



Государственный научный центр Российской Федерации  
Акционерное общество  
"Государственный Орден Трудового Красного Знамени  
научно-исследовательский институт химии и технологии элементоорганических соединений"  
**ГНИИХТЭОС**

**УТВЕРЖДАЮ**

Временный генеральный директор

П.А. Стороженко

2020 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
«ТЕХНОЛОГИЯ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ»**

**Направление подготовки 18.06.01 – Химическая технология**

**Направленность (профиль) подготовки  
05.17.01 – Технология неорганических веществ**

**Квалификация выпускника  
Исследователь. Преподаватель-исследователь**

**Форма обучения  
Очная, заочная**

Москва 2020 г.

## 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

**1.1. Основная образовательная программа высшего образования – программа подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (далее – программа аспирантуры, ООП аспирантуры),** реализуемая в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования Государственным научным центром Российской Федерации Акционерным обществом «Государственный ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский институт химии и технологии элементоорганических соединений» по направлению подготовки высшего образования 18.06.01 – Химическая технология; по направленности (профилю) подготовки Технология неорганических веществ представляет собой комплекс основных характеристик образования, организационно-педагогических условий, форм аттестации, который представлен в виде общей характеристики программы аспирантуры, учебного плана, календарного учебного графика, рабочих программ дисциплин, программ практик, оценочных средств, методических материалов.

**1.2. Нормативные документы для разработки программы аспирантуры по направлению подготовки** составляют:

- Федеральный закон от 29.12.2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»;
- Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации от 19.11.2013 г. № 1259 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре)»;
- Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации от 30.04.2015 г. № 464 «О внесении изменений в федеральные государственные образовательные стандарты высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации)»;
- Положение о присуждении ученых степеней, утвержденное Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 «О порядке присуждения ученых степеней»;
- Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования по направлению подготовки 18.06.01 (уровень подготовки кадров высшей квалификации), утвержденный Министерством образования и науки Российской Федерации от 30.07.2014 № 883 (зарегистрирован Министерством юстиции Российской Федерации 25.08.2014 г., регистрационный № 33815).

### 1.3. Цель освоения дисциплины.

Изучение дисциплины «Технология неорганических веществ» охватывает широкий круг вопросов по теоретическим и прикладным основам неорганической технологии. В процессе освоения дисциплины аспирант должен показать знания современного состояния и перспектив развития существующей отрасли науки и производства, показать теоретические и практические знания, уметь дать общую и детальную характеристику производства различных неорганических продуктов, уметь связывать проблемы технологического плана с решением социально-экономических задач.

Целью программы аспирантуры является создание аспирантам условий для приобретения необходимого для осуществления профессиональной деятельности уровня знаний, умений, навыков, опыта деятельности и подготовки к защите научно-квалификационной работы (диссертации) на соискание ученой степени кандидата наук.

**Срок получения образования по программе аспирантуры по направлению подготовки 18.06.01 – Химическая технология и направленности «Технология неорганических веществ»:**

в очной форме обучения составляет 4 года;

в заочной форме обучения составляет 5 лет.

**Структура образовательной программы аспирантуры** включает обязательную (базовую) часть и часть, формируемую участниками образовательных отношений (вариативную).

Программа аспирантуры состоит из следующих блоков:

Блок 1 «Дисциплины (модули)», который включает дисциплины (модули), относящиеся к базовой части программы, и дисциплины (модули), относящиеся к ее вариативной части – 30 з.е.

Блок 2 «Практики», который в полном объеме относится к вариативной части программы – 6 з.е.

Блок 3 «Научные исследования», который в полном объеме относится к вариативной части программы – 195 з.е.

Блок 4 «Государственная итоговая аттестация», который в полном объеме относится к базовой части программы – 9 з.е.

