

## 1. Пояснительная записка

1.1. Программа вступительного экзамена в аспирантуру составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки кадров высшей квалификации 2.6.7. Технология неорганических веществ.

Область профессиональной деятельности выпускников, освоивших программу аспирантуры по направлению 2.6.7. Технология неорганических веществ, включает: методы, способы и средства получения веществ и материалов с помощью физических, физико-химических и химических процессов, производство на их основе изделий различного назначения; физико-химические методы обработки материалов; создание, внедрение и эксплуатация производств основных неорганических веществ, строительных материалов, продуктов основного и тонкого органического синтеза, полимерных материалов, продуктов переработки нефти, газа и твердого топлива, лекарственных препаратов, энергонасыщенных материалов и изделий на их основе; подготовка кадров высшего профессионального образования в области химической технологии.

1.2. Объектами профессиональной деятельности поступающих в аспирантуру по направлению подготовки кадров высшей квалификации 2.6.7. Технология неорганических веществ:

- 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.

1.3. Видами профессиональной деятельности поступающих в аспирантуру по направлению подготовки кадров высшей квалификации 18.06.01 Химические технологии, являются:

- научно-исследовательская деятельность в области химической технологии:
- способность и готовность к организации и проведению фундаментальных и прикладных научных исследований в области химических технологий,
- владение культурой научного исследования в области химических технологий, в том числе с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий,
- способность и готовность к анализу, обобщению и публичному представлению результатов выполненных научных исследований,
- способность и готовность к разработке новых методов исследования и их применение в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области химической технологии с учетом правил соблюдения авторских прав.
- преподавательская деятельность по образовательным программам высшего образования.
- программные средства для моделирования химико-технологических процессов.

## **2. Порядок проведения вступительного испытания**

2.1. Вступительный экзамен в аспирантуру проводится в письменной форме по билетам. Билет содержит три теоретических вопроса. При необходимости дополнительно проводится устное собеседование.

2.2. Время, отводимое на устный опрос **20-30 минут**.

2.3. Обсуждение и оценивание результатов вступительного экзамена комиссия проводит на закрытом заседании, определяя итоговую оценку по 5-балльной шкале - «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». Если голоса членов комиссии распределились поровну, то окончательное решение об оценке остается за председателем экзаменационной комиссии.

2.4. Результаты вступительного экзамена объявляются в тот же день после оформления в установленном порядке протоколов заседаний экзаменационной комиссии.

2.5. При несогласии поступающего с оценкой экзаменационной комиссии, он имеет право подать апелляцию в специальную апелляционную комиссию.

## **3. Содержание вступительного испытания**

1. Требования к результатам освоения основной профессиональной образовательной программы высшего образования, проверяемым в ходе экзамена

### **Поступающий должен знать:**

- теоретические основы 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, материала в

производстве неорганических продуктов.

**Поступающий должен уметь:**

- использовать в проведении исследований способы и процессы защиты окружающей среды от выбросов производств неорганических продуктов, утилизацию и обезвреживание неорганических производственных отходов;
- использовать способы уменьшения, обезвреживания и очистки отходов от примесей соединений серы, азота, углерода, галогенов, кислот и растворителей.

**Поступающий должен владеть:**

- навыками использования средств разработки, технологических расчетов, проектирования, управления технологическими процессами и качеством продукции применительно к производственным процессам получения неорганических продуктов;
- методами устного и письменного изложения предметного материала и использования технических средств.

#### 4. Критерии и нормы оценки

Форма проведения экзамена	Критерии и нормы оценки	
Письменно по билетам	«отлично»	Поступающий дает своевременно правильный и полный ответ на 3 вопроса из билета в соответствии с программой дисциплины, хорошо владеет материалом и отвечает на дополнительные вопросы с пониманием, приводит примеры, решает задачи с пояснением.
	«хорошо»	Поступающий дает своевременно правильный и неполный ответ на 3 вопроса из билета в соответствии с программой дисциплины, хорошо владеет материалом и отвечает на дополнительные вопросы с пониманием, приводит примеры, решает задачи с пояснением.
	«удовлетворительно»	Поступающий дает своевременно правильный и полный ответ на 2 вопроса из билета, на 3 вопрос ответ неполный с замечаниями в соответствии с программой дисциплины, хорошо владеет материалом и отвечает на дополнительные вопросы с пониманием, приводит примеры, решает задачи схематически
	«неудовлетворительно»	Поступающий дает не правильный и не полный ответ по дисциплине, не отвечает ни на один из вопросов билета, не может ответить ни на один дополнительный вопрос, задачи не решены.

