

**ДНМ.В.1.2 МОДЕЛИРОВАНИЕ МАТЕРИАЛОВ СИЛИКАТНЫХ И  
ОКСИДНЫХ СИСТЕМ**

**Рабочая программа  
по магистерской программе 240131 (550831) «Химическая технология  
тугоплавких неметаллических и силикатных материалов»**

Факультет Химико-технологический – ХТФ

Обеспечивающая кафедра – технологии силикатов и наноматериалов ХТФ

Курс пятый

Семестр **10**

Учебный план набора **2008 г.**

Распределение учебного времени

<b>Лекции</b>	<b>36 часов (ауд.)</b>
Практические (семинарские) занятия	-
Лабораторные занятия	<b>18 часов</b>
<b>Всего аудиторных занятий</b>	<b>54 часов</b>
Самостоятельная (внеаудиторная) работа	<b>90 часов</b>
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>144 часа</b>
<b>Зачет</b>	<b>10 семестр</b>

## ПРЕДИСЛОВИЕ

1. Рабочая программа составлена на основе Образовательного стандарта высшего профессионального образования Томского политехнического университета по направлению 240100 «Химическая технология и биотехнология», магистерской программе 240131 (550831) «Химическая технология тугоплавких неметаллических и силикатных материалов».

РАССМОТРЕНА И ОДОБРЕНА на заседании кафедры технологии силикатов и наноматериалов «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2008 г. протокол № \_\_\_

2. Разработчик:  
профессор кафедры технологии силикатов и наноматериалов

\_\_\_\_\_ В.И. Верещагин

3. Зав. обеспечивающей кафедрой ТСН

\_\_\_\_\_ В.И. Верещагин

4. Рабочая программа СОГЛАСОВАНА с факультетом, выпускающими кафедрами специальности; СООТВЕТСТВУЕТ действующему плану.

Зав. выпускающей кафедрой ТСН

\_\_\_\_\_ В.И. Верещагин

УДК 666.638

### **Ключевые слова:**

Кристаллы, фазы, стеклофаза, бинарный порядок, дальний порядок, прочность, твердость, диэлектрическая проницаемость, электропроводность, электрическая прочность, химическая стойкость, теплопроводность, термическая стойкость, уровни структуры, структурные свойства,

моделирование, фазовый состав, химический состав, диаграммы состояния, аддитивность свойств, прогнозирование свойств.

Дисциплины «Моделирование материалов силикатных и оксидных систем» относится к дисциплинам направления магистерской подготовки.

Изучение данной дисциплины проходит на базе знаний, полученных студентами и в процессе освоения дисциплин гуманитарного и социально-экономического цикла, естественнонаучного и общепрофессионального и ряда дисциплин специального циклов. Содержание дисциплины согласовано с материалами других дисциплин, таких как «Общая и неорганическая химия», «Физическая химия», «Математика», «Минералогия и кристаллография», «Физика», «Физическая химия тугоплавких неметаллических и силикатных материалов», а также на базе знаний полученных при освоении дисциплин магистерской программы: «Специальные главы физической химии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов».

## АННОТАЦИЯ

### **Моделирование материалов силикатных и оксидных систем**

240131 (550831) (м)

кафедра технологии силикатов ХТФ

профессор, д.т.н. Верещагин Владимир Иванович

тел. (3822) 563169, E-mail: vver@tpu.ru

Рабочая программа дисциплины «Моделирование материалов силикатных и оксидных систем» определяет ее объем, содержание, порядок изучения и преподавания, а также способы контроля результатов усвоения теоретических, инженерных и методологических вопросов моделирования силикатных и оксидных материалов.

**Содержание:** классификация силикатных и оксидных материалов по назначению, составам и технологии; задачи моделирования материалов; основные принципы моделирования, схемы моделирования: моделирование по заданным функциональным свойствам, моделирование по заданному виду основной фазы материала, моделирование по заданному химическому составу и граничным параметрам технологии. Моделирование микро и макроструктуры материалов, определение фазового состава сырья по химическому составу. Разработка моделей для прогнозирования достижимых свойств материалов по химическому составу и технологическим свойствам сырья.