**Объем программы аспирантуры** составляет 240 зачетных единиц.

**Место дисциплины в структуре ООП аспирантуры**

Дисциплина относится к блоку 1 и направлена на расширение и углубление знаний,

полученных обучающимися при изучении предшествующих дисциплин, в том числе неорганической, органической, физической, аналитической химии, общей химической технологии, процессов и аппаратов химической технологии, а также специальных дисциплин. Для успешного усвоения дисциплины аспирант должен

**знать:**

- основные закономерности химических процессов; - основные химические производства;
- основные принципы организации химического производства, его структуру;
- методы оптимизации химико-технологических процессов с применением эмпирических и физико-химических моделей;
- основы теории процесса в химическом реакторе, методологию исследования взаимодействия процессов и химических превращений;
- основные понятия теории управления технологическими процессами;

**уметь:**

- выполнять материальные, тепловые и конструктивные расчёты, выбирать и обосновывать рациональную технологическую схему производства продукта, оценивать экономическую и технологическую эффективность производства, использовать основные химические законы, справочные данные для решения задач синтеза различных соединений, проводить качественный и количественный анализ с помощью химических и физико-химических методов;

**владеть:**

- методами технологических расчётов процессов, а также отдельных узлов и деталей химического оборудования;
- навыками проектирования химической аппаратуры;
- методами проведения физико-химического анализа сырья и химических продуктов;
- общими принципами и технологическими приёмами получения неорганических продуктов;
- методами анализа эффективности работы химических аппаратов и производств;
- современной научно-технической и патентной информацией в области химии и химической технологии.

**1.4. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины, планируемые результаты обучения.**

Выпускник, освоивший программу курса, приобретает следующие компетенции:

- способностью и готовностью к организации и проведению фундаментальных и прикладных научных исследований в области химических технологий (ОПК-1);
- владением культурой научного исследования в области химических технологий, в том

числе с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий (ОПК-2);

- способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);

- способностью планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития (УК-6).

Планируемые результаты обучения - знания, умения, навыки и опыт деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций и обеспечивающие достижение результатов освоения образовательной программы приведены в п.3 данной рабочей программы.

**1.5. Присваиваемая квалификация.** При условии освоения программы аспирантуры, сдачи государственного экзамена, а также представления научного доклада об основных результатах подготовленной научно-квалификационной работы (диссертации), оформленной в соответствии с требованиями, устанавливаемыми Министерством образования и науки Российской Федерации в соответствии с п. 16 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, присваивается квалификация «Исследователь. Преподаватель-исследователь» по направлению подготовки 18.06.01 – Химическая технология и направленности Технология неорганических веществ.

#### **1.6. Требования к поступающему**

Требования к поступающему определяются Федеральным законодательством в области образования, в том числе, Порядком приема на обучение по образовательным программам высшего образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре на соответствующий учебный год.

## **2. ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ВЫПУСКНИКОВ, ОСВОИВШИХ ПРОГРАММУ АСПИРАНТУРЫ**

### **2.1. Область профессиональной деятельности выпускника**

Область профессиональной деятельности выпускников, освоивших программу аспирантуры, включает:

- производственные процессы получения неорганических продуктов: соли, кислоты и щелочи, минеральные удобрения, изотопы и высокочистые неорганические продукты, катализаторы, сорбенты, неорганические препараты;

- технологические процессы (химические, физические и механические) изменения состава, состояния, свойств, формы сырья, материалов в производстве неорганических продуктов;
- способы и процессы защиты окружающей среды от выбросов производств неорганических продуктов, утилизация и обезвреживание неорганических производственных отходов;
- способы и средства разработки, технологических расчетов, проектирования, управления технологическими процессами и качеством продукции применительно к производственным процессам получения неорганических продуктов;
- подготовка кадров высшего профессионального образования в области химической технологии.

## **2.2. Объекты профессиональной деятельности выпускника**

Объектами профессиональной деятельности выпускников, освоивших программу аспирантуры, являются:

- химические вещества и материалы;
- методы и приборы определения состава и свойств веществ и материалов;
- оборудование, технологические процессы и промышленные системы получения веществ, материалов, изделий, а также системы управления ими и регулирования;
- программные средства для моделирования химико-технологических процессов.

