых масс для мелющих тел и футеровочных плит проводили в условиях СП «Бекабад-огнеупор». При выборе опытных образцов для испытаний в производственных условиях учитывали полученные результаты лабораторных исследований. Подобраны образцы, имеющие наилучших показателей физико-механических и технологических свойств, отвечающие требованиям действующего стандарта.

Согласно разработанной рецептуре приготовление опытных керамических масс в производственных условиях осуществляли раздельно-совместным способом. Следует отметить, что, для керамических масс мелющих тел, для улучшения прочности сверх 100 мас.% добавляли нанодисперсный гамма-формы ($\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$) оксид алюминия в количестве 3,0 мас.%, размером частиц 250-300 мкм.

Мелющие тела в виде цилиндров диаметром 30 мм и длиной 40 мм в количестве по 100 кг из каждой партии изготавливали методом пластического формования на вакуум прессах при соответствующем

давлении, а также футеровочные плиты для шаровых мельниц из состава ФМ-1 и ФМ-2 размером 150×100×50 мм в объеме 5 м² изготавливали методом полусухого прессования с влажностью 7-8 %. Формованные образцы подвергались сушке при температуре 105-110°С до полного удаления формовочной влажности, после чего образцы обжигались в камерной печи при 1400°С, с выдержкой при конечной температуре 3 часа.

Результаты определения химического состава и испытания физико-механических и технологических характеристик полученных производственных муллитокорундовых образцов сравнены с требованиями ГОСТ 20419-83, группа 600-глиноземистые (муллитокорундовые, подгруппа 620) и ТУ 21-150-98, а также группа 700-высокоглиноземистые (корундовые, подгруппа 780) соответственно (табл.10).

Таблица 10

Химические составы и физико-механических свойств разработанных муллитокорундовых мелющих тел с сравнением ТУ 21-150-98

Наименование показателей	ТУ 21-150-98	Опытные образцы		
		МТ-3	МТ-6	МТ-7
Содержание Al ₂ O ₃ , (мас.%)	73-75	77,19	74,18	71,66
Содержание SiO ₂ , (мас.%)	<20-23	17,83	21,21	22,66
Содержание Fe ₂ O ₃ , Na ₂ O, CaO, K ₂ O и др.(мас.%)	2,0-7,0	4,98	4,61	5,68
Плотность, г/см ⁻³ , не менее	3,40	3,45	3,40	3,38
Закрытая пористость, не более, %	2,00	1,61	1,72	1,91
Водопоглощение, не более, %	0,10	0,07	0,09	0,14
Кислотостойкость (в HCl), не менее %	99,0	99,5	99,3	99,1
Термостойкость, кол-во теплосмен при 1000°С	15	15	15	15
Коэффициент истираемости не более, %, час	0,010	0,008	0,009	0,010
Механ. прочность на сжатие, МПа, не менее	55,0	57,10	56,05	55,01
Насыпная плотность, т/м ³	1,3-1,75	1,72	1,62	1,43

Результаты испытаний показали (табл.10), что полученные опытно-производственные образцы мелющих тел муллитокорундового состава по показателям отвечают требованиям ТУ 21-150-98.

При этом следует отметить, что по содержанию оксида глинозема разработанный образец МТ-3 превосходит показателям ТУ 21-150-98, а остальные опытные образцы, по химическим составом и физико-механическим свойствам относятся к глиноземистым муллитокорундовым керамическим материалам согласно действующего стандарта ГОСТ 20419-83. Образец мелющих тел МТ-3 испытаны в процессе эксплуатации при измельчении керамического пигмента в условиях ООО «Керамика-огнеупор».

Исследования по износостойкости и размолоспособности керамических мелющих шаров проводились с использованием цилиндрических мелющих тел из разработанной высокоглиноземистой керамики вместе с привозными мелющими телами из ЗАО «Электрокерамика» Результаты опытно-производственных испытаний по износостойкости и размолоспособности

разработанных керамических мелющих шаров показали, что скорость истирания разработанного образца мелющих тел М-5 и мелющие шары производства ЗАО «Электрокерамика» практически одинаковы и составляют значений $10,21 \cdot 10^{-3}$ %/час для образца МТ-3 и $10,10 \cdot 10^{-3}$ %/час для привозного соответственно.

Определения износостойкости в процессе помола разработанных составов образцов футеровочных материалов для мелющих агрегатов, провели ряд технологических операций в производственных условиях предприятий СП «Бекабад огнеупор». При этом следует отметить, что кроме формовки технологические операции подготовка сырьевых материалов, сушка и обжиг для опытных образцов футеровочных плит аналогично с технологическими приготовлениями мелющих тел.

