

**ОШСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ЖАЛАЛ-АБАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ Б. ОСМОНОВА**

Диссертационный совет Д 05.22.651

На правах рукописи

**УДК: 667.7 (622.7)
(536.1)**

Календеров Азамат Жаңыбаевич

**Глазурованная электротехническая фарфоровая керамика на основе
сырья месторождений Кыргызской Республики**

05.17.06 – технология и переработка полимеров и композитов

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Ош – 2023

Работа выполнена в лаборатории порошковых материалов Института физики им. академика Ж. Жеенбаева Национальной академии наук Кыргызской Республики.

Научный руководитель: **Касмамытов Нурбек Кыдырмышевич**
доктор физико-математических наук, профессор, заведующий лабораторией «Порошковые материалы», заместитель директора по научной работе Института физики им. академика Ж. Жеенбаева Национальной академии наук Кыргызской Республики

Официальные оппоненты: **Матыева Акбермет Карыбековна**, доктор технических наук, профессор Международного университета инновационных технологий (Кыргызстан, Бишкек).

Курбанбаев Алайбек Борбоевич, кандидат технических наук, доцент Кыргызского Государственного Технического Университета им. И. Раззакова (Кыргызстан, Бишкек)

Ведущая организация: Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химической технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов. Российская Федерация, 190013, г. Санкт-Петербург, Московский пр., д. 24-26, лит. А.

Телефон: 8(812) 494-93-75

E-mail: office@technolog.edu.ru

Защита диссертации состоится «28» марта 2023 г. в 14:00 часов на заседании диссертационного совета Д 05.22.651 по защите диссертаций на соискание учёной степени доктора (кандидата) технических наук при Ошском государственном университете и Жалал-Абадском государственном университете им. Б. Осмонова по адресу: Кыргызская Республика, г. Ош, 723500, ул. Ленина 331, E-mail: edu@oshsu.kg. Код онлайн трансляции защиты диссертации: <https://vc.vak.kg/b/052-pvt-luj-9ih>

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеках Ошского государственного университета и Жалал-Абадского государственного университета им. Б. Осмонова, а также на сайте диссертационного совета: <https://oshsu.kg>

Автореферат разослан « 22 » февраля 20 23 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
к.ф.-м.н., доцент



Бекешов Т. О.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы диссертации.

Изделия из глазурированной высоковольтной фарфоровой керамики (далее – ВФК) предназначены для крепления провода, кабеля или шины на несущей конструкции линий электропередач направленные на предотвращения пробоя электричества на землю. Электро изоляторы начали производить в России на фабрике братьями Корниловыми (1862) а первые изобретения подвесных тарельчатых изоляторов были запатентованы Хьюлеттом и Джоном Дунканом (1930).

Имеются запатентованные работы по получению ВФК следующих авторов: С. К. Листова (Патент № 126783, 1959), Г. В. Куколева (Патент № 279413, 1969), В. П. Самойлова (Патент № 1084133, 1973), В. Д. Бешенцева (Патент № 704927, 1979), Э. Н. Постолова (Патент № 1070132, 1982), К. Г. Аспаяна (Патент № 1044615, 1982) а так же С. Ж. Жекишевой (Патент № 2103237, 1998) и др.

В изобретении С. Ж. Жекишевой (1998) для получения фарфоровой массы использованы ингредиенты на основе сырья Кыргызской Республики: кварц-серицитовый фарфоровый камень; глина; волластоит; каолин; кварцевый песок; серицит (содержащийся в фарфоровом камне) при этом обжиг производился при температуре 1280-1320°C.

С 2015 года по настоящее время в лаборатории «Порошковых материалов» возглавляемый Н. К. Касмамытовым ведутся активные экспериментальные исследования по получению ВФК на базе местного сырья с низкотемпературным обжигом (1170-1230 °C) и получены первые положительные результаты.

Исследования по разработке новых составов и технологий получения ВФК на основе местного сырья является актуальным, которое будет способствовать развитию керамической промышленности в Кыргызстане.

Связь темы диссертации с приоритетными научными направлениями, с крупными научными проектами, основными научно-исследовательскими работами, проводимыми образовательными и научными учреждениями. Диссертационная работа непосредственно выполнена согласно научно-исследовательских планов лаборатории порошковых материалов по заданию «Разработка полупромышленных образцов высоковольтного электротехнического фарфора на основе местного сырья», входящая в научно-исследовательский проект «Технология, структура и свойства многокомпонентных материалов» Института физики им. академика Ж. Жеенбаева Национальной академии наук Кыргызской Республики (ИФ НАН КР), осуществляющаяся в течение ряда лет (Отчеты лаборатории порошковых материалов ИФ за 2015, 2016, 2017 и 2018 года), утвержденная Президиумом

НАН КР по линии Госбюджета. Работа является одним из приоритетных научных направлений ИФ НАН КР - физика конденсированного состояния, связанная с получением новых электротехнических материалов на основе местного сырья с требуемыми эксплуатационными свойствами.

Цель и задачи исследования.

Цель исследования – получение глазурованной электротехнической фарфоровой керамики на основе сырья месторождения Кыргызской Республики. Для реализации цели в работе решались следующие задачи:

- 1) Проанализировать литературные данные о современном состоянии электротехнической фарфоровой керамики: технологии их получения, составы керамических масс, закономерности структурообразования, физико-механические и электрические свойства, классификация и их применение.
- 2) Проанализировать физико-химические свойства местных минерально-сырьевых ресурсов различных месторождений Кыргызской Республики и выявить наиболее пригодные для разработки высоковольтной фарфоровой керамики.
- 3) Выбрать подходящие глинистые и другие местные сырьевые материалы Кыргызской Республики пригодные для получения электротехнического фарфора и на их основе разработать опытные составы высоковольтной фарфоровой керамики (ВФК) и глазури.
- 4) Проработать последовательно все технологические стадии получения ВФК с содержанием местного сырья в них не менее 90% по массе, а также разработать технологические основы составов глазури и технологии глазурования поверхности опытных ВФК.
- 5) Провести фрактографические и оптические исследования микроструктуры глазурованных ВФК и исследовать их механические и электрические свойства.
- 6) Определить согласно ГОСТа №24409-80 марку и класс разработанных опытных ВФК на основе местного сырья и выявить сферы их применения в различных областях энергосектора Кыргызской Республики.

Научная новизна полученных результатов.

- 1) Впервые экспериментально обоснована возможность получения ВФК на основе местного сырья и глазури к ним.
- 2) Разработаны новые керамические составы ВФК, состоящее на 90÷95% по массе из минерального сырья месторождений Кыргызской Республики низкотемпературного обжига 1175÷1200°C – 1 час.
- 3) Созданы новые составы керамической массы глазури для нанесения на поверхность разработанных ВФК на основе местного сырья.
- 4) Впервые на базе разработанных составов ВФК изготовлены полупромышленные изделия различных видов, применяющиеся в

энергосекторе «Северэлектро» Кыргызской Республики: 1) изолятор опорный керамический внутренней установки ИОР-1-2,5 УЗ, предназначенный для изоляции и крепления токоведущих частей в электрических аппаратах и распределительных устройствах электрических станций и подстанций, в комплектных распределительных устройствах, токопроводах в сетях трехфазного переменного тока; 2) изолятор ВФК, предназначенный для крепления проводов, кабеля или шины на несущей конструкции линии электропередач и предотвращения её пробоя на землю; 3) изолятор ИО-10-20 предназначенный для изоляции и крепления токоведущих частей в электрических аппаратах и распределительных устройствах.

