**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**



Федеральное государственное автономное образовательное учреждение

высшего образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ**

**ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

|  |  |
| --- | --- |
|  | **УТВЕРЖДАЮ**  Проректор по НРиИ  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Дьяченко А.Н.  «\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2014 г. |

**ПРОГРАММА-МИНИМУМ**

кандидатского экзамена по профилю

**05.17.11 Технология силикатных и тугоплавких**

**неметаллических материалов**

Основная образовательная программа подготовки аспиранта

по направлению 18.06.01 Химическая технология

Томск 2014

**Введение.**

Достижения в области химической технологии силикатных и тугоплав­ких неметаллических материалов оказывают существенное влияние на уско­рение научно-технического прогресса в различных областях науки и про­изводства.

Современная технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов охватывает весьма широкий круг производств и технологичес­ких процессов. Основными областями этой технологии являются: химичес­кая технология стекла и ситаллов; химическая технология керамики и ог­неупоров; химическая технология вяжущих материалов.

Несмотря на различия в научных основах для указанных областей технологии, имеется целый ряд принципиальных и важных для них общих элементов, которые отражены в программе как ее теоретическая часть. К их числу следует отнести: совокупность научных данных о фазовых равно­весиях; учение о химических реакциях и других процессах в подобных системах (полиморфные превращения, спекание, раскристаллизация и др.); теоретические основы ряда физико-механических процессов (измельчение, смешивание, формование), рассматриваемых на базе соответствующих раз­делов физики твердого тела, механики сплошных сред, реологии и т.д. К числу общих вопросов, важных для всех типов силикатных материалов от­носится также понимание их свойств (механических и упругих, теплофизи­ческих, электрических и т.д.) и связи этих свойств со строением мате­риалов на различных уровнях (макроструктура и пористое строение, мик­роструктура, строение и дефекты кристаллической решетки и т.д.). Нако­нец, к числу общих научно-технических вопросов, важных для квалифика­ции исследователя, работающего в области технологии силикатных и ту­гоплавких неметаллических материалов, следует отнести сведения об ос­новных типах применяемого сырья (природного и техногенного), а также знание современных методов исследования процессов и строения материа­лов.

Все перечисленные вопросы, важные для оценки квалификации научных кадров по специальности 05.17.11, включены в основную программу канди­датского минимума.

В программу также включены основные технологические сведения по отдельным группам производств: стекло и ситаллы; керамика и огнеупоры; вяжущие материалы и изделия из них. Эти группы выбраны не только исхо­дя из объема и народнохозяйственного значения соответствующих произ­водств. В качестве важнейшего критерия при выборе учитывалось и нали­чие технологических отличий, присущих каждой выделяемой группе или, другими словами, ее специфическое особое место в широкой области тех­нологии. Научный работник, претендующий на присвоение кандидатской степени по специальности 05.17.11 и работающий в любой области данной специальности, должен обладать достаточной эрудицией, выражающейся в знании основ технологии ряда характерных групп произ­водств по данной специальности.

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ**

1.1. Физико-химические основы технологии

1.1.1. Фазовые равновесия и диаграммы состояния силикатных систем

Правило фаз Гиббса и его применение для оценки равновесных состо­яний. Методы построения диаграммы состояния. Основные типы одно-, двух и трехкомпонентных диаграмм состояния. Общие понятия о геометрических основах построения четырехкомпонентных диаграмм состояния и частных разрезов в них. Особенности силикатных ситем с точки зрения достижения равновесных состояний и причины отклонений в этих системах от равно­весных состояний. Диаграммы состояния систем: SiO2, Na2O-SiO2, AL2O3-SiO2, CaO-SiO2, MgO-SiO2, CaO-AL2O3-SiO2, Na2O-CaO-SiO2, CuO-AL2O3-Fe2O3, MgO-CuO-SiO2, MgO-AL2O3-SiO2.

Правила определения последовательности фазовых изменений при изменении температуры и применение правила рычага для количественных расчетов в этих системах.

1.1.2. Строение и свойства силикатных расплавов.

Процессы затвердевания, кристаллизации, стеклообразования.

Строение жидкостей. Строения силикатных расплавов. Степень ассо­циации структурных элементов в силикатных расплавах и факторы, влияю­щие на нее. Явление ликвации в силикатных расплавах. Вязкость и по­верхностное натяжение силикатных расплавов и связь с их строением. За­висимость вязкости и поверхностного натяжения от температуры и состава силикатных расплавов.

Гомогенное и гетерогенное образование центров кристаллизации. Критический размер зародышей новой фазы. Катализаторы кристаллизации. Рост кристаллов из жидкой фазы. Механизм роста из сильно- и слабопере­сыщенных растворов и располавов. Зависимость числа образующихся цент­ров кристаллизациии линейной скорости роста кристаллов от степени пе­реохлаждения расплавов. Кинетика процессов зародышеобразования и роста кристаллов.

Склонность расплавов силикатов к переохлаждению. Процесс стекло­образования. Температурный интервал и температура стеклования. Крис­таллохимические условия стеклообразования. Кинетические условия стек­лообразования. Представления Таммана.

1.1.3. Процессы массопереноса (диффузии).