Результаты определения химического состава и испытания физико-механических и технологических характеристик полученных производственных образцов муллитокорундового состава и сравнение их показателей с требованиями стандарта приведены в табл.11. Муллитокорундовые образцы наименованиями ФМ-1 и ФМ-2 (табл.11), содержащий оксид алюминия выше 80 мас.% соответствует показателям ГОСТ 20419-83 (подгруппа 780-корундовые) и рекомендованы для дальнейшего использования при разработке состава футеровочных материалов помольных агрегатов - шаровых и вибрационных мельниц.

Таблица 11

Технологические характеристики разработанных муллитокорундовых образцов для футеровочных плит и сравнении его с привозными

Показатели	Керамика Гжели (Россия, аллюбитовые), марки -80	Образцы	
		ФМ-1	ФМ-2
Содержание Al_2O_3 , (мас.%)	$80,0 \pm 2$	84,45	85,52
Плотность, г/см ³	$\geq 3,35$	3,37	3,40
Твердость (по шкале Мооса)	≥ 9	9,04	9,07
Прочность при сжатии, МПа	≥ 1800	1830	1890
Водопоглощение, %	$\leq 0,02$	0,010	0,005
Истираемость, %/час	$\leq 0,12$	0,011	0,010

Для определения степени износостойкости футеровочных элементов (плит) в условиях СП «ART GLASS GALLERY» были проведены опытно-производственные испытания разработанных футеровочных плит на износостойкость при измельчении кварцевого песка для глазурей керамических плит. Для оценки истираемости образцов ФМ футеровали часть шаровых мельниц, объёмом 100 л, который был футерован с Российскими футеровочными кирпичами. Далее, футеровали из разработанных плит площадь 50×70 см шаровых мельниц и измельчали кварцевой песок при соотношении кварцевый песок : мелющие тела : вода соответственно 1,0:1,2:1,0. При этом вес всех загружаемых материалов составлял 50 кг, время помола 12 часов. Износ футеровки определяли визуально с помощью штангенциркуля.

В результате установлено, что износ футерованной площади шаровых мельниц с помощью разработанных плит в процессе измельчения кварцевого песка составил 0,01 %/час, который соответствует значениям футеровочных элементов Российского производства «Керамика Гжели».

В целом, установлено, что разработанные футеровочные плиты состава ФМ не уступают зарубежным аналогам «Керамика Гжели» по значению износостойкости. Полученные данные свидетельствуют о том, что эксплуатационные характеристики разработанных футеровочных плит соответствуют всем необходимым требованиям для измельчения твердых веществ при получении помола высокой дисперсности и с успехом внедрен на СП «ART GLASS GALLERY».

Таким образом, разработаны высокоглиноземистые керамические массы с различными содержаниями оксида алюминия и температурой спекания 1400°C и соответствующие необходимым требованиям ГОСТ 20419-83, которые можно рекомендовать в качестве керамических мелющих тел и футеровочных элементов помольных агрегатов.

При приготовлении смеси опытной партии алюмосиликатных масс для керамических изоляторов сырьевые компоненты подвергались дроблению, измельчению, электромагнитной очистке существующей технологии производства в условиях предприятий. Глиноземистый отход Мубарекского НПЗ обжигали при температуре 1300°C в течение 1 ч. При этом, что введение TiO₂ в керамическую массу способствует снижению температуры обжига и получению изделий с высокой электрической прочностью.

Следует отметить, что на основе результатов лабораторных исследований определены физико-механических свойств муллито-корундовых образцов (обожженных при 1300°C) и подобраны оптимальные составы образцов керамических изоляторов для свечи зажигания на основе отечественных компонентов, которые имели наилучшие показатели механической прочности, плотности, диэлектрических свойств и другие.

Поэтому, для проведения производственного апробирования были приготовлены вышеуказанные керамические массы в количестве 1000 кг, в условиях предприятий ООО «ASIA PORCELAIN TRADE» были подготовлены, выпущены и испытаны опытные партии муллитокорундовых керамических образцов для электрических изоляторов. Компонентные составы опытных образцов Ил-3 и Ил-5 для керамических электроизоляторов приведены в табл.12.

Таблица 12

Компонентные составы опытных образцов Ил-3 и Ил-5

Образцы	Компонентные составы, мас.%					
	Глинозем отход МНПЗ (обож.1300°C)	Обогащенный каолин Альянс	Лейкократовый гранит Каргали	Доломит Музбулак	Бентонит Касан	Оксид титана (TiO ₂)
Ил-3	62	18	10	6	3	1
Ил-5	65	15	12	4	3	1

Обожженные образцы для керамических электроизоляторов подвергали испытанию для определения диэлектрических свойств, полученные результаты приведены в табл.13.

В целом, установлено, что образцы Ил-3 и Ил-5 керамической массы разработанных составов для электрических изоляторов по значению физико-механических и диэлектрических характеристик соответствует требованиям существующего стандарта ГОСТ 20419-83, группа 600-глиноземистый материал (муллитокорундовые, подгруппа-610) с содержанием Al_2O_3 в количестве 50-65 мас. %.