## **2.3. Виды профессиональной деятельности выпускника**

Виды профессиональной деятельности, к которым готовятся выпускники, освоившие программу аспирантуры:

- научно-исследовательская деятельность в области химической технологии;
- преподавательская деятельность по образовательным программам высшего образования;
- программа аспирантуры направлена на освоение всех видов профессиональной деятельности, к которым готовится выпускник.

## **3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ АСПИРАНТУРЫ**

**3.1.** Выпускник, освоивший программу аспирантуры, должен обладать следующими универсальными компетенциями:

- способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК - 1);

- способностью проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки (УК - 2);
- готовностью участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач (УК-3);
- готовностью использовать современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языках (УК-4);
- способностью следовать этическим нормам в профессиональной деятельности (УК-5);
- способностью планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития (УК-6).

**3.2.** Выпускник, освоивший программу аспирантуры, должен обладать следующими общепрофессиональными компетенциями:

- способностью и готовностью к самостоятельно осуществлять научных-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий (ОПК-1);
- готовностью организовывать работу исследовательского коллектива в области химии и смежных наук (ОПК-2);
- способностью и готовностью к анализу, обобщению и публичному представлению результатов выполненных научных исследований (ОПК-3);
- способностью и готовностью к использованию лабораторной и инструментальной базы для получения научных данных (ОПК-4);
- готовностью к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования (ОПК-5).

**3.3** Выпускник, освоивший программу аспирантуры, должен обладать следующими профессиональными компетенциями, определяемыми направленностью (профилем) программы и (или) номенклатурой научных специальностей:

- способностью к самостоятельному проведению научно-исследовательской работы и получению научных результатов, удовлетворяющих установленным требованиям к содержанию диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук (ПК-1);
- способностью получать научную информацию из различных источников, баз данных и уметь ее анализировать (ПК-2);
- способностью к организации проведения теоретических и экспериментальных исследований (ПК-3);

- способностью к разработке учебно-методической документации для проведения учебного процесса (ПК-4);
- способностью проводить обработку и анализ научных результатов, обобщать в виде научных статей для ведущих профильных журналов (ПК-5);
- способностью к внедрению результатов научных исследований и рецензирования научных работ по научной специальности (ПК-6).

## **4. ОРГАНИЗАЦИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММ АСПИРАНТУРЫ**

### **4.1 Общая характеристика образовательной деятельности**

Образовательная деятельность по программе аспирантуры предусматривает:

- проведение учебных занятий по дисциплинам (модулям) в форме лекций, семинарских занятий, консультаций, иных форм обучения, предусмотренных учебным планом;
- проведение практик;
- проведение научных исследований в соответствии с направленностью программы аспирантуры;
- проведение контроля качества освоения программы аспирантуры посредством текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации обучающихся, государственной итоговой аттестации обучающихся.

### **4.2. Учебный план подготовки аспирантов**

Учебный план подготовки аспирантов разработан в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта по направлению подготовки 18.06.01 – Химическая технология, утвержденному приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 30.07.2014 г. № 883.

В учебном плане отображена логическая последовательность освоения циклов и разделов ООП (дисциплин, практик), обеспечивающих формирование компетенций. Указана общая трудоемкость дисциплин, модулей, практик в зачетных единицах, а также их общая и аудиторная трудоемкость в часах.

### **4.3. Календарный учебный график**

Последовательность реализации программы аспирантуры по годам и семестрам (включая теоретическое обучение, практики, научные исследования, промежуточные и



государственную итоговую аттестации, каникулы) приводится в календарном учебном графике.