Научная новизна полученных результатов в диссертации защищена регистрацией Патентов в Государственном реестре изобретений Кыргызской Республики:

- 1) Кыргызпатент KG №2122 от 31.01.19 «Керамическая масса для получения электротехнического фарфора», Касмамытов Н.К., Календеров А.Ж.
- 2) Кыргызпатент KG №2193 от 28.02.20 «Глазурованная шихта для высоковольтной керамики», Касмамытов Н.К., Календеров А.Ж.
- 3) Кыргызпатент KG №2187 от 31.01.20 «Способ получения керамики для изготовления высоковольтных изоляторов» Касмамытов Н.К., Календеров А.Ж.

Достоверность результатов. Работа выполнена на обширном объеме экспериментов, проведенных на базе научно-технического оборудования и приборов, сертифицированных Госстандартом Кыргызской Республики, с использованием современных методик, изготовлением достаточного количества опытных образцов ВФК и статистической обработкой проведенных измерений. Фрактографические исследования и анализ поверхностей изломов ВФК осуществляли с помощью растрового электронного микроскопа. Микроструктуру формирования глазури на поверхности ВФК изучали с помощью оптической микроскопии. Электрические свойства опытных ВФК определяли на базе отдела «Диэлектрические материалы» ОАО «Северэлектро» Кыргызской Республики по стандартным методикам. При измерении и расчетах прямых и косвенных физических величин (механическая прочность на 3-х точечный изгиб, водопоглощение, пористость, плотность и другие измеряемые величины) проводились с учетом инструментальных, статистических и случайных погрешностей измерений.

Практическая значимость полученных результатов.

На основании совместных исследований сотрудников лаборатории «Порошковые материалы» ИФ НАН КР с работниками ОАО «Северэлектро» Кыргызской Республики было выявлено, что глазурированные ВФК на базе

местного сырья отвечают классификации и техническим требованиям 110 класса ВФК согласно ГОСТа №20419-83. На основании исследований зарегистрированы патенты в Кыргызпатенте на состав керамической массы, на состав глазури, на технологию получения ВФК на базе местного сырья. Изделия ВФК на основе местного сырья могут быть рекомендованы для внедрения в керамическое производство.

Экономическая значимость полученных результатов. Учитывая, что общая стоимость аналогичных зарубежных ВФК дополнительно складывается из налога на транспортировку, таможенные сборы на границе и др., а наши разработанные ВФК изделия, изготовленные на основе местного сырья по предварительным расчетам общей себестоимости в 1,5÷ 2 раза меньше по сравнению с зарубежными аналогами.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту.

- 1) Получение компонентов и количественного состав керамической фарфоровой массы, состоящий на 90-95% из местного сырья месторождений Кыргызской Республики с 5-10% добавкой Вишневогорского полевого шпата (Россия).
- 2) Разработан способ и технологические стадии получения ВФК на основе сырья месторождений Кыргызской Республики.
- 3) Создание состава глазурной шихты, предназначенная для нанесения на поверхность высоковольтной фарфоровой керамики на основе местного сырья.
- 4) Результаты электронно-микроскопических и оптических исследований по формированию микроструктуры ВФК и глазури при низкотемпературных обжигах на $T=1170\div 1230^{\circ}\text{C}$.
- 5) Результаты механической прочности на изгиб и электрического напряжения на пробой ВФК на основе местного сырья.

Личный вклад соискателя. В основном представленные в диссертации результаты по разработке технологии получения глазурованных ВФК на базе местного сырья, а также экспериментальные исследования микроструктуры и свойств являются итогом совместных работ с коллегами лаборатории «Порошковые материалы» ИФ НАН КР.

В совместных публикациях и работах [4, 6, 7, 8, 9, 10 и 11] соавторы участвовали в организационных моментах и в обсуждении результатов. Проведение экспериментов и получения основных результатов принадлежит соискателю.

Автор провел множество патентного поиска по прототипам изобретения и разработал структуру всех трёх патентов на изобретение а так же оформление заявки на их получение в Кыргызпатенте.

Апробация результатов исследований. Результаты и положения

диссертационной работы обсуждались и докладывались на научно-практических конференциях:

- 1) 59-я международная научная конференция «Наука и современность 2020», Россия, г. Москва, 30-31 января, 2020 г.
- 2) 60-я международная научная конференция «Физико-математические науки 2020», Россия, г. Москва, Февраль 2020 г.
- 3) Международная научная конференция «Рахматулинские-Ормонбековские чтения», г. Бишкек 2020 г.
- 4) 60-я международная научная конференция Евразийского научного объединения «Наука и современность 2020», Россия, г. Москва, 27-28 февраль, 2020 г.
- 5) 82-я Международная научно-практическая конференция Евразийского научного объединения «Итоги науки в теории и практике 2021», Россия, г. Москва, 24-25 декабрь 2021 г.

Полнота отражения результатов диссертации в публикациях. Материалы диссертационной работы нашли свое отражение в 11 публикациях, опубликованные в рецензируемых российских и республиканских научных журналах, сборниках, входящие в базу РИНЦ, в том числе 3 патента Кыргызской Республики на изобретение. Поскольку диссертация выполнена в рамках госбюджетной научно-исследовательской работы ИФ НАН КР, следовательно, результаты работы также отражены в годовых научных отчетах НИР за 2016-2021 гг. ИФ НАН КР.

Структура и объём диссертации. Диссертация состоит из введения, 3-х глав с выводами в каждом из них, общего заключения и списка использованной литературы. Диссертация состоит из 126 страниц машинописного текста, 11 таблиц, 34 рисунка, и 115 использованных источника.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы. Лаконично изложены основные положения, выносимые на защиту и достоверность полученных результатов. Описана научная новизна работы. Сформулирована основная цель работы и определены задачи исследования. Представлена краткая информация о практической и экономической значимости работы, а также дана информация о личном вкладе автора в выполнение настоящей диссертационной работы.

В первой главе «ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ» описаны результаты обширного анализа литературных данных по теме диссертации.

Из источников¹ известно, что электротехнических фарфор – это диэлектрическое изделие определенной конфигурации применяющаяся для закрепления электропроводов, кабелей или шин на несущей конструкции линии электропередач, для предотвращения электрического пробоя на землю. ВФК по

1. Будников, А. И. Химическая технология керамики и огнеупоров [Текст] / П. П. Будников, Д. Н. Полубояринов. – М.: Издательство литературы по строительству, 1972. – 553 с.

своей конструкции является композитным, состоящим из фарфорового тела, армирующего элемента в виде стержня (или же чугунный колпак и фланец), цементная замазка, картон или толь-кожа используемая для соединения в местах контакта колпачка, фарфора и фланца.

Изоляторы по своей конструкции могут быть опорные, проходные и линейные² (рис.1).