Таблица 13

Диэлектрические характеристики опытных образцов

Наименование показателей	ГОСТ 20419-83	Разработанные образцы	
		Ил-3	Ил-5
Открытая пористость, % неглазуванная	не реглам.	0,03	0,01
Кажущаяся плотность, г/см ³ не менее	2,6	2,73	2,78
КЛТР : при температуре от 20 до 100°С	3-6	5,1	4,8
	от 20 до 600°С	4-7	6,1
Предел прочности при изгибе, МПа, не менее	120	135	140
Электрическая прочность, кВ/мм, не менее	17	20	21
Диэлектрическая проницаемость	6,5-8,5	6,7	7,02
Теплопроводность, Вт·м-1·К1, при 20-100°С	2-6	4,4	3,5
Тангенс угла диэлектрических потерь, tg δ, 10 ⁻³	не реглам.	5,8	6,1
Удельное объемное сопротивление, ом·см, при 20°С, не менее	10 ¹³	10 ¹⁴	10 ¹⁵
Удельное поверхностное сопротивление, ом·см, при 20°С, не менее	10 ¹¹	10 ¹¹	10 ¹²

При этом следует отметить, что в стандарте ОСТ 37.003.036-87. Изоляторы керамические для искровых свечей зажигания. Технические условия. 1.3 пункте указано, что «Изоляторы должны изготавливаться из фарфорового материала подгрупп ПО и 111 по ГОСТ 20419-83. Группа материала и глазурованные поверхности должны быть указаны в нормативно-технической и (или) конструкторской документации, утвержденной в установленном порядке, на конкретные виды изоляторов.

Исходя из этого, результаты определения диэлектрических характеристик опытных образцов, полученных в производственных условиях (при частоте 50 Гц), отвечали требованиям ГОСТ 20419-83 группа 600-глиноземистый материал (муллитокорундовые, подгруппа-610) для получения высокоглиноземистых, в частности муллитокорундовых электрокерамических материалов.

В целом, разработанный состав и технология получения высокоглиноземистых масс муллитокорундового состава для электрических изоляторов типа свечи зажигания на основе отечественных сырьевых

компонентов успешно прошла апробацию в условиях ООО «ASIA PORCELAIN TRADE» и принято для дальнейшего использования.

Таким образом, расчеты, ожидаемые экономические эффективности от использования разработанных муллитокорундовых керамических материалов технического назначения, показали что, от внедрения мелющих тел и футеровочных плит в условиях СП «Бекабад огнеупор» соответственно составляют 2148 и 2165 долларов США за тонну, которые в три раза дешевле по сравнению таких материалов Российского производителя ЗАО «Электрокерамика».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Определены химико-минералогические, гранулометрические составы и физико-химические характеристики и оценки пригодности сырьевых и спеченных образцов алюмосиликатной массы на основе каолинов Альянского, лейкократовых гранитов Каргалийского, кварцевых песков Яккабагского, доломитов Музбулакского, бентонитов Касанского месторождений и глиноземсодержащих отходов цеолитового катализатора Шуртанского газохимического комплекса и Мубарекского нефтеперерабатывающего завода, с помощью современных методов физико-химического анализа, также классических и стандартные методов испытаний технологии керамических материалов.

2. Проведены технологическое обогащение каолинов Альянского месторождения с использованием мокрого способа и получили концентрат каолина, предназначенный для получения тонкокерамических изделий технического назначения. Показана возможность использования их в качестве основных компонентов технических керамических материалов.

3. Установлено пригодности глиноземсодержащих отходов нефтегазовой отрасли после обработки при температуре 1300°C, содержащие в своем составе альфа формы оксида алюминия (корунда) для получения высокоглиноземистых масс муллитокорундового состава, в виде мелющих тел, футеровочных материалов и керамических изоляторов.

4. Исследованы процессы высокотемпературного твердофазного спекания, фазовых превращений и взаимоотношения между Альянского каолина, глиноземсодержащего отхода Шуртанского ГХК и Музбулакского доломита и указаны характер расположения изотерм плавкости на тройной диаграмме. Определены образований кристаллических фаз алюмосиликатных минералов в виде муллита, корунда и частично кристобалита на тройной диаграмме «каолин-глинозем-доломит», которые придают необходимые технологические свойства готовому материалу и установлены область оптимальных составов технической керамики.

5. Исследованы влияние поровой структуры, модифицирующих добавок на температуры спекания и физико-механических свойств опытных образцов высокоглиноземистой технической керамики. Установлено, что введение нанодисперсного оксида алюминия, полученное цитратным

методом золь-гель технологии, в количестве 3 мас.% происходит улучшение коэффициента истираемости, кислотостойкости, плотности, прочности разработанных образцов технической керамики.