#### 4.4. Структура дисциплины.

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 7 зач.ед., 252 часа

Вид учебной работы	Всего часов
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	<b>105</b>
В том числе:	
лекции	55
практические занятия (ПЗ)	50
семинары (С)	-
лабораторные работы (ЛР)	-
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	<b>92</b>
В том числе:	
реферат	40
другие виды самостоятельной работы	52
подготовка к текущим занятиям и коллоквиумам	
	197
	<b>55</b>
<b>Подготовка к экзамену</b>	
вид промежуточной аттестации – зачет с оценкой	-
Общая трудоемкость час (зач.ед.)	<b>252 (7)</b>

### 5. Содержание дисциплины

#### 5.1. Содержание разделов дисциплины

№ пп	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела
1	Сырьевая база производств неорганических веществ и материалов	Сырьевые проблемы химической промышленности. Требования, предъявляемые к сырью. Характеристика, основные месторождения и запасы различных видов сырья. Способы и основные показатели процессов обогащения сырья. Комплексное использование сырья. Утилизация и переработка отходов. Природные источники сырья для получения промышленных газов. Характеристика основных видов сырья для производства катализаторов, кислот, минеральных удобрений, солей, щелочей, простых и сложных гидридов металлов.
2	Теоретические основы химико-технологических процессов	Термодинамические свойства веществ, идеальных и реальных химических систем. Влияние параметров химических систем на термодинамические характеристики. Методы расчёта термодинамических характеристик веществ, химических и фазовых превращений. Принципы

		химического и фазового равновесия. Кинетика химических реакций. Кинетика гетерогенных процессов: стадии и области протекания. Каталитический метод ускорения химических превращений.
3	Типовые процессы в технологии неорганических веществ	Технологические процессы в технологии производства синтез-газа. Газификация твердого и жидкого топлива. Крекинг, конверсия углеводородного сырья. Плазмохимические процессы. Методы разделения многокомпонентных газовых смесей. Основы получения низких температур. Сорбционные методы разделения газовых смесей. Твёрдые и жидкие сорбенты. Промышленные методы очистки газовых сред от сернистых соединений, оксидов азота, углерода, паров воды, хлора. Равновесие в водно-солевых системах. Графические методы изображения двух-трёхчетырёхкомпонентных равновесных систем. Использование диаграмм растворимости для выбора рациональных переработки сложных солевых систем. Взаимодействия в системах твёрдое-газ, твёрдое-твёрдое и твёрдое-жидкое в солевой технологии. Процессы растворения и методы их интенсификации. Технологии важнейших неорганических веществ: аммиак, метанол, серная, азотная и фосфорная кислоты, минеральные удобрения, соли. Основные тенденции развития предприятий отрасли. Особенности технологии неорганических химических реактивов и особо чистых веществ.
4	Научные основы и техника экспериментальных исследований химических систем и химико-технологических процессов	Методы научного познания. Эмпирические и теоретические знания, их диалектическое единство. Основные задачи и специфика экспериментальных исследований в технологии неорганических веществ. Исследование и описание кинетики химических реакций и массообмена в гетерогенных системах. Математическое моделирование и обработка экспериментальных данных. Специфика изучения процессов в различных средах. Организация эксперимента. Статистическая обработка экспериментальных данных. Физико-химические методы исследования неорганических веществ и материалов. Техничко-экономическая оценка результатов исследования.
5	Принципы создания и модернизации малоотходных производств	Проблемы создания безотходной технологии-технологии полного использования всех компонентов сырья при минимальном расходе материальных ресурсов и энергии. Характеристика отходов и газовых выбросов отрасли. Разработка новых технологических процессов исключаящих выбросы вредных веществ. Технология очистки газовых выбросов, сточных вод. Проблемы