Движущая сила процесса диффузии. Закон Фика. Коэффициент диффузии и энергия активации процесса диффузии. Температурная зависимость коэф­фициента диффузии. Виды и механизм процесса массопереноса в твердых телах и расплавах. Само и гетеродиффузия. Диффузия по поверхности зе­рен, границам кристаллов и внутри кристаллической решетки. Природа ди­фундирующих частиц. Методы исследования процесса массопереноса. Влия­ние дефектов кристаллической решетки на процесс массопереноса в твер­дых телах.

1.1.4. Общие закономерности и кинетика полиморфных превращений, твердофазовых реакций, процессовспекания и рекристаллизации Полиморфизм. Структурная классификация типов полиморфизма. РТ-ди­аграммы фазовых преращений. Энантиотропные и монотропные полиморфные превращения. Фазовые полиморфные превращения 1 и 2 рода. Переходы по­рядок-беспорядок. Изменение термодинамических функций при фазовых пе­реходах 1 и 2 рода. Зависимость свойств кристаллических тел от особен­ностей структуры полиморфных модификаций.

Реакции веществ в твердом состоянии. Виды и механизм диффузии при твердофазовых реакциях. Кинетика твердофазовых реакций и факторы, вли­яющие на их скорость. Особенности твердофазовых реакций. Термодинами­ческая характеристика реакций в твердом состоянии, условия достижения равновесий при реакциях в смесях твердых веществ.

Процесс спекания. Сущность, признаки и движущая сила процесса спекания. Виды спекания. Механизм твердофазового спекания, спекания с участием жидкой фазы и других видов спекания. Градиент концентрации вакансий в твердом пористом теле и его влияние на твердофазовое спека­ние. Процесс каолесценции пор. Кинетика процесса спекания. Факторы, влияющие на скорость спекания и значение этого процесса для технологии силикатов.

Процесс рекристаллизации. Сущность, признаки и движущая сила про­цесса рекристаллизации. Первичная и вторичная рекристаллизации. Факто­ры, влияющие на процесс рекристаллизации и значение этого процесса в технологии силикатов.

1.2. Основы физико-механических процессов технологии

1.2.1. Основы процессов измельчения

Классификация процессов измельчения: отличительные признаки дроб­ления и помола; классификация по тонине продуктов измельчения; основ­ные виды механических воздействий, вызывающих измельчение хрупких тел и их реализация в основных видах оборудования для дробления и помола.

Зерновой состав измельченных и природных порошков материалов; различные способы его изображения - табличные, графические, аналити­ческие. Обобщенные характеристики зернового состава: удельная поверх­ность, среднеповерхностный, среднеобъемный, среднемедианный размеры частиц; коэффициент полидисперсности.

Важнейшие энергетические закономерности процессов тонкого измель­чения: объемная, поверхностаня и обобщенная теории; их место и значе­ние в реальных промышленных процессах.

Кинетические закономерности процессов тонкого измельчения: зави­симость выхода верхнего класса от времени измельчения; зависимость удельной поверхности от времени измельчения.

Понятие "размоолоспособность" материалов - его связь с проч­ностью, твердостью, хрупкостью.

Физико-химические методы интенсификации процессов тонкого измель­чения: влияние среды измельчения (сухой и мокрый помолы); влияние по­верхностно-активных добавок и механизм их воздействия.

1.2.2. Основы процессов смешивания

Области применения характерных процессов смешивания материалов: смешивание в виде порошков; в виде суспензий; в сочетании с помолом; при увлажнении и введении связующих добавок.

Важнейшие критерии качества смешивания: поверхность раздела сме­шиваемых материалов и статистически определяемая однородность распре­деления компонентов в смеси.

Характеристика кинетики смешивания как временной зависимости по­верхности раздела компонентов. Характеристика кинетики смешивания и оценка работы смесителей по изменению во времени коэффициента изменчи­вости состава масс.

1.2.3. Основы процессов формования для гетерогенных и гомогенных формовочных систем. Их связь с реологическими свойствами системы.

Общие сведения о процессах формования и области использования ос­новных методов для формования изделий и брикетов из дисперсных формо­вочных масс. Статическое и изостатическое прессование порошковых масс, важнейшие закономерности их уплотнения при прессовании; напрерывная прокатка порошковых масс и их брикетирование на валках; формование масс в пластическом, пастообразном состоянии (протяжка); литье и филь­трация, как методы формования из суспензий жидкой дисперсной среды; процессы формования с применением вибрации (вибропрессование, виброук­ладка, вибролитье).

Методы гранулирования.

Методы формирования изделий из расплавов, основанные на повышении их вязкости при охлаждении (вытягивание, выдувание, прокатка, прессо­вание) и на отливке жидкотекучих расплавов в формы, с кристаллизацией при охлаждении.

Основные сведения о реологических свойствах формовочных систем. Ньютоновская вязкость истинных жидкостей. Реологическое поведение структурированных систем (суспензий, паст). Предельное напряжение сдвига - статическое (пластическая прочность) и динамическое. Эффек­тивная вязкость и ее зависимость от приложенных напряжений. Тиксотроп­ное и дилатантное поведение систем. Пластическая вязкость.

Упругие, эластические (замедленно-упругие), пластические деформа­ции и явления релаксации в пластических формовочных системах.