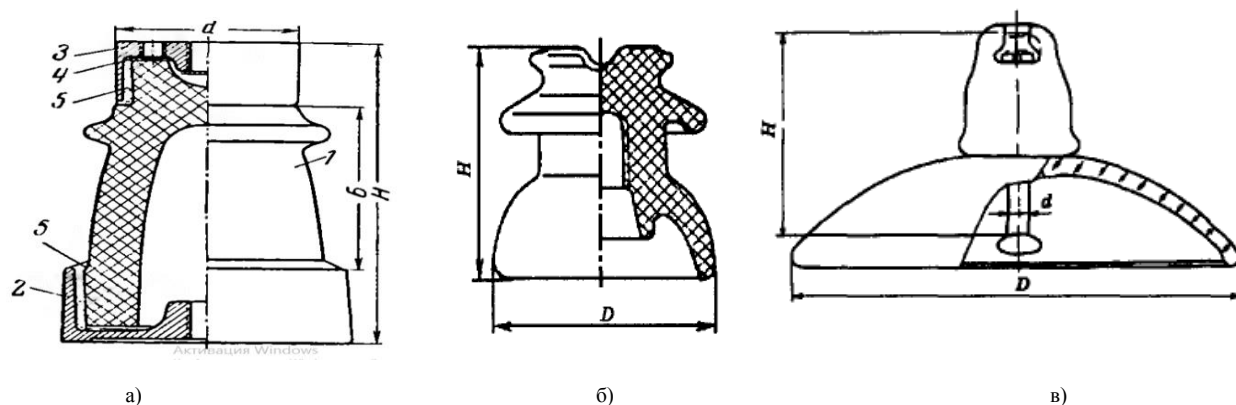


Рисунок 1.1 – Конструкционный вид фарфоровых изоляторов, предназначенные для использования во внешней среде: а) опорный изолятор типа ОФ -750кр: 1-тело фарфора, 2-фланец, 3-колпачок, 4-прокладка, 5-цементная связка; б) линейный стержневой изолятор; в) подвесной изолятор со сферической поверхностью

Как известно из результатов работ Берёзина В. Б³ а так же по данным ГОСТ 20419-83⁴ срок службы ВФК 25 – 30 лет при интенсивности отказов не более $1, 10^{-7}$ 1/ч соответствующий ГОСТ 9984 – 85.

ВФК предъявляют повышенные требования по диэлектрическим, механическим и теплофизическим свойствам⁴. Для улучшения вышеуказанных свойств в композиционный состав керамической массы ВФК применяют различные добавки. Основным матричным материалом в ВФК служит глина, которая выступает в качестве связующего материала, но отличительная особенность глины как матрицы ВФК заключается в том, что в её составе имеются также дисперсные кристаллы каолинита состоящие из 47 % масс SiO_2 , 39 % Al_2O_3 и 14 % H_2O . Адсорбционные глины по минералогическому составу в основном состоят из монтмориллонита, отличающаяся своей повышенной связующей способностью, высокой ёмкостью обменных оснований, адсорбционной и каталитической активностью. Главные химические компоненты глин – SiO_2 (30-70%), Al_2O_3 (10-40%) и H_2O (5-10%); в небольших количествах присутствуют в виде примесей Fe_2O_3 (FeO), TiO_2 , CaO , MgO , K_2O , Na_2O , CO_2 , реже MnO , SO_3 , P_2O_5 . Таким образом исследуемая нами ВФК является композиционным материалом с гетерогенной микроструктурой.

Анализ литературных данных о фазовых составах электрофарфора

2. ГОСТ 1232-82. Изоляторы линейные штыревые фарфоровые и стеклянные на напряжение 1-35 кВ. Общие технические условия [Текст]: гос. стандарт РФ (Союза ССР). – М.: Изд-ва стандартов, 1990. – 20 с.

3. Электротехнические материалы [Текст]: справ. / В. Б. Березин, Н. С. Прохоров, Г. А. Рыков, А. М. Хайкин. – М.: Энергоиздат, 1993. 504 с.

4. ГОСТ 20419-83 (СТ СЭВ 3567-82). Материалы керамические электротехнические. Классификация и технические требования [Текст]: гос. стандарт РФ (Союза ССР). – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 13 с.

показал, что ВФК состоит из трех основных фаз: связующей стекловидной фазы роль матрицы композита (40-64% объем.) и упрочняющих фаз кристаллов муллита (15-30% объем.) и кварца (10-30% объем.).

В различных технологических схемах⁵ получения ВФК кроме глины добавляют кварцевый песок, кремнезём, каолинит, каолины, полевые шпаты, фарфоровые камни и некоторые другие материалы из отходов, и бой фарфора. Измельчаются вышеуказанные сырьевые материалы в шаровых мельницах мокрым помолом, формуются, сушатся и обжигаются с предварительным нанесением глазурного слоя в электропечи. Максимальная температура обжига фарфора в зависимости от состава может варьироваться от 1200 до 1450°C. На практике наиболее широко распространен электрофарфор в составе которых содержится примерно 60÷70% SiO_2 , 35÷25% Al_2O_3 и около 10÷5% в виде следующих оксидов K_2O , Na_2O , CaO , в том числе оксидов примесей Fe_2O_3 , MgO менее 1%.

Выводы по первой главе. Проведен литературный анализ по электротехническим фарфоровым материалам, включая высоковольтные фарфоровые материалы.

Детально изучены фазовые составы керамических масс фарфоровых материалов. Изучены структура и основные эксплуатационные свойства, а также описаны технологические стадии получения электрофарфоровых керамик и области их применения.

Во второй главе “МЕТОДОЛОГИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ” описаны основные методики экспериментов и исследований, задействованные при выполнении поставленных научно-исследовательских задач в диссертации.

Объектом исследования являются сырьевые компоненты, составы фарфоровой массы и высоковольтная фарфоровая керамика, а также глазурь, изготовленные на основе местного минерального сырья.

Предметом исследования является разработка технологических основ получения композиционных составов керамической массы высоковольтного фарфора и глазури на основе местного минерального сырья, изучение их обжига, структуры и основных свойств, глазурованных ВФК.

В частности, описана последовательность подготовки исходного сырья, отработаны критерии подбора компонентов составов ВФК, его дозирование и расчет режимов мокрого помола. Описаны особенности пластичности керамической массы и ее сушки. Рассмотрены способы и технология формования и обжига керамической массы, а также нанесения глазури на поверхность опытных ВФК. Представлены методики определения плотности, водопоглощения, предела прочности на трехточечный изгиб, методика исследования микроструктура и др.

Выводы по второй главе. Определены способы и режимы получения ВФК

5. Креймер, Д. Б. Влияние фазового состава глиноземистого фарфора на его механическую прочность [Текст] / Д. Б. Креймер, Т. И. Чистякова // Стакло и керамика. – 1989. - №12. – С. 16-17.

на всех последовательных стадиях технологического передела, в частности: мокрого помола, формования, обжига и глазурирования опытных ВФК. Описаны стандартные методики расчетов и исследований микроструктуры и основных эксплуатационных свойств глазурованных ВФК на основе местного сырья.

В главе 3 «ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОЛУЧЕНИЯ, ФОРМИРОВАНИЯ МИКРОСТРУКТУРЫ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГЛАЗУРОВАННОГО ВФК НА БАЗЕ МЕСТНОГО СЫРЬЯ» проанализированы основные физико-химические характеристики исходных сырьевых материалов месторождений Кыргызской Республики. Согласно выработанных нами критерий по пригодности и отбору местного сырьевого материала для получения ВФК на основе местного сырья нами из множества, имеющегося минерального сырья различных месторождений Кыргызской Республики, были отобраны наиболее подходящие по физико-химическим характеристикам минерально-сырьевые ресурсы. На базе выбранного сырья были подготовлены несколько различных партий опытных образцов ВФК, отличающихся по составу и количеству компонентов сырья.