6. Разработаны ряд шихтовых составов мелющих тел, имеющие высокой стойкости к истиранию и размолоспособности и определены физико-механические, технологические характеристики. Показаны, что они по нормируемым значениям отвечают требованию ГОСТ 20419-83 и ТУ 21-150-98 показателей высокоглиноземистых керамических материалов и соответствуют группе «600–глиноземистый материал (подгруппа 620-муллитокорундовые)».

7. Разработаны составы и определены физико-механические, технологические характеристики образцов для износостойких футеровочных материалов помольных агрегатов, отвечающие требованиям ГОСТ 20419-83 группе «700 –глиноземистый материал (подгруппа 780-корундовые)».

8. Проведены опытно-производственных испытаний разработанных составов и технологий получения муллитокорундовых мелющих тел и футеровочных плит в условиях СП «Бекабад-огнеупор». Показано, что от внедрения данных составов в производство экономические эффекты составляют 2148 \$ и 2165 \$ за тонну в условиях СП «Бекабад-огнеупор».

9. Разработаны составы образцов керамических изоляторов, обожженных при температуре 1300°C. Установлено, что образцы Ил-3 и Ил-5 керамической массы, разработанных составов для электрических изоляторов типа свечи зажигания по показателю физико-механических и диэлектрических характеристик соответствует требованиям существующего стандарта ГОСТ 20419-83, группа 600-глиноземистый материал (подгруппа 610- муллитокорундовые) с содержанием Al_2O_3 в количестве 50-65 мас.%. Получены положительные результаты на основе опытно-производственных испытаний керамических изоляторов в условиях ООО «AZIA PORCELAIN TRADE» и внедрены для дальнейшего использования.

10. Исследованы износостойкости на истираемость мелющих тел и футеровочных плит в процессе их эксплуатации в условиях ООО «Керамика-огнеупор» и СП «ART GLOSS GALLERY» соответственно. Установлено, что разработанные опытные образцы мелющих тел и футеровочных плит своими эксплуатационными характеристиками аналогичны с импортируемыми мелющими телами и футеровочными плитами.

11. Таким образом, результаты исследований по получению алюмосиликатных материалов, свидетельствуют о том, что разработанные составы муллитокорундовых мелющих тел, футеровочных плит и керамических изоляторов низкотемпературного спекания соответствует всем необходимым требованиям по технологическим и эксплуатационным свойствам и рекомендованы к внедрению. Также установлены широкие возможности использования отечественной сырьевой базы и вторичных ресурсов для производства импортозамещающих алюмосиликатных тонкокерамических материалов технического назначения.

**ON-TIME SCIENTIFIC COUNCIL ON AWARDING OF SCIENTIFIC
DEGREE DSc.02/05.05.2023.K/T.35.02 AT INSTITUTE OF
GENERAL AND INORGANICAL CHEMISTRY**

INSTITUTE OF GENERAL AND INORGANICAL CHEMISTRY

EMINOV AFZAL ASHRAPOVICH

**DEVELOPMENT OF COMPOSITIONS AND LOW-TEMPERATURE
TECHNOLOGY FOR PRODUCING ALUMINOSILICATE CERAMIC
MATERIALS FOR TECHNICAL PURPOSES**

**02.00.13 - Technology of inorganic substances and materials based on them
02.00.15 - Technology of silicate and refractory non-metallic materials**

**DISSERTATION ABSTRACT
of the doctor of technical science (DSc)**

Tashkent-2025

The dissertation subject of Doctor of Science (DSc) is registered at Supreme Attestation Commission the Ministry of Higher Education, Science and Innovation of the Republic of Uzbekistan under number B2025.3.DSc/T963

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

The abstract of the dissertation is posted in three languages (uzbek, russian, english (resume)) on the scientific website page of the Scientific Council www.ionx.uz and on the information of "ZiyoNet" Information and educational portal www.ziynet.uz

Scientific adviser: **Sabirov Bakhtiyor Tokhtayevich**
doctor of technical sciences, senior researcher

Official opponents: **Vereshagin Vladimir Ivanovich**
doctor of technical sciences, professor

Mirzakulov Xoltura Choriyevich
doctor of technical sciences, professor

Iskenderov Ahmed Makedbaevich
doctor of technical sciences, professor

Lead organization: **Namangan State Technical University**

The defense of the thesis will take place "16" december 2025 at "10⁰⁰" hours at a meeting One time of the DSc Scientific Council DSc.02/05.05.2023K/T.35.02 at the Institute of General and Inorganic Chemistry at the address: (Address: 100170, Tashkent, Mirzo Ulugbek St., 77-a. Tel.: (+99871) 262-56-60; fax: (+99871) 262-79-90, e-mail: ionx@academy.uz).

The dissertation can be found at the information and resource center of the Institute of General and Inorganic Chemistry (indicated under the number No.104). (Address: 100170, Tashkent, Mirzo Ulugbek st., 77-a. Tel.: (99871) 262-56-60; fax: (+99871) 262-79-90, e-mail: ionx@academy.uz).