Важнейшие методы, применяемые для регулирования реологических и технологических свойств дисперсных формовочных систем: введение плас­тифицирующих и клеющих добавок, поверхностно-активных веществ, элект­ролитов, регулирование РН; физико-механические методы воздействия на системы.

Важнейшие методы управления процессами формования, связанные с затвердеванием расплавов при охлаждении; влияние теплофизических фак­торов.

**2. СТРОЕНИЕ И СВОЙСТВА СИЛИКАТНЫХ МАТЕРИАЛО**В

2.1. Фазовый состав и строение силикатных материалов

2.1.1. Кристаллическое и стеклообразное состояние вещества и важнейшие признаки их строения

Кристаллические вещества и особенности их строения. Периодичность расположения частиц, дальний порядок, анизотропия строения. Типы хими­ческой связи в кристаллических веществах. Основные типы кристалличес­ких решеток. Ионные радиусы, координационные числа и типы пространс­твенной упаковки.

Особенности структуры кристаллических силикатов и их структурная классификация.

Дефекты кристаллической решетки в ионных кристаллах. Точечные де­фекты по Шоттки и Френкелю. Обмен местами различных ионов по узлам ре­шетки. Дислокация в кристаллах, их основные типы и количественные ха­рактеристики.

Электронные дефекты в кристаллах. Отклонения от стехиометрии, твердые растворы различного типа (замещения,внедрения,вычитания) в кристаллическом веществе. Явления изоморфизма в кристаллических сили­катах.

Стеклообразные вещества и их строение. Опрделение понятия стекло­образного состояния вещества. Современные представления о строении стекол. Наличие ближнего порядка в структуре стекла. Принцип координи­рованного расположения частиц. Степень связности структурного каркаса (сетки). Отсутствие дальнего порядка. Роль катионов в структуре стекла (катионы стеклообразователи и модификаторы). Конкретные примеры строе­ния силикатных стекол.

2.1.2. Фазовый состав и микроструктура силикатных материалов

Характерные типы фазового состава и микроструктуры: поликристал­лические материалы - одно и многофазные; преимущественно кристалличес­кие вещества, с присутствием стекловидной фазы, стекловидные вещества (в том числе с выделениями микрокристаллических частиц); двухфазные стекла, образовавшиеся при ликвации. Примеры указанных типов фазового состава и микроструктуры. Основные характеристики микроструктуры: раз­меры, форма, взаимное расположение и количественное соотношение участ­ков конденсированных фаз. Степень однородности участков отдельных фаз. Характер межфазовых и межкристаллических границ. Межфазовые напряжения и микротрещины.

2.1.3. Макроструктура и пористое строение силикатных материалов

Распределение газовой фазы (пор) и конденсированных фаз в макро­объемах материалов и изделий. Характерные примеры макронеоднородности структур: бетоны, растворы, огнеупоры зернистого строения, композици­онные и армированные материалы, высокопористые материалы (волокнистые, вспученные, с заданной высокой проницаемостью и т.д.).

Виды пор в материалах - открытые, закрытые, полузакрытые и их влияние на свойства. Структуры с непрерывным твердым каркасом и с неп­рерывной газовой фазой.

Размеры пор и распределение пор по размерам. Пронициаемость мате­риалов - ее зависимость от пористости и эффективных размеров пор. Дру­гие характеристики пористой структуры - ее анизотропия, удельная по­верхность. Некоторые условия формирования заданных пористых структур.

2.2. Физические основы методов исследования строения материалов и их информативные возможности

2.2.1. Методы исследования фазового состава и структуры материалов

Петрографический анализ, задачи, и возможности основных способов микроскопического исследования. Электронно - микроскопические исследо­вание. Просвечивающая микроскопия, метод реплик, сканирующая электрон­ная микроскопия, их разрещающая спосбность и области применения.

Рентгенофазовый анализ. Основы метода. Качественный фазовый ана­лиз. Методы количественного анализа, их сопоставление. Чувствитель­ность и точность методов.

Рентгеноструктурный анализ материалов. Применение метода для оп­ределения параметров элементарной ячейки кристаллов; выявление тексту­ры; определение микронапряжений в кристаллах; исследования твердых растворов и т.д.

Локальный рентгеноспектральный анализ материалов. Основы метода. Разрешающая спосбность электронного зонда. Методы приготовления образ­цов. Исследования распределения элементов в материале: кривые распре­деления интенсивности характеристических рентгеновских лучей; сканиро­вание поверхности.

2.2.2. Методы исследования ближнего порядка и химической связи в материалах: ИК - спектроскопия, спектры комбинационного рассеивания, ЯМР, ЭПР, ядерный гамма-резонанс (мессбауэровская спектроскопия)

Основы методов. Характеристика спектров. Области применения при исследовании силикатных материалов: определение координационных чисел ионов, типов связи, валентного состояния атомов и др.

Основные сведения о принципах и возможностях методов рентгенос­пектрального, рентгеноэмиссионного и рентгенофлуоресцентного анализов материалов.

2.2.3. Методы физико-химического анализа фазовых превращений и химических процессов

Дифференциальный термический анализ. Основы метода. Термограммы, где рашифровка и интерпретация. Термогравиметрия. Калориметрия. Основы метода. Области применения.