В таблице 3.1 представлены отобранные сырьевые материалы для экспериментальной разработки новых композиционных составов ВФК на основе местного сырья. Следует отметить, что в составе всех местных отобранных сырьевых материалах (см. табл.3.1) присутствует нежелательный для высоковольтного фарфора оксид железа виде Fe_2O_3 в количестве $1,17 \div 1,35\%$ мас., что превышает в $2 \div 2,5$ раза нормы, установленные требованиями ГОСТ 2642-86 и ГОСТ 19609-89 по химическому составу оксидов. ГОСТами установлено, что в сырьевой глине, предназначенного для получения ВФК количественное содержание по оксиду железа не должно превышать значения $0,5\%$ по массе.

В таблице 3.2. представлены данные теоретических расчетов по количественному содержанию оксидных фаз для отобранных керамических масс ВФК-1, 2,...5.

По предварительным исследованиям структуры и свойств из множества партий обожженных образцов ВФК различных составов были отобраны наилучшие составы ВФК1, ВФК2 и ВФК3, и ВФК-4, и ВФК-5, обладающие наиболее лучшими показателями по электрическим и механическим свойствам. Для исследования изготавливались образцы в количестве 5 шт. для каждого состава ВФК. Отметим, что для проведения исследований образцы ВФК-4, состоящие на 100% из местного сырья и образцы ВФК-5, имеющие в составе от 3 до 6% российского полевого шпата, были изготовлены по три штуки, но с вариацией количественного содержания каждого из компонентов, лежащих в указанном интервале состава.

Таблица 3.1 – Количественное содержание оксидов в составе минерального сырья месторождений Кыргызской Республики

Наименование	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O * Na ₂ O		Ппп
Глина Каратут	54,6	28,7	1,33	0,51	0,73	0,12	0,04	2,8
Глина Караче	63,97	20,59	1,76	0,74	0,66	2,60		9,47
Фарфоровый камень Уч-Курт	78,7	11,48	1,46	0,41	0,49	2,9	0,39	2,38
Каолин Чоко-Булак	46-51	32,2	1,17	-	-	-	-	-
ВПШ	64,0	20,0	0,3	1,0	0,2	5,5	7,5	1,5

Примечание: *Ппп – потери при прокаливании, ВПШ – Вишневогорский полевой шпат.

Таблица 3.2 Расчетный фазовый состав опытных ВФК на основе местного минерального сырья

Состав по оксидам	SiO ₂ %(мас.)	Al ₂ O ₃ %(мас.)	Fe ₂ O ₃ %(мас.)	CaO %(мас.)	MgO %(мас.)	Na ₂ O *K ₂ O %(мас)
ВФК1	58,35	21,44	1,16	0,25	0,24	2,03
ВФК2	61,11	22,41	0,69	0,34	0,28	2,35
ВФК3	60,4	24,34	1,41	0,52	0,57	1,41
*ВФК	68-72	24-28	0,4-0,6	0,6-0,9	0,11-0,5	2-4

Примечание: *ВФК – составы различных ВФК, взятые из различных литературных источников.

В таблице 3.3 представлен экспериментально разработанный многокомпонентный состав глазури, состоящий из местного сырья с добавкой привозного вишневогорского полевого шпата (Россия), предназначенный для глазурования поверхности изделий ВФК на основе местного сырья.

Предварительно были разработаны и изготовлены 30 различных составов глазури, отличающиеся компонентным составом и количественным содержанием каждого из компонентов. Разработанные глазури наносились на специально изготовленные предварительно обожженные образцы ВФК-1, 2, 3, 4 и 5 с целью выявления и выбора наиболее лучшего состава глазури, характеризующиеся наилучшими свойствами адгезии с поверхностью черепка ВФК и отсутствием цека в микроструктуре глазури.

Таблица 3.3 – Массовая доля компонентов минерального сырья в составе, разработанный для ВФК на основе местного сырья

Сырьевые материалы глазури	Массовая доля %
Вишневогорский полевой шпат (Россия)	45-50
Ак-ташский доломит	20-25
Фарфоровый камень	15-20
Глина Кара-кече	8-10
Кочкорский барит	5-7

Обжиг во всех опытных партий ВФК-1,2,...5 с различными составами компонент глазури проводились при одних и тех же температурных режимах нагрева, выдержки и охлаждения, что и сама основа ВФК. Предварительно изучив особенности формирования микроструктуры на поверхности опытных образцов ВФК- 1,2,...5. после обжига для всех разработанных глазурей, а также исследовав адгезионные свойства глазури методом электронной микроскопии нами в ходе эксперимента был отобран наилучший состав глазури по характеристикам адгезии и отсутствия Цека у глазури в виде сетки микротрещин. Состав долевого содержания компонентов для наилучшей разработанной глазури представлена в таблице 3.3. Дальнейшие экспериментальные исследования для опытных составов ВФК-1,2 и 3 проводились только на образцах покрытой этой глазурью.

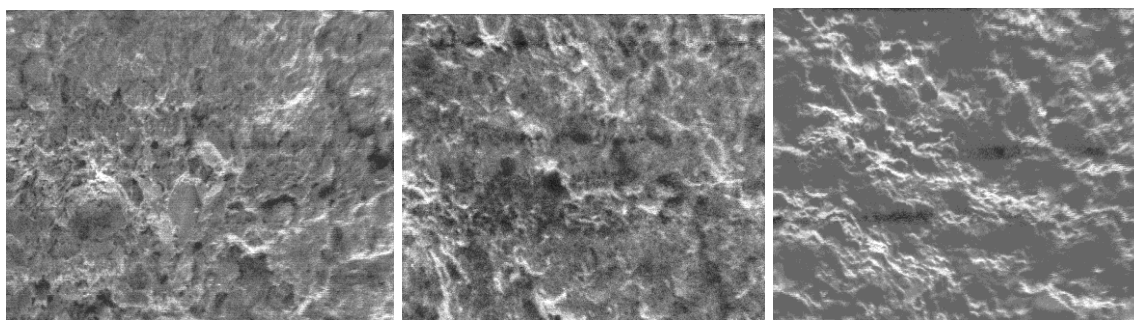
В данной главе последовательно описаны все технологические стадии получения опытных глазурованных образцов ВФК на основе местного сырья по нижеследующей разработанной технологической схеме:

- 1) отбор компонентов и подготовка порошковых керамических смесей;
- 2) мокрый помол с процеживанием в сите +0,063 до тонины 0,95-1,1% мас.;
- 3) сушка керамической массы в сушильном шкафу при $T=90-100^{\circ}\text{C}$;
- 4) заваливание влажной керамической массы при комнатной температуре;
- 5) формование массы методом экструзии в виде цилиндрических образцов;
- 6) окончательная сушка образцов на воздухе при комнатной температуре;
- 7) обжиг образцов в электропечи при температурах 1170,1200 и 1230°C -1 час;
- 8) нанесение глазури на поверхность обожженного образца опытного ВФК;
- 9) сушка глазурованных образцов ВФК при комнатной температуре;
- 10) заключительный обжиг глазурованных образцов ВФК.

Исследования показали, что разработанная керамическая масса на базе местного сырья, прошедшая все 10 технологических стадий передела на заключительной стадии обжига у глазурованных образцов ВФК формируется требуемая микроструктура, которая предопределила её прочностные и электрические свойства. Предлагаемая технологическая схема по получению ВФК на базе местного сырья несколько отличается от особенностей технологии помола, сушки, формования, обжига по сравнению с классической технологией

по получению фарфора. Последовательное выполнение разработанной технологической схемы позволила получить ВФК на базе местного сырья с требуемыми эксплуатационными свойствами согласно ГОСТ №20419-83.