The abstract of the dissertation was sent out «2» december 2025.
(registry of the mailing protocol No.104 dated «2» december 2025.



N.H. Usanbaev

Chairman of the one-time scientific council
for the award of an academic degree,
Doctor of Technical Sciences, prof.

J.S. Shukurov

Scientific secretary of the one-time scientific
council for the award of an academic degree,
Doctor of Technical Sciences, prof.

Sh.S. Namazov

Chairman of a one-time scientific seminar
with a one-time scientific council for the award scientific degree,
Doctor of Technical Sciences, prof., academician

INTRODUCTION (DSc dissertation abstract)

The aim of the research is to develop compositions and a low-temperature technology for producing aluminosilicate ceramic materials for technical applications based on domestic raw components.

The object of the research work are kaolins of the Alyans, clays of the Angren, leucocratic granites of the Kargali, quartz sands of the Yakkabag, dolomite of the Muzbulak, bentonite of the Kasan deposits, alumina-containing zeolite waste of the Shurtan GCC, the Mubarek Oil Refinery and experimental samples.

Scientific novelty of the research work is as follows:

the possibility of developing a composition of technical ceramics based on kaolin concentrate obtained by wet enrichment of Alliance kaolin has been substantiated;

the possibility of using kaolins and alumina-containing waste in combination with flux-forming additives in the development of import-substituting compositions of high-alumina masses has been substantiated;

the influence of the pore structure and nanodispersed aluminum oxide on the formation of crystalline phases of mullite and corundum in aluminosilicate samples was established;

the influence of the content of alumina-containing waste in combination with kaolin and bentonite on the wear resistance and grindability of aluminosilicate samples was determined;

high-temperature physical and chemical sintering processes were identified and phase transitions were established in samples of high-alumina masses in the temperature range of 1000-1400°C, with the formation of crystalline phases of mullite, corundum and partially cristobalite;

the patterns of change in the main physical, chemical, technological, operational, and dielectric characteristics of samples of grinding bodies, lining plates, and ceramic insulators depending on the component composition of the charge were established;

the possibilities of using mullite-corundum samples as components of insulators - spark plugs have been determined;

technological sintering modes and fractional compositions of high-alumina masses have been optimized for obtaining grinding bodies, lining plates and ceramic insulators.

Implementation of the research results. Based on the scientific results obtained in the development of the composition and low-temperature technology for producing aluminosilicate ceramic materials for technical applications:

“The developed composition and production technology of mullite–corundum grinding media based on domestic raw materials has been included in the list of promising developments of the JV “Bekabad-Refractory” planned for implementation in 2026–2027 (Reference from the “Bekabad-Ogneupor” JV No.

106 dated June 23, 2025). The implementation of this result makes it possible to produce grinding media at a cost three times lower compared to imported ones;

The developed composition and production technology of mullite–corundum lining plates made from high-alumina masses based on domestic raw materials has been included in the list of promising developments of the JV “ART GLOSS GALLERY” planned for implementation in 2026–2027 (Reference JV "ART GLOSS GALLERY" No. 10/11 2025-6 dated July 10, 2025). The implementation of this result makes it possible to produce lining plates for grinding units at a cost three times lower compared to imported ones;

The developed composition and production technology of ceramic spark-plug insulators based on domestic raw materials has been included in the list of promising developments of “AZIA PORSELAIN TRADE” LLC planned for implementation in 2026–2027 (Reference of the Association "Uzpromstroyaterialy" No. 02/15-2501 dated July 24, 2025). As a result, it becomes possible to obtain a product based on low-temperature technology that meets the requirements of the current standard.

The structure and volume of the thesis. The composition of the dissertation consists of introduction, five chapters, conclusion, list of used literature and applications. The size of the dissertation was 200 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; part I)

1. Эминов А.А., Усманов Х.Л., Кадырова З.Р., Эминов Ал.А., Таиров С.С. Состав для легковесных огнеупорных материалов. Патент РУз IAP 06262 от 30.07.2020г. Бюлл.изоб.2020, №8.

2. Eminov Al.A., Kadyrova Z.R., Iskandarova M.I. Gas Processing Waste: Promising Raw Material for Designing the Composition of Ceramic Grinding Bodies. Glass and Ceramics. 2021. Vol.78, Iss.1-2, P.35-39. Scopus (3) – IF-0,6.

3. Eminov Al.A., Eminov A.M., Kadyrova Z.R., Eminov A.A., Bayzhanov I.R., Study of Synthesis Kinetics and Features of Mullite Solid-Phase Formation. Refractories and Industrial Ceramics. 2021, Vol.62, P.394-398. Scopus (3)- IF-0,4.