2.2.4.Методы исследования порошков и поровой структуры материалов

Дисперсионный анализ: методы адсорбции, воздухопроницаемости, се­диментационный анализ. Методы ртутной порометрии.

2.3. Теоретические основы свойств материалов

2.3.1. Механические и упругие свойства, виды деформации

Теоретическая и реальная прочность хрупких материалов. Хрупкое разрушение материалов. Скорость образования и рост микротрещин. Теории прочности. Теория Грифитса. статические представления о прочности. Влияние на прочность различных физико-химических факторов:среды, тем­пературы, поверхностно - активных добавок. Влияние микроструктуры. Особенности рузрушения многофазных и порошковых материалов. Роль внут­ренних макро-и микронапряжений.

Способы упрочнения материалов. Влияние длительных статистических и динамических нагрузок на прочность материалов. Явление ползучести и его закономерность. Различные виды прочности: при изгибе, сжатии, рас­тяжении; работа разрушения; микротвердость. Методы определения механи­ческих свойств материалов и их особенности.

Упругие свойства материалов. Закон Гука. Модуль упругости. Модуль сдвига, коэффициент Пуассона. Влияние химического, фазового состава и структуры. Упругое последствие. Внутреннее трение и механические поте­ри. Процессы механической релаксации в материалах. Методы определения упругих свойств материалов.

2.3.2. Теплофизические свойства

Термическое раширение материалов, его природа, коэффициент тепло­вого расширения, его зависимость от химического и фазового состава ма­териалов. Влияние полиморфных превращений. Особенности кривой расшире­ния стекол.

Теплоемкость и теплопроводность материалов, их зависимость от хи­мического, фазового состава и структуры. Влияние температуры. Термос­тойкость материалов. Факторы, определяющие термостойкость.

Методы определения теплофизических свойств материалов.

2.3.3. Электрические свойства

Электропроводность (объемная и поверхностная) материалов. Виды проводимости.

Диэлектрические потери. Виды потерь.

Диэлектрическая пронициаемость. Природа проницаемости. Виды поля­ризации. Электрическая прочность. Процессы, происходящие при пробое материалов. Зависимость электрических свойств от частоты и температу­ры. Влияние химического, фазового состава и микроструктуры. Роль де­фектов. Методы измерения электрических свойств материалов.

**3. ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ НЕКОТОРЫХ ВАЖНЕЙШИХ**

**ГРУПП СИЛИКАТНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Этот раздел программы включает сведения об исходном сырье, техно­логических схемах, последовательности процессов, основных видах про­дукции и характере требований к ним по некоторым важнейшим видам про­изводств.

3.1. Сырьевые материалы силикатной технологии. Природные сырьевые материалы

Кремнеземистое сырье: кварцевый песок, песчаники, кварциты, тре­пел, диатомит, опока, пуццоланы, маршаллит, вулканический пепел. Гли­нистое сырье: глины, каолины, бентонит. Карбонатное сырье: известняк, мел, доломит, магнезит, глино-известковый материал - мергель. Сульфат­ное сырье: гипс, ангидрид, мирабилит, тенардит. Глиноземистое сырье: бокситы. Щелочное сырье: полевые шпаты, плагиоклазы, пегматиты, нефе­линовые сиениты. Магнезиально-кремнеземистое сырье: серпентин, тальк, асбест.

Продукты химических производств:

Сода, поташ, технический глинозем, оксиды магния, бериллия, цир­кония, свинца, титана.

Отходы промышленности. Металлургические шлаки, нефелиновый шлам, золы, фосфогипс, пирит­ные огарки.

3.2. Технология стекла и ситаллов

Производство листового стекла. Производство кварцевого стекла. Производство стеклянного волокна. Производство ситаллов.

3.3. Технология вяжущих материалов

Производство портландцемента. Производство гипсовых вяжущих. Про­изводство строительной воздушной извести. Производство изделий из вя­жущих.

3.4. Технология керамики и огнеупоров

Производство грубой строительной керамики. Фарфорофаянсовое производство. Производство технической керамики на основе чистых оксидов. Производство алюмосиликатных огнеупоров.

**РЕГИОНАЛЬНАЯ И УНИВЕРСИТЕТСКАЯ КОМПОНЕНТЫ**

**Введение.**

Специальность 05.17.11 - технология керамических, силикатных и тугоплавких неметаллических материалов охватывает вопросы физической химии и технологии всех видов керамики, стекла, ситаллов и вяжущих ма­териалов, а также композиционных материалов с использованием природных силикатов и искусственных тугоплавких неметаллических материалов.

Отражение научных и практических вопросов специальности 05.17.11 применительно к сибирскому региону, учитывая развитие научных школ Томского политехнического университета, связано с углубленными знаниями особенностей природного и техногенного силикатного сырья ре­гионов Сибири, технологическими особенностями использования региональ­ного сырья и особенностями физико-химических процессов взаимодействия компонентов при получении материалов и изделий из данного сырья. Соис­катель должен иметь представление об особенностях процессов при воз­действии как на отдельные силикаты и оксиды, так и на многокомпонент­ные смеси плазмы, мощных электронных и лазерных пучков, сильных элект­ронных полей, высоковольтного разряда в импульсных и стационарных ре­жимах. Кроме того, соискатель должен обладать знаниями общих философс­ких концепций применительно к науке о силикатах и тугоплавких неметал­лических материалах, он должен иметь широкий научный кругозор в облас­ти химии, технологии и материаловедения керамики, стекла, ситаллов и других силикатных и тугоплавких неметаллических материалов.