На рис. 3.1а-в. показаны микроструктуры поверхности изломов, обожженных ВФК-1,2 и 3 при температуре $T=1170^{\circ}\text{C}$. Видно, что при данной температуре во всех типах опытных ВФК формируется достаточно плотная микроструктура с минимальной пористостью. Следует отметить, что в микроструктуре состава ВФК-3 содержание микропор заметно меньше по сравнению с ВФК-1 и ВФК-2. В микроструктуре ВФК-1 и ВФК-2 на единицу площади поверхности излома остаточных не залеченных пор выше по сравнению с ВФК-3. Этот факт связывается с тем, что у опытных составов ВФК-1 и ВФК-2 при данной температуре обжига $T=1170^{\circ}\text{C}$ образуется недостаточное количество стеклофазы. На рис.3.2 а,б представлены микроструктуры изломов опытных ВФК обожженных при температурах 1200°C (а) и 1230°C (б), полученные на растровом электронном микроскопе при больших увеличениях. Видно, что в микроструктуре опытной ВФК при температуре обжига 1230°C формируется большое количество жидкой фазы по сравнению с образцами ВФК обожжённых при температуре 1200°C , что заметно отражается на характере поверхностного излома.



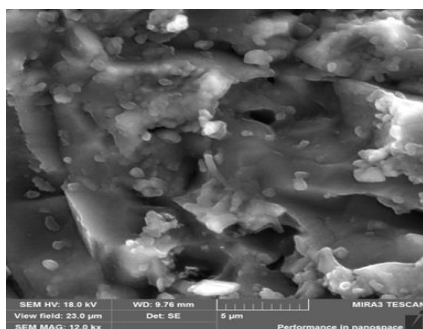
а)

б)

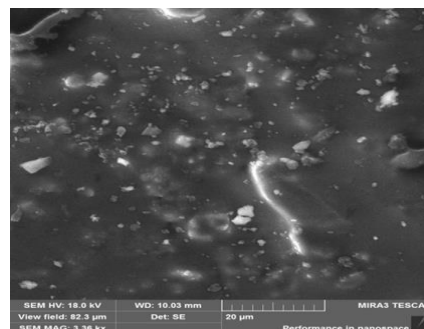
в)

Рисунок 3.1 а,в Микроструктура излома ВФК (при увеличении в 400 крат), полученных при температуре обжига $T=1170^{\circ}\text{C}$ на растровом электронном микроскопе: а) ВФК-1, б) ВФК-2, в) ВФК-3

Благодаря электронно-фактографическому анализу по формированию микроструктуры обожженных образцов ВФК-1 и ВФК-2 в диапазоне температур обжига от 1170°C до 1230°C было выявлено следующее: у опытных образцов ВФК-1 и ВФК-2 очень узкий температурный диапазон обжига, составляющий $\Delta T \approx 30\div 40^{\circ}\text{C}$ при котором формируется требуемая микроструктура ВФК для этих составов, и оптимальная температура обжига для ВФК-1,2 соответствует температуре $1200 \pm 10^{\circ}\text{C}$. При увеличении температуры обжига выше 1230°C происходит пережог образцов ВФК-1 и ВФК-2.



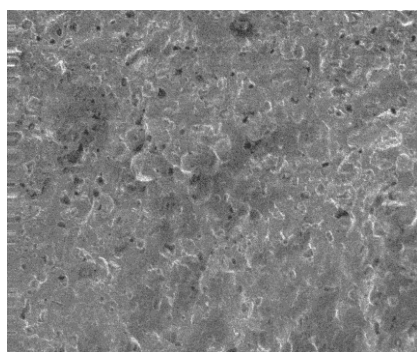
а)



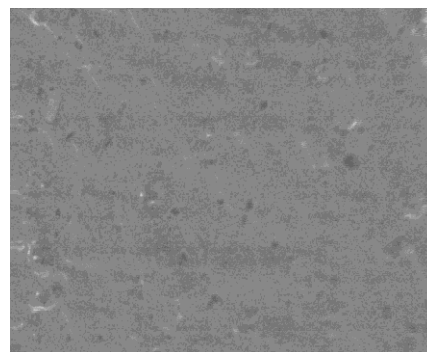
б)

Рисунок 3.2 а,б Микроструктура поверхности изломов ВФК-1 на базе местного сырья месторождений Кыргызской Республики (при увеличении в 1200 крат): а) образцы ВФК-1 обожжённые при температуре 1200°С; б) ВФК-1 обожжённые при температуре 1230°С

Микроструктурный анализ опытных образцов ВФК-1,2 в зависимости от температуры обжига показал, что пористость в опытных образцах ВФК обожжённых при температуре $T_1 = 1200^\circ\text{C}$ несколько выше (см. рис.3.3а - черные пятна округлой формы являются микропорами), чем в микроструктурах ВФК обожжённых при температуре $T_2 = 1230^\circ\text{C}$ (см. рис.3.3б). Уменьшение пористости ВФК с увеличением температуры обжига на $\Delta T = T_2 - T_1 = 30^\circ\text{C}$ отчетливо наблюдается на микроснимках поверхности изломов ВФК (см. рис.3.3 а,б). Следует отметить, что прямые оценки пористости обожжённых образцов ВФК при обоих режимах обжига 1200°С и 1230°С однозначно показывают, что пористость в 2 раза уменьшается при температуре обжига 1230°С по сравнению с температурой обжига 1200°С для данных составов ВФК. Установлено, что для всех опытных составов ВФК-1,2,...5 микроструктура в процессе обжига при температурах 1200÷1230°С формируется с образованием мелкозернистых кристаллических фаз муллита и кварца в виде микрозёрен различной морфологии, которые обволакиваются полевошпатовой стекловидной фазой.



а)



б)

Рисунок 3.3 а, б Микрофотографии поверхностей изломов неглазурованных опытных ВФК на базе местного сырья, полученных на РЭМ BS-301 для температур отжига (при увеличении в 200 крат): а) $T = 1200^\circ\text{C}$ и б) $T = 1230^\circ\text{C}$

Из рис.3.3 а,б четко видно, что в микроструктурах ВФК обожженных при температуре 1170°C наблюдаются отдельные незалеченные микропоры различной формы, большинство из которых имеют близкую к округлой форме, а при температурах 1200°C пористость в микроструктуре ВФК уменьшается. При температуре обжига 1230°C «кажущаяся пористость» образцов ВФК составляет менее 1%. При этом кристаллическая фаза в микроструктуре ВФК распределяется достаточно равномерно и однородно по всему объёму образца.

Для отбора наилучшего состава глазури по компонентам сырья и по их количественному содержанию было проведена серия предварительных экспериментов для большого числа (N=30) составов опытных глазурей с различными долями сырьевых компонентов. Исследования по формированию глазури на поверхности ВФК после их обжига при 1200°C с выдержкой 30 мин позволило выявить наилучший состав глазури (см. таблицу – 3.3.), которая имела высокую адгезию с черепком опытных ВФК-1,2 и 3, а также в микроструктуре отсутствовали дефекты в виде микротрещин.

В отличие от технологии помола в шаровой мельнице керамической массы основного черепка ВФК предварительные составы глазурей изготавливали ручным помолем и истиранием в фарфоровой ступке при одновременной засыпке всех составляющих компонентов глазури согласно массовым долям, приведенных в таблице 3.3. Помол и истирание керамической смеси глазури осуществляли до требуемой консистенции, т.е. изготавливали керамическую массу в виде «жидкой сметаны», в котором состояние жидкости и твердых частиц в отношении их мягкости и плотности представляло собой шликер-суспензию с плотностью 1,6-1,65 г/см². Процесс глазурования поверхности опытных образцов ВФК-1,2 и 3 осуществляли двумя способами: 1) окунанием в шликер-суспензию глазури предварительно обожженных образцов ВФК; 2) напылением суспензии-глазури на поверхность опытных образцов ВФК с помощью пульверизатора. Покрытые глазурью поверхности образцов ВФК высушивали до влажности менее 1%.