	утилизации и переработки отходов производств
--	--

## 5.2 Вопросы дополнительной программы

### Направленность 18.06.01 – химическая технология

#### Специальность 05.17.01 – технология неорганических веществ

1. Простые и сложные гидриды элементов 3 группы (бор, алюминий).  
Гидрид бора, литийборгидрид, литийалюминийгидрид, дибораны, декабораны, гидрид алюминия, литийалюминийгидрид. Способы получения, свойства и применение.  
Технологические особенности процессов.
2. Неорганические соединения кремния.  
Кристаллический кремний, двуокись кремния, гидрид кремния, хлористый кремний, аэросил, аэрогель. Получение, физико-химические свойства и области применения.
3. Синтетические волокна. Стеклокерамические композиции на основе бора, алюминия и кремния.  
Борные, карбидокремниевые (керновые, бескерновые, модифицированные Zr, Hf, Ta), алюмоиттриевые (модифицированные Zr-Ta, Ga-Ta), алюмомагниевого, углеродные волокна. Технологические особенности получения, свойства и применение.
4. Способы получения композиционных химических материалов из высокоэнергетических компонентов. Технология производства композиционных химических материалов.
5. Карбонилы металлов.  
Строение, способы получения, свойства и области применения.
6. Железо, оксиды и гидроксиды железа и их магнитные модификации ( $\gamma$ -оксид железа, магнетит). Технологические особенности получения, физико – химические свойства и применение.
7. Перекись водорода.  
Методы получения, концентрирование. Способы стабилизации концентрированной перекиси водорода, катализаторы процесса. Свойства и применение.
8. Технология получения гипергальных топлив и высокоэнергетических систем.
9. Плазмохимические процессы. Способы подготовки и анализа химического сырья плазмохимической технологии.
10. Охрана окружающей среды в химическом производстве; способы утилизации отходов

## 6. Разделы дисциплины и виды занятий

№	Наименование раздела дисциплины	Количество часов				Всего
		лекц.	лаборат.	практич.	СР	
1	Сырьевая база производств неорганических веществ и материалов	10	-	8	14	32

2	Теоретические основы химико-технологических процессов	10	-	8	14	32
3	Типовые процессы в технологии неорганических веществ	15	-	14	24	53
4	Научные основы экспериментальных исследований химических систем и химико-технологических процессов.	10	-	10	18	38
5	Принципы создания малоотходных производств	10	-	10	22	42
<b>Итого часов</b>		<b>55</b>		<b>50</b>	<b>92</b>	<b>197</b>

### 7. Практические занятия (семинары)

№	Наименование раздела дисциплины	
1	Сырьевая база производств неорганических веществ и материалов	Проблемы развития и расширения сырьевой базы. Вторичные источники сырья.
2	Теоретические основы химико-технологических процессов	Кинетика и термодинамика химико-технологических процессов
3	Типовые процессы в технологии неорганических веществ	Проблемы совершенствования техники и технологии неорганических производств
4	Научные основы экспериментальных исследований химических систем и химико-технологических процессов	Применение современных методов исследования. Обработка экспериментальных данных
5	Принципы модернизации и создания малоотходных производств	Экологические проблемы отрасли. Энерго- и ресурсосбережение.

### 8. Самостоятельная работа

№	Наименование раздела дисциплины	Содержание
1	Сырьевая база производств неорганических веществ и материалов	Анализ современной научно-технической литературы
2	Теоретические основы химико-технологических процессов	Теоретическое обоснование экспериментальных данных
3	Типовые процессы в технологии неорганических веществ	Написание обзоров, рефератов. Обсуждение проблем развития отрасли
4	Научные основы экспериментальных исследований химических систем и химико-технологических процессов	Обсуждение данных исследования. Подготовка и анализ работ студентов по данной тематике.
5	Принципы модернизации и создания	Технико-экономические расчёты по теме

малоотходных производств	исследований
--------------------------	--------------

**9. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю).**

**Описание шкал оценивания степени сформированности элементов компетенций**

**Шкала 1.** Оценка сформированности отдельных элементов компетенций

Обозначения		Формулировка требований		
Цифр.	Оценка	к степени сформированности компетенции		
		Знать	Уметь	Владеть
1	Неудовлетворительно	Отсутствие знаний	Отсутствие умений	Отсутствие навыков
2	Неудовлетворительно	Фрагментарные знания	Частично освоенное умение	Фрагментарное применение
3	Удовлетворительно	Общие, но не структурированные знания	В целом успешное, но не систематически осуществляемое умение	В целом успешное, но не систематическое применение
4	Хорошо	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания	В целом успешное, но содержащие отдельные пробелы умение	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков
5	Отлично	Сформированные систематические знания	Сформированное умение	Успешное и систематическое применение навыков