1. Общие вопросы

История развития физической химии и технологии силикатных и ту­гоплавких неметаллических материалов, включая керамику, стекло, ситал­лы, тугоплавкие покрытия, вяжущие и композиционные материалы.

Распространение силикатов и оксидов в земной коре, перспективы развития технологии керамических и др. тугоплавких неметаллических ма­териалов. Требования практики к вопросам теории в области химии, тех­нологии и материаловедения керамических, силикатных тугоплавких неме­таллических материалов.

Классификация видов керамики, стекол, стекломатериалов, покрытий, вяжущих материалов и композиционных материалов.

Специальные технологии получения материалов и изделий на основе силикатов, оксидов бескислородных неметаллических соединений с исполь­зованием плазмы, электронных и лазерных пучков, электромагнитных полей в импульсных и стационарных режимах. Изменение и активация природного и техногенного силикатного и оксидного сырья под действием высоковоль­тного импульсного разряда, в пневмоимпульсных аппаратах, в планетарных шаровых мельницах.

Физико-химические процессы разрушения природных силикатных и дру­гих неметаллорудных пород под действием высоковольтного импульсного разряда.

Неравновесные физико-химические процессы в силикатах и оксидах под действием низко-температурной плазмы. Процессы при нанесении сили­катных и оксидных покрытий с помощью плазмы.

Технология получения материалов с использованием высокодисперсных оксидов, полученных плазмохимическим методом. Особенности подготовки формовочных масс из высокодисперсных порошков оксидов. Особенности фи­зико-химических процессов синтеза и спекания керамических материалов с использованием добавок высокодисперсных энергонасыщенных порошков ок­сидов и металлов, получаемых взрывом проволоки в соответствующих сре­дах под действием высоких напряжений. Золь-гель технология получения дисперсных порошков оксидов, стекол и тонких покрытий.

2. Основы технологии переработки природного и техногенного силикатного сырья регионов Сибири

2.1. Обзор запасов разведанного, используемого, находящегося в от­валах горнообогатительных комбинатов, обогатительных предприятий сили­катного сырья и силикатных и оксидных техногенных отходов регионов Си­бири (Западная сибирь, Красноярский край, Иркутская область, Забай­калье, Амурская область).

2.2. Характеристика кварцесодержащего и кременеземистого природ­ного и техногенного сырья по химическому, минеральному составам и структуре. Особенности взаимодействия с другими видами силикатного сырья. Области применения.

2.3. Цеолитсодержащие породы Сибири, особенности минерального и химического составов, области использования. Возможности применения некондиционных цеолитсодержащих пород в технологии силикатных материа­лов.

2.4. Глинистое сырье регионов Сибири, особенности минерального и химического состава,

- тугоплавкие и огнеупорные глины;

- Сухарные каолинитовые глины Иркутской области (специфические особенности);

- легкоплавкие и аргиллитовые глины.

Определение вещественного состава глин с использованием методик рацио­нального химического анализа.

2.5. Непластичное щелочесодержащее сырье.

2.5.1.Полевые шпаты, нефелиновые сиениты, кварцполевошпатовые отходы горнообогатительных комбинатов. Поведение полевых шпатов при обжиге. Исполльзование полевых шпатов в составах шихт керамических ма­териалов.

2.5.2. Слюды. Характеристика слюд сибирских месторождений, специ­фика переработки и использования слюд при изготовлении слюдосодержащих материалов: слюдокерамики, слюдобумаги, слюдопластов, миконитов, мико­лексов и др.

2.5.3. Перлиты. Характеристика пород. Использование перлитов в качестве плавней.

2.6. Непластичное силикатное сырье, содержащее оксиды щелочнозе­мельных элементов. Тальковые породы, серпентиниты, оливины волластони­ты, диопсидиты, тремолиты и др. Особенности минерального и химического составов и структуры пород, области использования в силикатных техно­логиях.

2.7. Вспучивающиеся породы. Вермикулиты, перлиты, глинистые слан­цы. Физико-химические процессы вспучивания породд при термической об­работке.

2.8. Другие виды силикатных пород. Базальты, диабазы, граниты и т.д., их использование в силикатных технологиях.

2.9. Карбонатные гидроксидные породы. Известняки, мрамор, доломи­ты, магнезиты, брисситы. Их использование в силикатных технологиях.

2.10. Техногенные отходы регионов Сибири. Отходы угледобычи Куз­басса и Черемховского угольного бассейна, горелые породы терриконников Кузбасса, металлургические шлаки, золы сжигания каменных углей. Высо­кокальцивые золы сжигания бурых углей Канско-Ачинского бассейна, пи­ритные огарки металлургических и олеумных производств, нефелиновые шламы глиноземных производств и золотодобычи.

**3. ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ ВЯЖУЩИХ МАТЕРИАЛОВ**

3.1. Физико-химические основы технологии вяжущих веществ.