После тщательной сушки при комнатной температуре покрытые глазурью опытные образцы ВФК обжигались в электрической печи при заданной температуре с программным обеспечением нагрева, выдержки и остывания до комнатной температуры, причем строго, по тому же режиму обжига, как и для исходных опытных образцов ВФК до глазурования. Эксперимент показал, что наилучший состав глазури состоит в сумме из 50-55% по массе из следующих компонент Ак-Ташский доломит 20-25% мас., Уч-Куртский фарфоровый камень 15-20%, глина Кара-Кече 8-10% и Кочкорский барит 5-7%, а остальная часть состоит из 45-50% привозного Вишневогорского полевого шпата. Исследования показали, что все разработанные составы глазури, состоящие на 100% только из компонентов местного сырья, обладали

неудовлетворительными свойствами смачиваемости, адгезии с черепком ВФК, а также имели ощутимый Цек, а отдельные составы глазури просто выгорали при данной температуре обжига. Разработка новых глазурей, состоящие на 100% из местного сырья не входило в рамки настоящей диссертационной работы, но в перспективе требует проведения отдельных исследований по их получению. Глазурь с наилучшими характеристиками изготавливали следующим образом. Все компоненты глазури подвергались помолу в шаровой мельнице продолжительностью 8 часов. Далее помолотую порошковую смесь проситовывали через стандартное сито +0056. Проситованную массу перемешивали с водой и доводили сметанковую смесь до консинстенции с плотностью 1,6 - 1,8 % г/см². В таком состоянии глазурь наносили на поверхность предварительно очищенного образца ВФК от пыли двумя методами: распылением с помощью пульвизатора и окунанием образца ВФК в жидкий глазурь. После нанесения глазури на поверхность опытных образцов ВФК, последние высушивались до остаточной влажности 1% при комнатной температуре на открытом воздухе. Затем глазурованные и высушенные образцы ВФК устанавливали в рабочую камеру на предметный столик электрической печи и обжигали при температуре 1200°C при выдержке 1 час. В таблице 3.5 представлен, расчетный долевого состав глазури по содержанию основных оксидов, приготовленный для нанесения на поверхность ВФК при низкотемпературном обжиге 1175°C-1200°C. Из таблицы 3.4 видно, что в разработанном составе глазури значения процентного содержания по массе, оксидных компонентов составляет SiO₂ (в количестве 49,6%), Al₂O₃ (13,3%), Fe₂O₃ (0,5%), CaO (7,46%), MgO (5,16%), Na₂O и K₂O (6,99%) и BaO (3,94%).

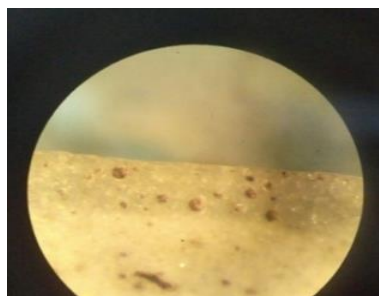
Таблица 3.4 – Расчетный массовый состав оксидных компонент глазури, предназначенных для опытных ВФК низкотемпературного обжига (T=1170-1200°C)

Наименование	Расчетное содержание оксидных компонентов в составе глазури							
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	BaO
Массовая доля, % (мас.)	49,6	13,3	0,5	7,46	5,16	6,99		3,94

На рисунке 3.4 а, б представлены фотографии глазурованной поверхности опытных ВФК, обожжённые при 1200 °С с выдержкой 0,5 часа. Из рисунка 3.4 а, б видно, что выбранный состав глазури для опытных ВФК, после обжига при 1200°C имеет хорошее взаимодействие с керамической основой (черепком) опытных ВФК. На рис. 3.4 б наблюдается хорошее физико-химическое сцепление глазури с поверхностью черепка ВФК-2, образующееся в результате физико-химических взаимодействий глазури и черепка в процессе обжига при температуре 1200°C - 0,5 ч. Из рисунка 3.4 б видно, что нет четкой механической границы раздела между глазурью и черепком.



а)



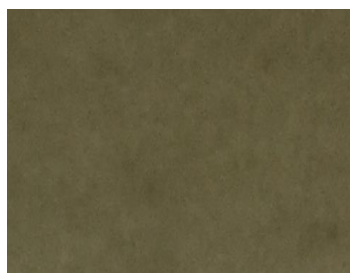
б)

Рисунок 3.4 а,б – Формирование глазури, нанесённая на поверхность опытной керамики ВФК-2 (увел. в 200 крат): а) фотоснимок с оптического микроскопа перпендикулярно к поверхности глазури; б) фотоснимок с оптического микроскопа с поперечного шлифа к поверхности глазури ВФК-2

Граница между глазурью и черепком ВФК диффузионно-размытая и плавно переходит от глазури к черепку ВФК. Этот факт однозначно, говорит о том, что между глазурью и черепком при обжиге формируется промежуточный слой с физико-химическим сцеплением, следовательно, такая глазурь будет иметь высокую адгезию с поверхностью опытных ВФК.



а)



б)

Рисунок 3.5 а, б – Микроскопические фотографии поверхности обожженных образцов ВФК при температуре обжига 1200°C (вид сверху при увел. в 300 крат): а) без нанесения глазури, б) после нанесения глазури

Другими словами, между глазурью и черепком не наблюдается отслоение глазурного слоя от основы и нет отслоений от поверхности черепка ВФК. Наряду с этим внутри толщи самой глазури (см. рис.3.4 б) наблюдаются изолированные микропоры сферической поры. Эти микропоры, образовавшиеся в глазури, напрямую связываются с отсутствием процесса вакуумирования при изготовлении керамической массы-суспензии глазури перед её нанесением на ВФК. На рисунке 3.5 а, б представлены фотографии микроструктуры поверхности опытного образца ВФК-1 до глазурирования (рис.3.5 а – поверхность шероховатая с пористостью в виде темных пятен близкой округлой формы) и после глазурирования (см. рис.3.5 б) видно, что после глазурирования поверхности черепка ВФК поверхность становится более гладкая и практически остаточная пористость закрывается глазурью.

Таким образом, микроскопические исследования структуры опытных образцов ВФК, обожжённых при температурах 1170-1200°C показывают, что образцы имеют остаточную микропористость и заметную микрошероховатость поверхности. Эти дефекты приводят к характерной контрастности поверхности (темные точки на рис. 3.5 а остаточные микропоры на поверхности ВФК). После глазурования поверхности ВФК и последующего обжига глазурь растекаясь по поверхности, закрывает остаточные поры (см. рис.3.5 б). Нанесенная глазурь толщиной слоем 0,15-0,4 мм защищает фарфор от проникновения внутрь фарфора через поры влаги и тем самым существенно уменьшает гигроскопичность фарфоровых изоляторов, что весьма важно для ВФК, работающих в открытом воздухе подвергаясь действию дождя, выпадению росы или высокой влажности воздуха.

В табл. 3.5 приведены результаты исследования средних значений некоторых физико-технических и электрических свойств для неглазурованной и глазурованных образцов ВФК-2.