**Шкала 2.** Комплексная оценка сформированности знаний, умений и владений

Обозначения		Формулировка требований
Цифр.	Оценка	к степени сформированности компетенции
		1
2	Удовлетворительно или	Знать на уровне <b>ориентирования</b> , представлений. Субъект учения знает основные признаки или термины

	неудовлетворительно <i>(по усмотрению преподавателя)</i>	изучаемого элемента содержания, их отнесенность к определенной науке, отрасли или объектам, узнает их в текстах, изображениях или схемах и знает, к каким источникам нужно обращаться для более детального его усвоения
3	Удовлетворительно	Знать и уметь на <b>репродуктивном</b> уровне. Субъект учения знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях
4	Хорошо	Знать, уметь, владеть на <b>аналитическом</b> уровне. Зная на репродуктивном уровне, указывать на особенности и взаимосвязи изученных объектов, на их достоинства, ограничения, историю и перспективы развития и особенности для разных объектов усвоения
5	Отлично	Знать, уметь, владеть на <b>системном</b> уровне. Субъект учения знает изученный элемент содержания системно, произвольно и доказательно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях, учитывая и указывая связи и зависимости между этим элементом и другими элементами содержания учебной дисциплины, его значимость в содержании учебной дисциплины

#### 10. Вопросы к кандидатскому экзамену по специальности 05.17.01 – технология неорганических веществ

1. Кинетика гомогенных и гетерогенных химических процессов. Способы ускорения химических реакций.
2. Тепловой эффект химических реакций.
3. Плазмохимические процессы.
4. Фазовые диаграммы многокомпонентных систем.
5. Основные способы получения, свойства и применение термического фосфора, продуктов плазмохимической технологии.
6. Высокотемпературные гетерогенные процессы на примере окисления алюминия и бора.
7. Магнетизм. Ферромагнитные порошки. Свойства получения и свойства.
8. Способы подготовки и анализа качества химического сырья плазмохимической технологии.
9. Способы получения, свойства и применение инертных газов.
10. Способы получения композиционных химических материалов из высокоэнергетических компонентов.
11. Технология производства композиционных химических материалов.
12. Источники загрязнения окружающей среды. Отходы плазмохимической технологии, их свойства и характеристики. Способы утилизации отходов.
13. Основные типы химических связей в молекулах.
14. Гомогенные и гетерогенные химические реакции, влияние технологических факторов

на скорость их проведения.

15. Стадии проведения химических процессов и методы их контроля.
16. Технологические факторы, влияющие на химические процессы и качество получаемых продуктов.
17. Химический газофазный метод получения металлов различных модификаций (порошки, пленки, покрытия), преимущества метода.
18. Карбонилы металлов: строение, способы получения и области применения.
19. Железо: физико-химические свойства, способы получения и области применения.
20. Вольфрам, молибден, хром: физико-химические свойства, способы получения и области применения.
21. Углерод: аллотропия, физико-химические свойства углерода различных модификаций и области их применения.
22. Технологические особенности получения углеродных волокон.
23. Охрана окружающей среды в химическом производстве, способы утилизации отходов.
24. Методы разделения многокомпонентных химических смесей.
25. Получение, физико-химические свойства и области применения кремния.
26. Получение, физико-химические свойства и области применения карбида кремния.
27. Получение стеклокерамических композиций на основе оксидов алюминия, иттрия и кремния.
28. Технологические аспекты высокотемпературного синтеза кремнийорганических продуктов.
29. Охрана окружающей среды в производстве кремнийорганических продуктов.
30. Механохимические процессы. Сущность механической активации химических веществ, соединений и материалов. Области ее использования.
31. СВС-синтез. Характерная особенность и преимущества метода СВС. Теоретические результаты. Применение продуктов СВС-синтеза.
32. Каталитические процессы. Виды катализа, стадии протекания и пути интенсификации процессов катализа. Особенности процессов в неподвижном и взвешенном слоях катализатора.
33. Простые и сложные гидриды элементов III группы (бор, алюминий). Гидриды бора, литийборгидрид, литийалюминийгидрид, гидрид алюминия. Способы получения, свойства и применение. Технологические особенности процессов.
34. Неорганические соединения бора, алюминия, кремния. Кристаллический кремний, карбид кремния, карбид бора, двуокись кремния, гидрид кремния, хлорид кремния, аэросил, аэрогель. Получение, физико-химические свойства и области применения.
35. Неорганические волокна. Стеклокерамические композиции на основе оксидов бора, алюминия, кремния. Борные, карбидокремниевые, оксидные и углеродные волокна. Технологические особенности получения, свойства и применения.
36. Перекись водорода. Методы получения, концентрирования. Способы стабилизации концентрированной перекиси водорода, катализаторы процесса. Свойства и применение.