Характеристики портландцеметного клинкера, их взаимосвязь. Мине­ралогический состав клинкера, полиморфизм минералов, их свойства. Сырьевые материалы для производства цемента, приготовление сырьевых смесей. Сухой и мокрый способы производства цемента. Теоретические ос­новы процесса обжига сырьевой смеси. Реакции в твердом состоянии. Про­цессы, протекающие при обжиге сырьевой смеси с участием жидкой фазы. Влияние технологических параметров процесса обжига на структуру и свойства клинкера. Влияние микропримесей на процессы минералообразова­ния. Новые способы обжига сырьевой смеси. Измельчение клинкера. Тон­кость помола и гранулометрический состав цемента. Интенсификация помо­ла цемента поверхностноактивными веществами. Тонкомолотые цементы. Вя­жущие с низкой водопотребностью.

3.2. Гидратация и твердение цементов.

Основные стадии процессов гидратации и твердения цементов. Размер и форма кристаллогидратов, образование геля. Состав и своойства про­дуктов гидратации. Заполнение межзернового пространства продуктами гидратации, связывание воды. Образование кристаллического и гелекрис­таллического каркаса в цементном камне. Влияние на синтез прочности цементного камня состава, дисперсности цементов, количества и состава водного раствора, электролитов и гидравлических добавок. Физическая структура затвердевшего цементного камня, методы исследования структу­ры цементного камня. Физико-химические методы управления структурой и свойствами цементного камня. Упрочнение и защита бетонов от коррозии.

3.3. Технологические основы получения новых вяжущих материалов.

Основные подходы при синтезе безклинкерных вяжущих веществ. Тео­ретические основы и предпосылки получения вяжущих из различных элемен­тов периодической системы и их оксидов. Вяжущие кислотно-основного твердения. Вяжущие вещества с щелочным и кислотным затвердением. Тех­нические свойства вяжущих композиций различного назначения. Жаропроч­ные композиционные материалы. Кислотно-и щелочестойкие вяжущие, про­цессы гидратации, свойства и области применения. Вяжущие на основе растворимых силикатов щелочных металлов. Синтез гидросиликатов кальция с использованием растворимых силикатов щелочных металлов. Применение гидросиликатов кальция для создания композиционных строительных мате­риалов и продуктов технического назначения. Нерганические клеи.

3.4. Комплексное использование нерудных материалов и отходов промышленности

Химическая технология и отходы предприятий различных отраслей. Комплексное использование сырья и полупродуктов, разработка безотход­ных технологий производства вяжущих материалов и изделий на их основе. Использование нерудных отходов в качестве активных минеральных добавок и для регулирования некоторых свойств цементных композиций. Магнези­альные вяжущие вещества и изделия на их основе. Использование фторо- и фосфогипса в технологии строительных материалов. Производство органо­минеральных теплоизоляционных и конструкционных материалов.

**4. ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ СТЕКЛА И СИТАЛЛОВ**

4.1. Физико-химические основы стекловарения

Классификация сырьевых материалов. Химический, зерновой и минера­логический составы. Нетрадиционные сырьевые материалы. Использование отходов промышленности, строительства, продуктов переработки.

Подготовка стекольной шихты. Методы предварительной обработки шихты. Оптимизация процессов.

Теория и практика стекловарения. Процессы силикатообразования, стеклообразования, осветления и гомогенизации.

Факторы, влияющие на кинетику процессов стеклообразования.

Пути интенсификации стекловарения.

Управление процессами стекловарения и его контроль. Применение эффективных печестроительных и теплоизоляционных материалов.

Пороки стекломассы. Классификация пороков стекла. Диагностика по­роков.

Способы улучшения качества стекломассы. Экология стекольного про­изводства.

"Золь-гель" технология силикатных стекол. Технико-экономическая оценка. Применение.

4.2. Строение и свойства оксидных стекол.

Классификация стекол по составу. Кристаллохимическое описание строения сикатных стекол. Методы исследования структуры стекол. Управ­ление свойствами стекол. Взаимосвязь "состав-строение-свойства" в си­ликатных стеклах. Синтез стекол с заданными свойствами. Методы опреде­ления свойств.

4.3. Технология строительного стекла

Классификация строительного стекла по областям применения и спо­собу выработки. Составы и свойства строительных (архитектурных) сте­кол. Сырьевые матариалы. Проблема приготовления и предварительная об­работка стекольной шихты, расширение сырьевой базы. Варка стекол в промышленных печах, современные способы выработки. Дополнительная об­работка стекол.

Технические мероприятия, напрвленные на повышение качества сте­кольной продукции. Совершенствование огнеприпаса.

4.4. Технология технического стекла

Классификация технических стекол по составу и областям примене­ния.

Кварцевое стекло. Оптическое стекло. Электровакуумное стекло. Бе­зопасное стекло. Стекла специального назначения и свойства технических стекол, оптимизация составов. Требования, предъявляемые к сырьевым ма­териалам. Особенности подготовки стекольных шихт. Практика стекловаре­ния технических стекол. Совершенствование конструкций стекловаренных печей. Основы формования и отжига стеклоизделий. Современные способы термической и механической обработки изделий из технического стекла. Проблема качества и химической однородности.

Повышение эффективности технологических процессов.

Утилизация твердых отходов производства. Очистка дымовых газов стекловаренных печей и сточных вод.