Таблица 3.5 – Основные физико-технические и электрические свойства для опытных образцов состава ВФК-2

№	Физико-технические свойства ВФК	Температура обжига 1200°C	
		Не глазурованные	глазурованные
1	Плотность, г/см ³	2,28	2,3
2	Водопоглощение, %	4,1	0,89
3	Пробивное напряжение, кВ	51	57
4	Прочность на изгиб, Мпа	66,8	72,8
5	Стойкость к термоударам, °C	160	160
6	Модуль упругости, МПа ×10 ³	65,5	71,7

Сравнительный анализ основных свойств опытных ВФК-2 со свойствами электротехнической керамики, приведенные в ГОСТ 20419 -83 позволяет опытную ВФК-2 классифицировать как электротехническую керамику подгруппы 110 с массовой долей Al₂O₃ до 30%, работающий при постоянном и переменном напряжениях 1÷35кВ с частотой до 50Гц.

Выводы по третьей главе. По результатам исследований и анализа физико-технических характеристик сырья месторождений Кыргызской Республики отобраны наиболее подходящие виды местного минерального сырья. Исследованы микроструктура и эксплуатационные свойства и на сравнительном анализе экспериментов были определены наилучшие разработанные составы ВФК и глазури на основе местного сырья.

Разработаны все последовательные технологические стадии получения глазурованной ВФК на базе местного сырья. Изучены особенности формирования микроструктуры и основные эксплуатационные свойства новых составов ВФК. Полученные ВФК на основе местного сырья по основным

свойствам соответствуют ГОСТ №20419-83 – и классифицируются как промышленные электротехнические изоляторы 110 подгруппы, применяющихся в энергетике Кыргызской Республики.

ВЫВОДЫ

1. Разработан состав керамической массы ВФК на основе минерального сырья месторождений Кыргызской Республики: из глины Кара-кече (20-25% мас), каолина Чоко-булак (40-45%мас), фарфорового камня Уч-курт (28-32%) и Вишневогорского полевого шпата (5-7%).

2. Разработан состав глазури с наилучшими свойствами адгезии и отсутствием Цека, предназначенный для глазурования опытных ВФК, состоящая из компонент местного Кыргызского сырья и привозного сырья из России: Ак-Ташского доломита 20-25% мас., Уч-Куртского фарфорового камня 15-20%, глины Кара-Кече 8-10% и Кочкорского барита 5-7%, а остальная часть на 45-50% состоит из Вишневогорского полевого шпата (Россия).

3. Проработаны все последовательные технологические стадии получения ВФК: режимы помола, формования, сушки, глазурования, включая и режимы низкотемпературного обжига 1170-1230°C, позволяющая получать стабильные результаты обожженной ВФК при строгом соблюдении всех технологических стадий её изготовления.

4. Получены полупромышленные изделия различных видов, применяющиеся в энергосекторе «Северэлектро» Кыргызской Республики: 1) изолятор опорный керамический внутренней установки ИОР-1-2,5 УЗ, предназначенный для изоляции и крепления токоведущих частей в электрических аппаратах и распределительных устройствах электрических станций и подстанций, в комплектных распределительных устройствах, токопроводах в сетях трехфазного переменного тока; 2) изолятор ВФК, предназначенный для крепления проводов, кабеля или шины на несущей конструкции линии электропередач и предотвращения её пробоя на землю; 3) изолятор ИО-10-20 предназначенный для изоляции и крепления токоведущих частей в электрических аппаратах и распределительных устройствах.

5. Изучены особенности формирования микроструктуры после обжига и исследованы основные свойства ВФК, позволившие классифицировать их в качестве высоковольтных электротехнических керамик подгруппы №110, согласно официального ГОСТа 20419-83 (СТ СЭВ 3567-82).

6. По результатам исследований зарегистрированы три патента в Кыргызпатенте: на новую керамическую массу ВФК на базе местного сырья, на новый состав глазури, адаптированный для опытных составов ВФК, а также на способ получения глазурованной ВФК на основе местного сырья.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. **Календеров, А.Ж.** Глазурь для высоковольтного электротехнического изолятора [Текст] /А.Ж. Календеров, Н.К. Касмамытов // 82-я Международная научно-практическая конференция Евразийского научного объединения «Итоги науки в теории и практике». – Москва, 2021. – С. 25-28. – <https://esaconference.ru/journal/82ya-mezhdunarodnaya-nauchnaya-konferentsiya-eno/>.
2. **Календеров, А.Ж.** Влияние минеральных добавок на температуру обжига и на свойства электротехнического фарфора [Текст] / Н.К. Касмамытов, А.Ж. Календеров // 59-я Международная научно-практическая конференция Евразийского научного объединения «Наука и современность». – Москва, 2020. – ч.1.№1(59). – С. 40-45. <https://esa-conference.ru/journal/82ya-mezhdunarodnaya-nauchnaya-konferentsiya-eno/>.
3. **Календеров, А.Ж.** Механическая и электрическая прочность электротехнических керамик [Текст] / А.Ж. Календеров, Н.К. Касмамытов // 60-я Международная научно-практическая конференция Евразийского научного объединения «Современные концепции научных исследований». – ч.1. – №2(60). – Москва, 2020. – С. 19-24. – <https://esa-conference.ru/journal/82ya-mezhdunarodnaya-nauchnaya-konferentsiya-eno/>.
4. **Календеров, А.Ж.** Структура глазурированной высоковольтной керамики [Текст] / Н.К. Касмамытов, А.Ж. Календеров, Э.М. Кыдыралиев // Научный журнал ИФ им. академика Ж. Жеенбаева НАН КР «Физика». – №2. – Бишкек, 2018. – С. 30-37. – <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47971350>.
5. **Календеров, А.Ж.** Свойства глазурированной высоковольтной керамики на основе сырья месторождений Кыргызской Республики [Текст] / Н.К. Касмамытов, А.Ж. Календеров, К.М. Макаев, Э.М. Кыдыралиев // Научный журнал ИФ им. академика Ж. Жеенбаева НАН КР «Физика». – №2. – Бишкек, 2018. – С. 24-30. – <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47971350>.
6. **Календеров, А.Ж.** Влияние температуры обжига на формирование структуры и свойства высоковольтной фарфоровой керамики на базе местного сырья [Текст] / Н.К. Касмамытов, Н. Кантай, А.Ж. Календеров// Научный журнал ИФ им. академика Ж. Жеенбаева НАН КР «Физика». – №1. – Бишкек, 2018. С. 52-63. – <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47971350>.
7. **Календеров, А.Ж.** Разработка новой керамической массы на основе местного сырья для создания высоковольтной керамики [Текст] /Н.К.Касмамытов, Э.М. Кыдыралиев, А.Ж. Календеров // Научный журнал ИФ им. академика Ж. Жеенбаева НАН КР «Физика». – Бишкек, 2017. – С. 42-47. – <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47971350>.
8. **Календеров, А.Ж.** Состав, технология получения, свойства высоковольтной фарфоровой керамики [Текст] / Н.К. Касмамытов, А.Ж. Календеров, К.М. Макаева, К.А. Ласанху // Научно-информационный журнал ИФ им. академика Ж. Жеенбаева НАН КР «Материаловедение». №2(34). – Бишкек, 2020. – С. 19-25.– <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=45829129>.

9. **Патент №2122** Кыргызская Республика 20170136.1 Керамическая масса для получения электротехнического фарфора [Текст]/ Н.К. Касмамытов, А.Ж. Календеров, Э.М. Кыдыралиев (ИФ им. академика Ж. Жеенбаева НАН КР) // заявл. 07.12.17; опубл. 31.12.2018, Бюл. №1(46). – 5с.: ил.