## 11. Ресурсное обеспечение дисциплин

### 11.1 Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля):

#### а) основная литература

1. Крылов О.В. Гетерогенный катализ: учебное пособие для вузов / О.В. Крылов - М.: ИКЦ «Академический», 2004. - 679с.

2. Позин М. Е., Зинюк Р. Ю. Физико-химические основы неорганической технологии. Л.: Химия, 1985. 384 с
  3. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям. Производство аммиака, минеральных удобрений и неорганических кислот. М.: Бюро НДТ, 2015. 890 с., интернетресурс <http://gost.ru>.
  4. Морозов Л.Н., Буров А.В. Расчет гетерогенных химических процессов в производстве аммиака, метанола и карбамида.: учебное пособие, Иван. гос. хим. ун-т.- Иваново, 2013.–76 с.
  5. Петропавловский И.А. и др. Технология минеральных удобрений – СПб.: Проспект Науки, 2018. – 312 с.
- б) дополнительная литература
1. Викторов М.М. Графические расчеты в технологии неорганических веществ. М.: Химия, 1972. - 464с.
  2. Соколовский А. А., Яхонтова Е. Л. Применение равновесных диаграмм растворимости в технологии минеральных солей. М.: Химия, 1982. 264 с.
  3. Позин М.Е. Руководство к практическим занятиям по технологии неорганических веществ.- Л.: Химия, 1980.-368 с.
  4. Комплексное использование сырья и отходов / Б.М. Равич, В.П. Окладников, В.Н. Лигач и др. М.: Химия, 1988.-288 с.
  5. Мельников Е.Я. и др. Технология неорганических веществ и минеральных удобрений. -М.: Химия, 1983.-432с.
  6. Позин М.Е., Копылев Б.А., Бельченко Т.В. и др. Расчеты по технологии неорганических веществ.- Л.: Химия, 1989.-492с.
  7. Фабич Б.М., Окладников В.П., Лигач В.Н. и др. Комплексное использование сырья и отходов. М.. Химия, 1981.-288 с.
  8. Иоффе И.И., Письмен Л.М. Инженерная химия гетерогенного катализа. Л.:Химия,1972.-464 с.
  9. Сеттерфилд Ч. Практический курс гетерогенного катализа. М.: Мир, 1984 - 520 с.
  10. Бесков В.С., Флокк В. Моделирование каталитических процессов и реакторов. М.: Химия, 1991.-256 с.
  11. Лебедев Н.Н. Химия и технология основного органического синтеза. М.:Химия, 1988.- 592 с.
  12. Пахомов Н.А. Научные основы приготовления катализаторов: введение в теорию и практику // Новосибирск: изд-во СО РАН, 2011 - 262с.
  13. Основные интернетресурсы: <http://www.newchemisnry.ru>; <http://www.xumuk.ru>; [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org).