4.5. Технология стеклянной тары и сортового стекла

Стеклянная тара: назначение и классификация. Составы и специфи­ческие свойства.

Сырьевая база. Использование местного сырья, отходов химической, металлургической, горнодобывающей промышленности. Составление и подго­товка стекольных шихт. Организация процесса стекловарения в печах различной конструкции. Способы формования и отжиг стеклоизделий. Упрочнение стеклянной тары. Повышение качества. Оценка качества продукции. Ситемы автоматического контроля.

Сортовое стекло. Классификация. Составы и свойства стекол. Разра­ботка стекол с улучшенными свойствами. Сырьевые материалы: требования, подготовка. Рациональные способы подготовки шихт. Варка и выработка стекломассы.

Основная и дополнительная обработка стеклоизделий. Современные способы декорирования изделий.

Снижение вредного воздействия производства на окружающую среду. Улучшение условий труда.

4.6. Ситаллы

Процесс кристаллизации стекла. Его закономерности и методы иссле­дования.

Гомогенная кристаллизации. Гетерогенная кристаллизации. Классификация ситаллов по назначению, свойствам, химическому и

фазовому составам.

Составы ситаллов. Сырьевые материалы.

Особенности вароки стекла. Методы формования.

Режимы кристаллизации.

Порошковая технология изготовления ситаллов. Технические ситаллы. Шлакоситаллы. Петроситаллы. Каменное литье.

Проектирование ситаллов с заданными свойствами.

4.7. Эмали, покрытия, стеклоприпои

Эмали. Физико-химические основы эмалирования. Составы и свойства эмалей. Технология эмалирования.

Покрытия и стеклоприпои. Физико-химические основы смачивания и растекания. Адгезия стекол. Технология формирования покрытий и спаев.

5. Основы технологии керамики и огнеупоров

5.1. Технология строительной керамики

Виды, классификация и свойства грубой строительной керамики. Сырьевые материалы. Технологические схемы получения керамического кир­пича пластичным способом, полусухим прессованием. Технологический контроль, причины и выды брака, способы его устранения. Физико-хими­ческие процессы и фазообразование при обжиге глиносодержащих масс.

Тонкая строительная керамика. Виды и свойства керамических пли­ток. Характерные составы масс. Производство плиток по шликерному спос­бу с использованием распылительных сушилок. Сушка и обжиг плиток на конвейерных поточных линиях. Глазурование. Виды глазурей, влияние хи­мического состава на их свойства. Нетрадиционные сырьевые материалы и технологии в производстве плиток. Санитарно-строительная керамика. Прессовый и беспрессовый способы подготовки литейных шликеров. Основ­ные требования, предъявляемые к глиносодержащим литейным шликерам. Ме­тоды стабилизации и разжижения глиносодержащих суспензий.

Особенности литья, сушки и обжига толстостенных и тонкокерамичес­ких изделий. Пути интенсификации процесса литья.

Керамические пористые заполнители - керамзит, аглопорит. Техноло­гические схемы получения. Особенности образования пористой структуры.

5.2. Технология фарфоро-фаянсовых изделий

Сырьевые материалы. Способы подготовки тонкокерамических масс. Методы удаления избыточной влаги при подготовке масс для пластического формования и полусухого прессования. Методы расчета керамических масс. Способы формования - литье, пластическое формование, прессование, изостатическое прессование. Гипсовые формы и предъявляемые к ним тре­бования.

Назначение глазурей и методы их расчета. Способы нанесения глазу­рей. Свойства глазурей в расплавленном и застывшем состоянии. Согласо­вание глазури и керамики. Дефекты глазури и их предупреждение. Роль отдельных оксидов в составе глазури.

Общие сведения о керамических пигментах и красителях. Подглазур­ные и надглазурные краски. Люстры. Флюсы.Методы декорирования. Обжиг декорированных изделий.

Особенности обжига фарфоровых и фаянсовых изделий. Одно - и двухкратный обжиг. Роль температурно-газового режима. Физико-химичес­кие процессы при обжиге. Разлив глазури. Фазовый состав черенка. Де­фекты отжига и их предупреждение. Огнеприпас обжига.

5.3.Техническая керамика

Общие и специальные требования, предъявляемые к материалам техни­ческой керамики. Подготовка материалов. Предварительная термообработка и ее назначение для разных оксидов. Синтез бинарных и более сложных соединений. Специфические методы изготовления изделий технической ке­рамики.

Керамика на основе индивидуальных огнеупорных оксидов. Физические и химические свойства оксидов. Полиморфизм некоторых оксидов и их зна­чение для технологии. Пути регулирования фазового состава, процессов спекания, структуры и свойств керамики. Механические, электрофизичес­кие и термические свойства изделий из оксидов.

Высококремнеземистая керамика. Керамика на основе магнезиальных и некоторых других силикатов. Сырьевые материалы. Химический, фазовый состав, технология производства, свойства и области применения керами­ки из некоторых биновых масс.

5.4. Огнеупорные материалы

Алюмосиликатные огнеупоры - шамотные, многошамотные, высокоглино­земистые, муллитовые, корундовые. Минералогический и химический сос­тав применяемого сырья. Оценка качества сырьевых материалов по их свойствам. Влияние зернового состава на технологию и качество огнеупоров.