# 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ «МОДЕЛИРОВАНИЕ МАТЕРИАЛОВ СИЛИКАТНЫХ И ОКСИДНЫХ СИСТЕМ»

*Целью изучения дисциплины «Моделирование материалов силикатных и оксидных систем» является подготовка магистров к выполнению задач практического моделирования при разработке новых оксидных и силикатных материалов и улучшения функциональных свойств используемых материалов.*

*Основной задачей дисциплины является получение научных знаний, определяющих пути, способы моделирования силикатных и оксидных материалов для решения задач создания новых материалов с необходимыми функциональными свойствами, улучшения свойств используемых материалов, прогнозирования свойств материалов по исходным данным используемого сырья.*

**Цели преподавания** дисциплины «Моделирование материалов силикатных и оксидных систем» предполагают формирование представлений, знаний и умений, которыми должен овладеть магистр, представленных в квалификационных требованиях.

После окончания изучения курса «Моделирование материалов силикатных и оксидных систем»

## **Магистр должен знать:**

- физико-химические основы моделирования силикатных и оксидных материалов для достижения требуемых функциональных свойств и условий технологии;
- основные факторы влияния на свойства монофазных и полифазных силикатных и оксидных материалов;
- основные схемы моделирования материалов и их теоретическую основу;
- способы определения потенциальных свойств материалов определенных (конкретных) оксидных систем;
- способы оценки возможностей эффективного использования различных видов природного и техногенного оксидного (силикатного) сырья.

## **Магистр должен уметь:**

- использовать различные методы моделирования фазового состава и структуры силикатных и оксидных материалов в соответствии с поставленной целью;
- выбирать исходные данные для адекватного соответствия модели реальному материалу;
- осуществлять с достаточной вероятностью определение прогнозных характеристик материалов модельного состава с учетом состава и свойств сырья и различных вариантов технологии.

## **Магистр должен иметь опыт:**

- моделирования различных видов силикатных материалов, а именно: оксидной керамики и огнеупоров, алюмооксидных керамических и огнеупорных материалов, керамических материалов на основе щелочноземельных силикатов, шпинелей и других стеклокристаллических материалов, композиционных материалов на основе оксидных систем;
- моделирования композиций сочетающих покрытия и подложку из различных веществ;
- выбора схемы (алгоритма) моделирования в соответствии с поставленной задачей;
- осуществления поиска и экспериментального определения исходных характеристик для осуществления моделирования по принятой схеме.

### **Задачи изложения и изучения дисциплины**

*Изложение дисциплины направлено на совершенствование приемов познавательной деятельности магистра, развитие и формирование творческого подхода к решению профессиональных задач, развитие способностей поиска новых нестандартных решений.*

**Задачи изложения и изучения дисциплины** обеспечивают освоение магистрами теоретических, практических и методологических вопросов моделирования материалов силикатных и оксидных систем и реализуется в следующих формах деятельности:

- лекции – направлены на получение базовой информации и алгоритма действия в образовательном процессе;
- самостоятельная внеаудиторная работа – направлена на приобретение навыков самостоятельного приобретения знаний и реализуется выполнением индивидуального задания, содержащего теоретические и расчетные разделы. По заданию готовится презентация.
- консультации – нацелены на развитие навыков самостоятельной деятельности с использованием литературных источников и справочной литературы;
- текущий контроль за деятельностью студентов осуществляется в форме экспресс-опросов во время лекционных занятий;
- рубежный контроль предполагает выполнение разделов индивидуальных заданий;
- итоговый контроль – защита индивидуальных заданий в форме презентаций;
- контроль деятельности студентов производится в рамках рейтинговой системы, принятой в ТПУ и стимулирующей систематическую познавательную деятельность.

*Для достижения поставленных целей рабочей программой предусмотрен комплекс учебно-методических средств (лекции, учебники, практикумы, методические разработки к проведению лабораторных и*

практических занятий, индивидуальные и контрольные задания, методические разработки к самостоятельной работе магистров по отдельным темам), учебно-методическим и материально-техническим обеспечением учебного процесса кафедры технологии силикатов и наноматериалов и *организационных мероприятий*, обусловленных особенностями студенческой аудитории, учебно-методическим и материально-техническим обеспечением учебного процесса кафедры технологии силикатов.

## **2. СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО РАЗДЕЛА ДИСЦИПЛИНЫ - 36 часов**

Для активации самостоятельной работы студентов теоретический раздел включает 4 модуля.