10. **Патент №2187** Кыргызская Республика 20180103.1 Способ получения керамики для изготовления высоковольтных изоляторов [Текст]/ Н.К. Касмамытов, А.К. Календеров (ИФ им. академика Ж. Жеенбаева НАН КР) // заявл. 30.11.2018; опубл. 31.12.2019, Бюл.№1(46). – 5с.: ил.

11. **Патент №2198** Кыргызская Республика 20180104.1 Глазурная шихта для высоковольтной керамики [Текст]/ Н.К. Касмамытов, А.Ж. Календеров, К.М. Макаева (ИФ им. академика Ж. Жеенбаева НАН КР) // заявл. 03.12.2018; опубл. 31.01.2020, Бюл.№2(46). – 5 с. :ил.

РЕЗЮМЕ

диссертации Календерова Азамата Жаңыбаевича «Глазурованная электротехническая фарфоровая керамика на основе сырья месторождений Кыргызской Республики» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.17.06 – технология и переработка полимеров и композитов

Ключевые слова: электротехнический фарфор, сырье, составы керамической массы, состав глазури, постадийная технология получения, обжиг, микроструктура, механические и электрические свойства.

Объектом исследования являются сырьевые компоненты, составы фарфоровой массы и высоковольтная фарфоровая керамика, а также глазурь, изготовленные на основе местного минерального сырья.

Предметом исследования является разработка технологических основ получения композиционных составов керамической массы высоковольтного фарфора и глазури на основе местного минерального сырья, изучение их обжига, структуры и основных свойств.

Цель работы: получение глазурованной электротехнической фарфоровой керамики на основе сырья месторождения Кыргызской Республики.

Методы исследования: в диссертации использовали современный арсенал методик по получению глазурованной ВФК, а также методы исследования микроструктуры, механических и электрических свойств диэлектрических материалов. В частности, электронную микроскопию, методику фрактографического анализа, оптическую микроскопию, измерения прочности на трехточечный изгиб, водопоглощение, термостойкость и многие другие.

Полученные результаты и их новизна: разработаны новые композиции керамической массы ВФК на основе местного сырья, новые композиции глазури, проработаны технологии их получения. Определены режимы обжига. Изучены особенности микроструктуры ВФК после обжига и исследованы механические и

электрические свойства на пробой ВФК на основе местного сырья. Выявлено классификационная подгруппа опытных ВФК в семействе высоковольтных электротехнических керамик, она относится к подгруппе 110 класса электротехнических керамик.

Область применения: энергосектор Кыргызской Республики: гидро- и теплоэлектростанции, линии электропередач, электроподстанции и другие.

Календеров Азамат Жаңыбаевичтин «Кыргыз Республикасынын кендериндеги чийки заттын негизинде глазуранган фарфор керамикасы» деген темадагы 05.17.06 – полимерлерди жана композиттерди технологиясы жана кайра иштетүү адистиги боюнча техника илимдеринин кандидаты окумуштуу даражасын изденип алуу үчүн жазылган диссертациалык ишинин

РЕЗЮМЕСИ

Түйүндүү сөздөр: электротехникалык фарфор, чийки зат, керамикалык массанын курамы, глазурь курамы, өндүрүштүн технологияк баскычтары, күйгүзүү, микроструктура, механикалык жана электрдик касиеттер.

Изилдөө объектиси болуп чийки заттар, фарфор массасынын жана жогорку вольттогу фарфор керамикасынын композициялары, ошондой эле жергиликтүү минералдык сырьенун негизинде жасалган глазурь саналат.

Изилдөөнүн предмети болуп жергиликтүү минералдык чийки заттын негизинде жогорку вольттогу фарфор керамикасынын (ЖВФК) жана глазуранын керамикалык массасынын композиттик композицияларын алуунун технологиялык негиздерин иштеп чыгуу, алардын күйүүсүн, структурасын жана ЖВФК менен жылтыратылган негизги касиеттерин изилдөө саналат.

Иштин максаты: Кыргыз Республикасындагы чийки заттын негизинде глазуранган электротехникалык фарфор керамикасын иштеп чыгуу.

Изилдөө методдору: диссертацияда глазуранган ЖВК алуу ыкмаларынын заманбап арсеналы, ошондой эле диэлектрдик материалдардын микроструктурасын, механикалык жана электрдик касиеттерин изилдөө ыкмалары колдонулган. Атап айтканда, электрондук микроскопия, фрактографиялык анализдин техникасы, оптикалык микроскопия, үч чекиттик ийүү күчүн өлчөө, сууну сиңирүү, ысыкка туруктуулук жана башка көптөгөн нерселер.

Алынган натыйжалар жана алардын илимий жаңылыгы: жергиликтүү сырьёлордун негизинде ЖВФК массасынын жана глазурдун жаңы композициялары жана аларды өндүрүүнүн технологиялары иштелип чыккан, күйгүзүү режими аныкталган. Жергиликтүү сырьенун негизиндеги ЖВФКнын күйгүзүүдөн кийин микроструктурасынын өзгөчөлүгү жана анын чыңалууну өткөрүп жиберүүсүнүн механикалык жана электрдик касиеттери изилденген. Жогорку вольттогу электротехникалык керамикалардын тобунда

эксперименталдык ЖВФКнын классификациялык чакан тобу аныкталган, ал электротехникалык керамика классынын 110-тобуна кирет.

Колдонуу чөйрөсү: Кыргыз Республикасынын энергетика тармагы, ГЭСтер жана жылуулук электр станциялары, электр берүү линиялары, электр подстанциялары жана башкалар.

ABSTRACT

The dissertation of candidate Kalenderov Azamat Janybaevich "Glazed electrical porcelain ceramics based on raw materials from deposits of the Kyrgyz Republic" for the degree of candidate of technical sciences in the specialty 05.17.06 - technology and processing of polymers and composites

Key words: electro technical porcelain, raw materials, compositions of ceramic mass, composition of glaze, step-by-step production technology, firing, microstructure, mechanical and electrical properties.

Object of Research of the study are raw materials, compositions of porcelain mass and high-voltage porcelain ceramics (HVPC), as well as glazes made on the basis of local mineral raw materials.

Subject of the Research is the development of technological bases for obtaining composite compositions of ceramic mass of high-voltage porcelain and glaze based on local mineral raw materials, the study of their firing, structure and basic properties glazed with HVPC.

The purpose of the work is to obtain glazed electrical porcelain ceramics based on raw materials from a deposit in the Kyrgyz Republic.

Research methods: in the dissertation, a modern arsenal of methods for obtaining glazed HVPC, as well as methods for studying the microstructure, mechanical and electrical properties of dielectric materials, were used. In particular, electron microscopy, fractographic analysis technique, optical microscopy, measurements of three-point bending strength, water absorption, heat resistance and many others.

The results obtained and their novelty: new compositions of the HVPC ceramic mass based on local raw materials, new glaze compositions have been developed, technologies for their production have been worked out. Firing modes are determined. The features of the microstructure of the HVPC after firing were studied and the mechanical and electrical properties of the breakdown of the HVPC based on local raw materials were studied. A classification subgroup of experimental HVPCs in the family of high-voltage electrical ceramics has been identified; it belongs to subgroup 110 of the class of electrical ceramics.

The scope of application is the energy sector of the economy of the Kyrgyz Republic: hydro and thermal power plants, power lines, electrical substations and others.