### 11.2 Программное обеспечение

- Системные программные средства: Microsoft Windows 10
- Прикладные программные средства: Microsoft Office 2007
- Информационная система «elibrary.ru – научная электронная библиотека

### 11.3 Приборное обеспечение

- Фурье-спектрометр ЯМР AVANCE 600 BRUKER
- ИК-Фурье-спектрометр 6700 NICOLET
- Сканирующий электронный микроскоп с рентгеновским анализатором SEM 505 PHILIPS
- Хромато-масс-спектрометр 240 Ion Trap GC/MS, Agilent Tech.,
- Спектрофотометр атомно-адсорбционный с пламенной и электротермической атомизацией, Spectr AA-240FS, Varian
- Газовый хроматограф Кристалл -2000, 5000 модуль ИД-ДТП, ЗАО «Хроматэк»



- Масс-спектрометр с индуктивно связаной плазмой ICP-MS 7900 Agilent Tech.
- Анализатор CHNS в органических материалах EuroEA 3000, EuroVector
- Высокоэффективный жидкостной хроматограф HPLC 1260 Infinity, Agilent Tech.

Профессор-преподаватель  
по специальности  
«Технология неорганических веществ»  
д.т.н., проф.

И.А. Петропавловский

Преподаватель по специальности  
«Технология неорганических веществ»  
к.т.н. доцент

Н.В. Нефедова

Ученый секретарь  
ГНЦ РФ АО «ГНИИХТЭОС»  
к.х.н.

Н.И. Кирилина

Аннотация к рабочей программе дисциплины  
«Технология неорганических веществ»

### 1. Цель освоения дисциплины

Дисциплина «Технология неорганических веществ» имеет своей целью формировать у обучающихся общепрофессиональные (ОПК) и профессиональные (ПК) компетенции в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 18.06.01

«Химическая технология» (уровень подготовки кадров высшей квалификации) с учетом специфики профиля подготовки – Технология неорганических веществ.

В результате изучения дисциплины «Технология неорганических веществ» обучающийся должен:

#### **знать**

- основные закономерности химических процессов;
- основные химические производства;
- основные принципы организации химического производства, его структуру;
- методы оптимизации химико-технологических процессов с применением эмпирических и физико-химических моделей;
- основы теории процесса в химическом реакторе, методологию исследования взаимодействия процессов и химических превращений;
- основные понятия теории управления технологическими процессами;

#### **уметь**

- выполнять материальные, тепловые и конструктивные расчёты, выбирать и обосновывать рациональную технологическую схему производства продукта, оценивать экономическую и технологическую эффективность производства, использовать основные химические законы, справочные данные для решения задач синтеза различных соединений, проводить качественный и количественный анализ с помощью химических и физико-химических методов;

#### **владеть**

- методами технологических расчётов отдельных узлов и деталей химического оборудования;
- навыками проектирования химической аппаратуры;
- методами проведения физико-химического анализа сырья и химических продуктов;
- общими принципами и технологическими приёмами получения продуктов неорганического синтеза;
- методами анализа эффективности работы химических аппаратов и производств;

современной научно-технической и патентной информацией в области химии и химической технологии.

Дисциплина «Технология неорганических веществ» направлена на изучение:

- производственных процессов получения неорганических продуктов;
- технологических процессов (химические, физические, механические изменения состава, состояния, свойств, формы сырья, материала в производстве неорганических продуктов);
- способов и процессов защиты окружающей среды от выбросов производств неорганических продуктов, утилизации и обезвреживания неорганических производственных отходов;
- способов и средств разработки технологических расчетов, проектирования, управления технологическими процессами и качеством продукции.

Область педагогической деятельности выпускников, освоивших программу аспирантуры включает подготовку кадров высшего профессионального образования в области химической технологии.

**2. Место дисциплины в структуре ООП аспирантуры.**

Дисциплина «Технология неорганических веществ» относится к вариативной части блока 1 «Дисциплины (модули)» и является дисциплиной по выбору.

**3. Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы (144 часа).**  
Форма промежуточной аттестации – экзамен.