### ***Модуль 1 : 8 часов***

*Цели и задачи курса, содержание.* Фундаментальные свойства и структурные факторы, определяющие свойства твердых тугоплавких неметаллических материалов. Основные свойства твердых материалов: механические, теплофизические, электрофизические, химические. Эксплуатационные характеристики силикатных тугоплавких неметаллических материалов: прочность, твердость, температура службы, теплопроводность, стойкость к термоударам (термостойкость), диэлектрические свойства, химическая стойкость к расплавам, растворам солей и кислот, к агрессивным газам, биосовместимость, токсичность и др.

Химическая связь в кристаллах, влияние природы химической связи на свойства твердых тел. Структура кристаллической решетки твердых тел, ближний порядок, дальний порядок.

Уровни структуры силикатных и тугоплавких неметаллических материалов: макроструктура, микроструктура, наноструктура, атомномолекулярная структура. Зависимость свойств от структуры различных уровней.

### ***Модуль 2 : 10 часов***

Физико-химическое моделирование силикатных, оксидных и других тугоплавких систем. Моделирование фазового состава материала по заданным функциональным свойствам. Выбор фазы, определяющей свойства материала. Выбор дополнительной фазы (фаз), обеспечивающей получение материала при заданных границах технологических параметров (температура, время и др.).

Расчет аддитивных свойств стекловидной фазы по аддитивным коэффициентам, расчет свойств материала по аддитивным коэффициентам фаз. Определение зависимостей свойств от соотношения фаз и состава стекловидной фазы. Выбор оптимальной области составов, расчет компонентного состава шихт по составу исходного сырья.

Моделирование состава материала по заданному фазовому составу с использованием диаграмм состояния силикатных систем. Определение химического состава материала по правилу рычага. Определение

температурного режима получения материала. Определение компонентного состава шихты по химическому составу рекомендуемых компонентов.

Примеры моделирования в системах  $\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{SiO}_2$ ;  $\text{Na}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ ;  $\text{MgO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ ;  $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ .

### ***Модуль 3 : 10 часов***

Моделирование макро- и микроструктуры силикатных и тугоплавких неметаллических материалов и композиций.

Определение граничных размеров фаз в полифазном материале по величине термических напряжений на границе раздела фаз.

Моделирование размера кристаллических фаз оксидных материалов с минерализующим стеклофазой модифицирующими добавками. Определение вида модифицирующей добавки в оксидных и силикатных материалах по физико-химическим характеристикам: разность электроотрицательности, величина единичной силы связи, относительная разность катиона основного и модифицирующего оксида.

Моделирование пористой макроструктуры теплоизоляционных материалов и способы достижения моделирование пористой структуры керамических фильтров и носителей катализаторов.

### ***Модуль 4 : 8 часов***

Прогнозирование свойств тугоплавких неметаллических и силикатных материалов по заданному фазовому составу с учетом состава и свойств сырья и технологии получения.

Определение минерального состава сырья по химическому составу и природе минералов.

Определение природы глинистых минералов и их количества по гранулометрическому составу глинистого сырья, результатам химического и термодинамических методов анализа.

Определение зависимости свойств керамики на основе легкоплавкого глинистого сырья по содержанию основных оксидов и технологическим характеристикам сырья. Подготовка исходных данных для компьютерной программы прогнозирования свойств строительной керамики.

## **3. СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОГО РАЗДЕЛА ДИСЦИПЛИНЫ – 18 ЧАСОВ**

Общий объем (аудиторных) лабораторных занятий по дисциплине составляет 18 часов.

Выполнение лабораторных работ способствует развитию навыков получения отдельных исходных параметров для проведения физико-химического моделирования материалов и получения на практике смоделированного материала и оценке на практике достигнутых основных функциональных свойств материала.

### **3.1. Содержание лабораторного практикума**

Содержание лабораторного практикума соответствует основным темам теоретического раздела (лекционного курса), в каждую из лабораторных работ введены элементы научных исследований, повышающие интерес магистров к дисциплине и их познавательную активность.

Перед лабораторной работой преподаватель обсуждает с магистрами основные вопросы темы и особенности выполнения работы (теоретический коллоквиум).