4. Eminov Al.A., Eminov A.M., Zhumanov Yu.K. Kadyrova Z.R., Boizhanov I.R. Composition, structure and properties of low-temperature firing porcelain. Glass and Ceramics. 2022, Vol.79, Iss.3-4, P.135-138. Scopus (3) – IF-0,6.

5. Eminov Al.A., Sobirov B.T. Eminov A.M. Composition of technical ceramics of low-temperature sintering for grinding bodies. Refractories and Industrial Ceramics, 2024, Vol.64, №5, P.513-516. Scopus (3) – IF-0,4.

6. Eminov Al.A., Sabirov B.T. Eminov A.A. Kadyrova Z.R. High-temperature phase transformations in the composition "kaolin-dolomite-alumina". Journal of Chemical technology and Metallurgy, Bulgaria, Sofia, 2024, Vol.59, №5, P.1069-1074.Scopus (3) – IF-1.3.

7. Eminov Al.A., Eminov A.M. Boyjanov I.R. Djabberganov D.S. Physical and Mechanical Properties of Ceramic Tile Based on the Clay – Dune Sand Composition. Glass and Ceramics, 2024, Vol. 81, Iss. 1-2, P.164-167. Scopus (3) - IF-0,6.

8. Eminov Al.A., Tairov S.S., Sabirov B.T., Eminov A.M. Ceramic Body Based on Kaolin - Alumina - Containing Waste–Dolomite System. Glass and Ceramics, 2024, Vol. 81, Iss.2, P.62-67. Scopus (3)- IF-0,6.

9. Eminov Al.A., Kadyrova Z.R., Janabaev O.O., Eminov A.M. Mineral and secondary clay raw material resources for obtaining high-aluminum masses. Journal of Chemical Technology and Metallurgy, Bulgaria, Sofia, 2025, Vol. 60, Iss. 3, P.427-433. Scopus (3) – IF-1.3.

10. Eminov Al.A., Kadyrova Z. R., Tairov S.S. Effect of nanodispersed alumina on the mechanical and physical properties of technical ceramics. Glass and Ceramics, 2025, Vol. 82, Nos. 7-8, P.341-344. Scopus (3) – IF-0,6.

11. Eminov Al.A, Sabirov BT and Kadirova ZR. Research of Raw Material Resources of Uzbekistan for Obtaining High-Aluminium Mass. Aspects Min Miner Sci. 2025, Vol.13, Iss.1, P.1554-1557, Research Bib (14) - IF-2,70

12. Эминов А.М., Саркисян А.О., Эминов Ал.А., Байжанов И.Р. Турсункулов О.М. Утилизация отходов обогащения каолина и перспективы

использования их в составе керамики. Композ.матер. 2022, №3, С.206-209. (02.00.00; №4)

13. Эминов Ал.А., Сулайманов Ж.Ж., Таиров С.С., Эминов А.А. Состав и свойства керамической массы с использованием металлургического отхода. Узб.хим.журн., 2023, №6, С.37-42. (02.00.00; №6)

14. Эминов Ал.А., Сабиров Б.Т. Высокотемпературные твердофазовые процессы тройной системы на основе каолина, доломита и глиноземсодержащего компонента. Узб.хим.журн., 2023, №3. С.64-70. (02.00.00; №6).

15. Эминов А.А., Торениязов М.А., Эминов Ал.А., Кадилова З.Р. Разработка состава заполнителей огнеупорных масс для формованных материалов. Узб.хим.журн. 2024. №1. С.33-38. (02.00.00, №6)

16. Кадырова З.Р., Таиров С.С., Эминов Ал.А., Жанабаев О. Состав керамических масс с использованием металлургического отхода. Вестник Каракалпакского Государственного Университета, 2025. Спец.выпуск, С. 110-113.

17. Эминов Ал.А. Физико-химические исследования глинистых сырьевых ресурсов Узбекистана для производства высокоглиноземистых материалов. Узб. хим. журн. 2025. №1. С.28-32. (02.00.00, №6).

II бўлим (II часть; part II)

18. Eminov A.M., Ruzmetov I., Eminov Al.A., Boymurodova M.T. Vacasov C., Abrayev M. S .Porous ceramic materials with application of microsilica. The world of science and innovation. Proceedings of IX International Scientific and Practical Conference. London, United Kingdom.7-9 April 2021, p.29-34.

19. Eminov A.M., Jumanov Yu., Eminov Al.A., Ruzmetov I., Boymurodova M.T. Abrayev M.S.,Vacasov C. Prospects for the use of kaolins in Uzbekistan for the production of composite ceramic materials actual trends of modern scientific research.Abstracts of VI International Scientific and Practical 7-12 Conference Munich, Germany 17-19 January 2021, p.117-128.

20. Eminov A.M., Ruzmetov I., Boymurodova M.T., Eminov Al.A., Vacasov C.Composition and properties of silica from rice husk. Fundamental and Applied Research in the Modern World. Proceedings of IX International Scientific and Practical Conference. Boston. 14-16 April 2021, p.67-75.