**Основная литература**

1. Куколев Г.Б. Химия кремния и физическая химия силикатов.- М. :Высшая школа, 1966.
2. Горшков В.С., Савельев В.Г., Федоров А.Ф. Физическая химия силикатов и других тугоплавких соединений. - М. :Высшая школа, 1988, 400 с.
3. Павлов П.Б., Хохлов А.Ф. Физика твердого тела. -М. :Высшая школа, 1965, 384 с.
4. Бобкова Н.М. Физическая химия силикатов и тугоплавких соединений. -Минск: Вышейшая школа, 1984, 256 с.
5. Физическая химия силикатов, под ред. Пащенко А.А. -М.:Высшая школа, 1986, 368 с.
6. Бабушкин В.И., Матвеев Г.М., Мчедлов-Петросян О.П. Термодинамика силикатов. М.:Стройиздат, 1986.
7. Шаскольская М.П. Кристаллография: Учеб. для втузов. М.: Высш.шк., 1976.
8. Филатов С.К. Высокотемпературная кристаллохимия. Теория, методы и результаты исследований. Л.: Недра, 1990.
9. Ковтуненко П.В. Физическая химия твердого тела. Кристаллы с дефектами. М.: Высш. шк., 1993.
10. Урьев Н.Б. Физико-химические основы технологии дисперсных систем и материалов. М.: Химия, 1988.

**Дополнительная литература**

1. Будников П.П. и др. Реакции в смесях твердых веществ. -М. Промстройиздат, 1965.
2. Бабушкин В.И., Мчедлов-Петросян О.П. Термодинамика силикатов. Госстройиздат, 1972.
3. Бокий Г.Б. Кристаллохимия.- М.: Наука, 1971, 400с.
4. Торопов Н.А., Барзаковский В.П., Лапин В.В., Курцева Н.Н. Диаграммы состояния силикатных систем. Двойные системы.- Л.:Наука, 1969, 721с.
5. Торопов Н.А., Барзаковский В.П., Лапин В.В., Курцева Н.Н., Войкова А.У. Диаграммы состояния силикатных систем. Тройные системы. Л.: Наука, 1972, 447с.
6. Стрелов К.К., Иванова А.В. Кристаллохимия силикатов и тугоплавких оксидов. Методич. пособие.- Свердловск, УПИ, 1984, 88с.
7. Стрелов К.К., Булер П.И. Силикаты и тугоплавкие оксиды в жидком и стеклообразном состояни. Методич.пособие, УПИ, Свердловск, 1987,80с.
8. Бережной А.С. Многокомпонентные системы окислов, Изд- во "Наукова думка", Киев, 1970.
9. Куколев Г.В., Пивень И.Я. Задачник по химии кремния и физической химии силикатов. -М.: Высшая школа, 1971.
10. Бобкова Н.М. и др. Сборник задач по физической химии тугоплавких соединений.
11. Эйтель В. Физическая химия силикатов. -М. : Изд-во Иностранной лит-ры,1962, 1055с.
12. Стеркаловский В.Н., Полежаев Ю.М., Пальгуев С.Ф. Осксиды с примесной разупорядоченностью. Состав, структура, фазовые превращения. М.: Наука, 1987.
13. Будников П.П., Гистлинг А.М. Реакции в смесях твердых веществ. М.: Стройиздат, 1971.
14. Третьяков Ю.Д. Твердофазные реакции. М.: Химия, 1978.
15. Диаграммы состояния силикатных систем: Справочник/ Ред. Н.А. Торопов, В.П. Барзаковский. Вып. 1-4. М.-Л.: Наука, 1965.
16. Диаграммы состояния систем тугоплавких оксидов.: Справочник. Вып. 5,6/Ред. Ф.Я. Галахов, Р.Г. Гребенщиков. Л.: Наука, 1965-1997.
17. Синергетика и фракталы в материаловедении/ В.С. Иванова, А.С. Баланкин, И.Ж. Бунин и др. М.: Наука, 1994.
18. Августинник А.И. Керамика. Л.: Стройиздат, 1975.
19. Тейлор Х. Химия цемента. М.: Мир, 1996.
20. Корнеев В.И., Данилов В.В. Жидкое и растворимое стекло. СПб.: Стройиздат, 1996.
21. Бобкова Н.М., Дятлова Е.М., Куницкая Т.С. Общая технология силикатов.- Минск: Высшая школа, 1987.
22. Пащенко А.А. Общая технология силикатов.- Киев: Вища школа, 1983.
23. Химическая технология стекла и ситаллов/Под редакцией Павлушкина Н.М. М.: Стройиздат, 1983.
24. Химическая технология керамики и огнеупоров / Под ред. Будникова П.П., Полубояринова Д.Н. М.: Стройиздат, 1972.
25. Бутт Ю.М., Сычев М.М., Тимашев В.В. Химическая технология вяжущих материалов. М.: Высшая школа, 1980.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Программа подготовки научно-педагогических и научных кадров составлена на основе программы кандидатского экзамена по специальности 05.17.11, утвержденной приказом Минобразования России от 17 февраля 2004 года.

Дополнительная программа утверждена Ученым советом ИФВТ, протокол № \_\_\_\_ от \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2014 г.

Составитель:

Руководитель программы аспирантской подготовки \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_Верещагин В.И.