Каждый магистр оформляет отчет по лабораторной работе, включающий в себя цикл исследований по определенному разделу теоретического курса. В отчете приводятся цель работы, методика и ход выполнения, краткие теоретические положения, схемы и описание установок, таблицы экспериментальных данных, графические зависимости, расчетные формулы, вычисления и выводы по работе.

### **3.2. Перечень лабораторных работ – 18 часов**

Тема 1. «Подготовка шихт рассчитанных по химическому составу компонентов и фазовому составу смоделированного материала» – 4 часов.

Тема 2. «Изготовление материала по предпочтительной технологической схеме» – 6 часов.

Тема 3. «Определение фазового состава и характеристик определяющих применение материала» – 4 часа.

Тема 4. «Анализ адекватности модели материала с реальным материалом» – 4 часа.

Задание на выполнение лабораторной работы для каждого студента индивидуально и соответствует индивидуальному заданию самостоятельной работы.

## **4. ПРОГРАММА САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ ПОЗНАВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

*Организация самостоятельной познавательной деятельности студента способствует развитию творческого мышления и направлена на: закрепление, углубление и расширение знаний студентов в области физико-химической природы свойств кристаллических фаз тугоплавких неметаллических материалов, определяющих основные физико-технические характеристики изделий из них, влияния различных уровней структуры материала на его свойства; формирование, развитие и закрепление навыков выбора справочных исходных данных для физико-химического моделирования силикатных и тугоплавких неметаллических материалов, составление схемы и алгоритма моделирования; умение осуществлять*

физико-химическое моделирование материалов в соответствии с поставленной задачей; *приобретение опыта* моделирования материалов и конструирования функциональных покрытий и композиций материалов, прогнозирование свойств материалов по модельным фазовому составу и структуре материалов..

*Программой предусмотрены 90 часов* самостоятельной (внеаудиторной) познавательной деятельности студента по данной дисциплине.

*Самостоятельная (внеаудиторная)* работа студентов складывается из следующих видов деятельности:

- работа над лекционным материалом – **36/18 час.**
- выполнение индивидуального задания– *рубежный контроль* – **0/50** часов;
- подготовки к итоговому зачету и подготовка презентации – **0/22 час.**

**ПРИМЕЧАНИЕ.** Над чертой указаны часы совместной (аудиторной) работы, под чертой – самостоятельной (внеаудиторной).

*Темы*, вынесенные на самостоятельную работу, соответствуют содержанию теоретического раздела. Предполагается, что студенты самостоятельно поработают с рекомендованной литературой, освоят, выполнят индивидуальные задания и подготовят презентацию по результатам выполненного задания.

#### **4.1. Рекомендации к самостоятельной работе над лекционным материалом**

При внимательном домашнем прочтении лекционных конспектов по дисциплине «Моделирование материалов силикатных и оксидных систем» рекомендуется отмечать возникающие (непонятные) вопросы и обсуждать их в часы аудиторных занятий или консультаций ведущего преподавателя.

#### **4.2. Основные требования к содержанию индивидуальных заданий**

Содержание записки (отчета) по индивидуальному заданию должно включать:

- цель задания;
- исходные данные;
- характеристика фаз моделируемого материала;
- процесс моделирования (схема и алгоритм моделирования);
- конечный результат модельной – модельный состав материала или композиции;
- оценка потенциальных свойств модельного материала;
- заключение.

Выдача тем индивидуальных заданий проводится на первой неделе обучения, сдача законченных заданий производится на двенадцатой неделе. Своевременность и качество выполнения оценивается в баллах (рейтинг). За

задержку и недостаточный уровень выполнения снижается общий бал (до 10 и 30 баллов соответственно).

Индивидуальное задание (объемом до 20 страниц) выполняется на листах формата А4 в полном соответствии с правилами оформления учебной и научно-исследовательской документации, изложенными в стандартах ТПУ.

Структура записки по индивидуальному заданию:

- титульный лист;
- содержание с указанием страниц;
- тема, основное содержание;
- заключение и выводы;
- список использований литературы.