21. Эминов А.М., Кадырова З.Р., Эминов А.А., Эминов Ал.А., Байжанов И.Р. Исследование кинетики синтеза и особенности твердофазного образования муллита. Новые огнеупоры, 2021, № 7, С.16-21.

22. Эминов Ал.А., Сабиров Б.Т., Эминов А.М. Состав технической керамики низкотемпературного спекания для мелющих тел. Новые огнеупоры, 2023, №9, С.52-56.

23. Кадырова З.Р., Эминов А.М., Эминов Ал.А., Жуманов Ю.К., Бойжанов И.Р. Состав, структура и свойства фарфора низкотемпературного обжига. Стекло и керамика. 2022, Том 95, №4, С.23-27.

24. Эминов Ал. А., Таиров С.С., Сабиров Б. Т., Эминов А.М. Керамическая масса на основе каолин-глиноземсодержащий отход-доломит. Стекло и керамика, 2024, т.97, № 2, С.23-33.

25. Эминов А.М., Бойжонов И.Р., Джаббергенов Дж.С., Эминов Ал.А. Физико-механические свойства керамической плитки в композиции глина-барханный песок. Стекло и керамика, 2024, т.97, № 4, С.39-45.

26. Эминов Ал. А., Кадырова З. Р., Таиров С. С. Влияние нанодисперсного оксида алюминия на физико-механические свойства технической керамики // Стекло и керамика. 2025. Т. 98, № 8. С. 56-62.

27. Эминов Ал.А. Высокоглиноземистая керамика на основе отходов газопереработки Труды XXIV Межд.симп. имени акад.М.А. Усова «Проблемы геологии и освоения недр» Томск. том II, 2021 г. 6-8 апрель. С.334-336.

28. Эминов Ал.А., Усманов Х.Л., Таиров С.С., Сабиров Б.Т., Кадырова З.Р. Физико-химические характеристики керамических материалов из тонкодисперсных сырьевых компонентов Научный Вестник СамГУ. Электронный выпуск материалов Международной конференции «SOL-GEL 2020». 2021, С.66-68.

29. Эминов Ал.А., Сабиров Б.Т. Разработка состава высокоглиноземистой керамики с использованием глиноземсодержащих отходов. «Mahalliy xomashyolar va ikkilamchi resurslar asosidagi innovation texnologiyalar» Respublika ilmiy-texnik anjumani Materiallar to'plami, 2-jild, Urganch, 2021 19-20 aprel, С.30-31.

30. Эминов Ал.А. Разработка шихтовых составов высокоплотной керамики. «Кимё ва кимёвий технологиялар йўналиши-даги долзарб муаммолар» Респ. ёш олимлар учун илм.амал. анж.матер. тўпл. Т. 2021й, 20-21 декабрь. 2021, 392-б.

31. Эминов Ал.А., Туйметов Б.Ш., Кадырова З.Р. Функциональные керамические материалы с использованием глиноземсодержащего отхода. Межд.науч.практ. конф.«Интеграция науки, образования и производства – залог прогресса и процветания», Навои, 2022, Том I, С.391-395.

32. Эминов А.М., Боймуродова М.Т., Бойжонов И.Р., Курязов З.М., Эминов Ал.А, Джаббергенов Ж. Состояние и перспективы применения каолина в отраслях промышленности. Мат. Респ. науч. техн. конф. «Новые композиционные материалы: Получение и применение в различных отраслях промышленности». Т.: 15-16 сентября 2022 , с.185-189.

33. Эминов А.М., Кадырова З.Р., Эминов А.А., Эминов Ал.А., Жуманов Ю.К., Байжанов И.Р. Перспективы применение каолинов Узбекистана Мат. Респ. науч. техн. конф. «Прогрессивные технологии получения композиционных материалов на основе местного и вторичного сырья». Т.: 2023,С.40-42.

34. Эминов Ал.А, Сабиров Б.Т., Таиров С.С. Состав технической керамики на основе отечественных ресурсов. Нодир ва камёб металллар кимёси ва технологияси: бугунги холати, муаммолари ва истиқболлари. Респ.илм.амал.конф. Термез, 28-29 апрель 2023й. 127-129б.

35. Эминов А.М., Кадырова З.Р., Эминов А.А., Эминов Ал.А. Каолины Узбекистана – перспективное сырье для развития производство тонкой керамики проблемы создания и использования высоких технологий переработки минерально-сырьевых ресурсов Узбекистана», Матер.Межд. науч.техн.конф. «Актуальные проблемы создания и использования высоких технологий переработки минерально-сырьевых ресурсов Узбекистана», ИОНХ АН РУз Т,16-17 ноября 2023., С.170-172.