### **Тематика индивидуальных заданий**

1. Моделирование материала термостойкой керамической футеровки оснастки литья алюминия;
2. Моделирование состава сухих барьерных смесей электролизеров алюминия с температурой службы  $900^{\circ}\text{C}$ .  $\text{Na}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ ;
3. Моделирование стеклокристаллического продукта для получения пеноматериалов в системе  $\text{Na}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$  с температурой вспенивания  $800-850^{\circ}\text{C}$ .
4. Моделирование материалов в системе  $\text{Al}_2\text{O}_3-\text{ZrO}_2$  по фазовому составу и условию безусадочности при обжиге.
5. Моделирование трехслойного покрытия (грунт, дентин, эмаль) металлокерамической композиции для зубных протезов (металл – сплав КХС или титановый сплав).
6. Моделирование стеклокристаллического продукта для пеноматериалов системы  $\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{SiO}_2$ .
7. Моделирование состава силикатов по минеральному составу цемента в зависимости от условий и добавок.
8. Моделирование пористых керамических материалов с волластонитовой фазой для носителей катализаторов и керамических фильтров.
9. Моделирование строительной керамики на основе композиции глин с крупнозернистыми непластичными компонентами.
10. Моделирование пористой структуры теплоизоляционных материалов на основе пеностекла.
11. Моделирование фазового состава и пористой структуры пеносиликатных материалов на основе жидкостекольных композиций.
12. Моделирование состава слоев трехслойного покрытия (грунт, дентин, эмаль) для безметаллического каркаса (алюмооксидная керамика) зубных протезов.
13. Моделирование кальцийфосфатных керамических покрытий на титановые имплантаты кости.

14. Моделирование наноструктурных многослойных кальцийфосфатных покрытий наносимых на титановые имплантаты по золь-гель технологии.

## **5. ТЕКУЩИЙ И ИТОГОВЫЙ КОНТРОЛЬ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

*Входной контроль* выполняется с целью определения остаточных знаний студентов по специальным дисциплинам при подготовке бакалавра: «Физическая и коллоидная химия», «Физическая химия тугоплавких неметаллических и силикатных материалов», «Химическая технология тугоплавких неметаллических и силикатных материалов» в форме собеседования в часы консультаций ведущего преподавателя.

*Текущий контроль* усвоения студентами теоретического материала и оценка уровня практических навыков и умений, приобретаемых и усваиваемых каждым студентом при изучении дисциплины, осуществляется в форме контрольного опроса во время лекционных занятий.

*Рубежный контроль* предполагает выполнение основных разделов индивидуального задания.

*Итоговый контроль* осуществляется на зачете с использованием контрольных вопросов.

Материалы входного, текущего и рубежного контроля знаний студентов в семестре по дисциплине «Моделирование материалов силикатных и оксидных систем» в виде банка данных теоретических вопросов, рекомендуемых к рассмотрению при подготовке к сдаче коллоквиума и зачета, приведены в *приложении 1*.

### **Контроль результатов изучения дисциплины проводится по рейтинговой системе оценки знаний студентов.**

Целью внедрения рейтинговой системы является повышение качества подготовки магистров путем создания условий для систематической работы студентов в течение семестра, усиления мотивации в приобретении знаний, стимулирования учебной деятельности студентов, объективного самоконтроля студента в процессе обучения.

Максимальная рейтинговая оценка (общий рейтинг ОР) дисциплины составляет 1000 баллов.

Если оценка экзамена менее 100 баллов, то зачет считается не сданным и студент теряет рейтинг семестра.

Примерный тип рейтинг – листа приведен ниже.

### **РЕЙТИНГ-ЛИСТ**

***по дисциплине “Моделирование материалов силикатных и оксидных систем”***

Десятый семестр

*Плановый объем учебной нагрузки*

Лекций	36 часов
Лабораторных занятий	18 часов
Практических занятий	нет.

*Виды выполняемых работ и их значение в баллах*

1. Лекции:	18 лекций x 20 бал.= <b>270 бал.</b>
2. Лабораторные занятия:	9 занятий x 20 бал.= <b>180 бал.</b>
3. Индивидуальные задания:	
- представление записки	<b>400 бал.</b>
- подготовка презентации	<b>50 бал.</b>
5. Зачет в форме презентации	<b>100 бал</b>
<b>И Т О Г О:</b>	<b>1000 бал.</b>

Контрольные точки, объемы работ и максимальное количество баллов к указанному сроку

Вид работ	8-я неделя	12-я неделя	17-я неделя
Лекции	100	170	270
Лабораторные работы	80	100	180
Индивидуальное задание	150	300	450
Итого	330	570	900

Составил: профессор Верещагин В.И.

## **6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Для изучения дисциплины «Моделирование материалов силикатных и оксидных систем» преподавателями кафедры технологии силикатов и наноматериалов создан комплект учебно-методического обеспечения, который включает набор видеофильмов, устройство и принцип действия соответствующего оборудования, комплект наглядных пособий в виде натуральных образцов сырьевых материалов, полуфабрикатов и готовых изделий, а также авторский комплект, состоящий из монографии, методического пособия, лабораторного практикума и методических указаний к проведению учебно-исследовательских работ по данной дисциплине.

### **6.1. Перечень учебных видеофильмов и стендов**

1. Производство фарфоровых изделий на Прокопьевском фарфоровом заводе.
2. Производство тонкой керамики.
3. Производство ячеистобетонных изделий.
4. Производство силикатного кирпича.
5. Производство бетона.
6. Производство стекла и стеклоизделий на ОАО «Саратовский институт стекла».
7. Выставка стекла и стеклоизделий в Дюссельдорфе (Германия).
8. Стенды изделий керамики, огнеупоров, стекла и др.

## **6.2. Монографии, созданные в соавторстве с сотрудниками кафедры технологии силикатов**

1. Верещагин В.И., Козик В.В., Сыромякин В.И., Погребенков В.М., Борило Л.П. Полифункциональные неорганические материалы на основе природных и искусственных соединений. – Томск: Изд. ТГУ, 2002. – 359 с.
2. Верещагин В.И., Плетнев П.М., Суржиков А.П., Федоров В.Е., Рогов И.И. Функциональная керамика / Под ред. проф. В.И. Верещагина. – Новосибирск: ИНХ СО РАН, 2004. – 350 с.
3. Верещагин В.И., Плетнев П.М., Суржиков А.П., Федоров В.Е. Модифицированная керамика с перовскитовыми и шпинелевыми фазами / Под ред. проф. В.И. Верещагина. – Новосибирск: Наука, 2008. – 324 с.

## **6.3. Перечень учебных пособий, разработанных на кафедре технологии силикатов ТПУ**

1. Вакалова Т.В., Хабас Т.А., Эрдман С.В., Верещагин В.И. Практикум по основам технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов. – Томск: Изд. ТПУ, 1999. – 160 с.
2. Вакалова Т.В., Хабас Т.А., Погребенков В.М., Верещагин В.И. Глины. Структура, свойства и методы исследования. – Томск: Изд. ТПУ, 2005. – 260 с.

## **6.4. Перечень методических указаний к выполнению лабораторных работ**

1. Вакалова Т.В., Погребенков В.М., Ревва И.Б. Исследование физико-механических и технологических свойств глинистого сырья. – Томск: Изд. ТПУ, 2007. – 36 с.
2. Вакалова Т.В., Ревва И.Б. Расчет структурной формулы глинистых минералов. – Томск: Изд. ТПУ, 2007. – 20 с.
3. Вакалова Т.В., Ревва И.Б., Гурина В.Н., Горбатенков В.В. Химический анализ в технологии силикатов. – Томск: Изд. ТПУ, 2007. – 28 с.
4. Хабас Т.А., Вакалова Т.В., Алексеев Ю.И. Рентгенофазовый анализ силикатных материалов. – Томск: Изд. ТПУ, 1997. – 40 с.

## **6.5 Перечень рекомендуемой литературы**

### **6.5.1 Основная литература**

1. Химическая технология керамики и огнеупоров / Под ред. Будникова П.П. – М.: Стройиздат, 1972. – 551 с.
2. Августиник А.И. Керамика. – Л.: Стройиздат, 1975. – 588 с.
3. Балкевич В.С. Техническая керамика. – М.: Стройиздат, 1984. – 255 с.