36. Таиров С.С., Эминов Ал.А., Кадырова З.Р., Сабилов Б.Т. Разработка состава масс с использованием отхода флюоритобогагительной фабрики для керамических плит. Матер.Межд.науч.техн.конф. «Актуальные проблемы создания и использования высоких технологий переработки минерально-сырьевых ресурсов Узбекистана», ИОНХ АН РУз., Т, 2023, С.194-195.

37. Эминов Ал.А., Таиров С.С., Сабилов Б.Т., Холмуродова С.А. Состав высокоглиноземистой массы для технической керамики. Матер. XV конф. мол.учён. по общей и неорган. химии, 8-11 апреля 2025, Москва. С.384

38. Эминов Ал.А., Таиров С.С., Кадырова З.Р. Техническая керамика с использованием глиноземсодержащих отходов. Матер. XXIV Межд. науч. практ. конф. студентов и молодых ученых имени Л.П. Кулёва и Н.М. Кижнера, 15–19 мая 2023, том 1, Томск. С.189-190.

39. Эминов А.М., Жуманов Ю.К., Абраев М.С., Эминов Ал.А., Боймуродова М.Т. Состав, свойства и перспективы применение каолинов Узбекистана в производстве композиционных керамических материалов Матер. Респ. науч.-практ. конференции по теме: «Инновационные технологии композиционных, антикоррозионных и строительных материалов на основе местного сырья и промышленных отходов», г. Джизак, 2024 г. 26-апреля. С.205-215.

40. Таиров С.С., Эминов Ал.А., Кадырова З.Р., Сабилов Б.Т., Жанабаев О.О. Фасад керамик кошин олишда хом ашё танлашнинг инновацион йўллари Матер. Респ. науч.-практ. конф. «Инновационные технологии композиционных, антикоррозионных и строительных материалов на основе местного сырья и промышленных отходов»// г. Джизак, 2024 г. С.680-684.

41. Эминов Ал.А., Сабилов Б.Т. Состав высокоглиноземистой керамической массы из отечественных сырьевых и вторичных ресурсов «Kimyoviy texnologiya va mineral resurslardan samarali foydalanish: ilm-fandan amaliyotga». Xalqaro ilmiy-amaliy anjumani Mater. to'plami Farg'ona. 2025, 16-17 may. 1218-1220 vv.

42. Эминов А.М., Кадырова З.Р., Эминов Ал.А., Рахманов О.К. Синтез аморфного ультрадисперсного диоксида кремния из рисовой лузги. «Kimyoviy texnologiya va mineral resurslardan samarali foydalanish: ilm-fandan amaliyotga» Xalqaro ilmiy-amaliy anjumani mater.to'pl. Farg'ona, 2025, 16-17 may, 1229-1338 б.

43. Эминов А.М., Бойжонов И.Р., Эминов Ал.А., Кадырова З.Р., Джаббергенов Ж., Сувонов Э. Перспективы обогащения каолинитсодержащего кварц-полевошпатового песка ходжакульского месторождения для керамической промышленности. Сбор. матер. Межд.

науч.техн. конф. «Инновационные разработки и перспективы развития химической технологии силикатных и высокотемпературных материалов», Т, 2025, 10-11 апреля, С.44-46.

44. Эминов А.М., Кадырова З.Р., Жуманов Ю.К. Эминов Ал.А. Перспективы обогащения каолинов Алтинтауского месторождения “Kimyo va kimyoviy texnologiya sohalarining dolzarb muammolari va istiqbollari” Xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya materiallari to‘plami, Jizzax-2025, 127-132 vv.

45. Эминов Ал.А., Таиров С.С., Сулаймонов Ж.Ж. Компоненты глазури для керамических плиток. Сбор.матер. Межд. науч.техн. конф. «Инновационные разработки и перспективы развития химической технологии силикатных и высокотемпературных материалов», Т, 2025, 10-11 апреля, С.76-78.

46. Эминов Ал.А., Таиров С.С. Состав высокоглиноземистых масс для технической керамики. Сбор.матер. Межд. науч.техн. конф. «Инновационные разработки и перспективы развития химической технологии силикатных и высокотемпературных материалов», Т, 2025, 10-11 апреля, С.109-111.

Автореферат «Ўзбекистон кимё» журналі таҳририяида таҳрирдан ўтказилиб, ўзбек, рус ва инглиз тилларидаги матнлар ўзаро мувофиқлаштирилди.

Босмахона лицензияси:



9338

Бичими: 84x60 ¹/₁₆. «Times New Roman» гарнитураси.

Рақамли босма усулда босилди.

Шартли босма табоғи: 4,25. Адади 100 дона. Буюртма № 42/25.

Гувоҳнома № 851684.

«Тірографф» МЧЖ босмахонасида чоп этилган.

Босмахона манзили: 100011, Тошкент ш., Беруний кўчаси, 83-уй.