4. Стрелов К.К., Кащеев И.Д. Теоретические основы технологии огнеупорных материалов. – М.: Металлургия, 1996. – 607 с.
5. Бутт Ю.М. и др. Химическая технология вяжущих материалов. – М.: Высшая школа, 1980.
6. Торопов Н.А., Барзаковский В.П., Лапин В.В., Курцева Н.Н. Диаграмма состояния силикатных систем. Справочник. Выпуск первый. Двойные системы. – Л.: Изд. Наука, 1969. – 822 с.
7. Кузнецова Т.В. и др. Физическая химия вяжущих материалов. – М.: Высшая школа, 1989.
8. Торопов Н.А., Барзаковский В.П., Лапин В.В., Курцева Н.Н. Диаграмма состояния силикатных систем. Справочник. Выпуск первый. Двойные системы. – Л.: Изд. Наука, 1972. – 448 с.
9. Горшков В.С. Методы физико-химического анализа вяжущих материалов. – М.: Высшая школа, 1981.
10. Химия цемента. / Под ред. Х.Ф.У. Тейлора. – М.: Мир, 1969, 1996.
11. Баженов Ю.М. Технология бетона. – М.: Изд. АСВ, 2003.
12. Химическая технология стекла и ситаллов. Под ред. Н.М. Павлушкина. – М.: Стройиздат, 1983. – 432 с.
13. Аппен А.А. Химия стекла. – Л.: Химия, 1970. – 315 с.
14. Матвеев М.А., Матвеев Г.М., Френкель Б.Н. Расчеты по химии и технологии стекла. – М.: Стройиздат, 1972. – 238 с.

#### **6.5.2 Дополнительная литература**

1. Белинская Г.В., Выдрик Г.А. Технология электровакуумной и радиотехнической керамики. - М.: Энергия, 1977. - 335 с.
2. Мороз И.И. Технология фарфоро-фаянсовых изделий. М.:Стройиздат, 1984. – 334 с.
3. Богородицкий Н.П. и др. Радиокерамика. - М.: Госэнергоиздат, 1963. – 554 с.
4. Дудеров Ю.Г., Дудеров И.Г. Расчеты керамических масс. М.: Стройиздат, 1973. - 80 с.
5. Ю.М. Баженов Технология бетонных и железобетонных изделий. – М.: Стройиздат, 1984.
6. Ю.М.Бутт, Л.Н Рашкович. Твердение вяжущих при повышенных температурах. – М.: Стройиздат, 1965.
7. Х.С. Воробьев. Вяжущие материалы для автоклавных изделий. – М.: Стройиздат, 1972.
8. В. Эйтель Физическая химия силикатов. – М.: Иностранная литература, 1962.
9. под ред А.В. Саталкина. Технология изделий из силикатных бетонов. – М.: Стройиздат, 1972.
10. ИТ. Кудряшов Ячеистые бетоны. - М.: Стройиздат, 1959.
11. К.Э. Горяйнов и др. Технология производства полимерных и теплоизоляционных изделий. – М.: Высшая школа, 1975.

12. Демкина Л.И. Физико-химические основы производства оптического стекла. – Л.: Химия, 1976. – 456 с.

13. Парюшкина О.В., Мамина Н.А., Панкова Н.А., Матвеев Г.М. Стекольное сырье России. – М.: АО «Силинформ», 1995. – 84 с.

## **ПРИЛОЖЕНИЯ**

### **к рабочей программе дисциплины «Моделирование материалов силикатных и оксидных систем»**

#### **Материалы контрольных средств для организации текущего и рубежного контроля результатов изучения дисциплины**

##### ***1.1. Банк данных теоретических вопросов для организации текущего контроля (для контрольного опроса и для самоконтроля)***

1. Координационные полиэдры ситаллов (ближний порядок);
2. Кристаллическая решетка твердых веществ;
3. Химическая связь в кристаллах;
4. Классификация уровней структуры твердых тел;
5. Зависимость свойств кристаллических фаз от природы химической связи;
6. Моделирование базового состава материала по виду фаз и их количеству с помощью диаграмм состояния тройных систем;
7. Влияние микро- и макроструктуры на свойства материала;
8. Способы получения поликристаллических материалов;
9. Зависимость прочности материалов от пористости, размера пор, распределения по размерам и структуры межпоровых перегородок;
10. составы и способы получения пористых материалов.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА** по дисциплине «Моделирование материалов силикатных и оксидных систем» для магистров второго года обучения специальности 240131 (550831) «Химическая технология тугоплавких неметаллических и силикатных материалов».

**Составитель:** д.т.н., профессор, заведующий кафедрой технологии силикатов и наноматериалов **Верещагин Владимир Иванович**