## 5. Вопросы к экзамену

№ п/п	Вопросы
1.	Термодинамические свойства неорганических веществ - энергия Гиббса, энтропия и энтальпия образования. Тепловой эффект химической реакции.
2.	Химический потенциал и фазовые равновесия в однокомпонентных и многокомпонентных системах. Константа равновесия гомогенных и гетерогенных реакций.
3.	Кинетика химических реакций. Кинетика гомогенных и гетерогенных процессов, способы ускорения химических превращений. Кинетика реакций катализа.
4.	Основы химической кинетики. Определение важнейших кинетических характеристик: порядка реакции, энергии активации.
5.	Скорость химической реакции, ее зависимость от концентрации реагентов
6.	Физико-химический анализ. Фазовые диаграммы многокомпонентных систем. Использование фазовых диаграмм для выбора и расчета рациональных способов переработки неорганических продуктов.
7.	Основные процессы в технологии неорганических веществ: термохимические процессы. Высокотемпературные гетерогенные процессы разложения и синтеза, окислительно-восстановительные процессы.
8.	Основные процессы в технологии неорганических веществ: каталитические процессы. Виды катализа, стадии протекания и пути интенсификации процессов катализа. Особенности процессов в неподвижном и взвешенном слоях катализатора.
9.	Энергия активации и понятие об активированном комплексе. Гомогенный и гетерогенный катализ. Влияние катализатора на скорость реакции.
10.	Методы разделения многокомпонентных смесей. Кристаллизация из растворов, расплавов и газовой фазы, фракционная конденсация, ректификация, абсорбция, адсорбция, ионный обмен, экстракция, электрохимические методы. Особенности процессов разделения и технические способы их реализации.
11.	Подготовка сырья. Сырьевые ресурсы и основные направления их переработки. Способы подготовки сырья: дробление, флотация, обжиг, растворение, сепарация.
12.	Минеральные удобрения, их классификация, агрохимическая эффективность.
13.	Производство комплексных минеральных удобрений. Виды удобрений. Смешанные удобрения

14.	Азот. Проблемы связанного азота. Основные сырьевые источники и потребители азота. Методы связывания азота.
15.	Выделение азота из воздуха. Процессы дросселирования газов.
16.	Физико-химические основы процесса разделения воздуха. Принципиальная технологическая схема блока разделения воздуха. Характеристика получаемых продуктов: кислорода, азота. Их применение.
17.	Сырье в производстве аммиака. Конверсионные способы получения азотоводородной смеси.
18.	Физико-химические основы конверсии метана. Применяемые катализаторы. Яды.
19.	Технологические схемы и аппараты процессов конверсии углеводородных газов: трубчатые печи, шахтные конверторы.
20.	Двухступенчатая конверсия метана: первичный и вторичный риформинг. Принципиальная технологическая схема. Оптимальные условия конверсии.
21.	Конверсия оксида углерода. Различные способы конверсии.
22.	Двухступенчатая конверсия оксида углерода: высокотемпературная и низкотемпературная конверсия. Принципиальная технологическая схема. Оптимальные условия конверсии.
23.	Сероочистка природного газа. Физико-химические основы процесса.
24.	Очистка конвертированного газа от оксида и диоксида углерода.
25.	Принципиальная технологическая схема процесса абсорбции, регенерации. Состав абсорбента. Принципиальная технологическая схема процесса метанирования. Катализаторы.
26.	Синтез аммиака. Физико-химические основы процесса. Катализаторы. Яды.
27.	Принципиальная технологическая схема синтеза аммиака. Оптимальные условия процесса. Аммиачно-холодильная установка.
28.	Характеристика аммиака. Техничко-экономические показатели производства. Стоки и выбросы. Применение аммиака.
29.	Производство азотной кислоты. Характеристика азотной кислоты. Требования к качеству сырья. Подготовка сырья к процессу конверсии аммиака. Применение азотной кислоты.
30.	Основные стадии производства азотной кислоты. Физико-химические основы процесса. Катализаторы конверсии. Яды.
31.	Принципиальные технологические схемы производства азотной кислоты. Оптимальные условия процесса. Очистка выхлопных газов.
32.	Основные стадии получения метанола. Способы получения синтез - газа. Физико-химические основы процесса. Катализаторы конверсии.
33.	Принципиальная технологическая схема каталитической паро-кислородной конверсии природного газа с дозированием диоксида углерода. Оптимальные условия процесса.

34.	Синтез метанола. Физико-химические условия процесса. Оптимальные условия синтеза. Состав метанола-сырца.
35.	Ректификация метанола-сырца. Физико-химические условия процесса. Принципиальная технологическая схема ректификации. Состав метанола-ректификата.
36.	Характеристика и классификация сырья по происхождению, агрегатному и химическому составу.
37.	Физико-химические основы синтеза аммиака. Равновесный выход аммиака. Условия, влияющие на равновесие реакции.
38.	Физико-химические основы окисления аммиака. Основные катализаторы.
39.	Физико-химические основы паро-кислородной конверсии природного газа
40.	Физико-химические основы конверсии оксида углерода.
41.	Колонны синтеза аммиака, особенности конструкции.
42.	Физико-химические основы процесса абсорбции в технологии серной кислоты
43.	Устройство трубчатой печи паровой конверсии метана. Утилизация тепла дымовых газов.
44.	Способы получения водорода и азота – сырья для синтеза аммиака.
45.	Очистка конвертированного газа от диоксида углерода в производстве аммиака.
46.	Переработка оксидов азота в азотную кислоту, кинетика и равновесие процесса.
47.	Селективная каталитическая очистка хвостовых газов от оксидов азота.
48.	Концентрирование азотной кислоты с помощью водоотнимающих добавок.
49.	Энерготехнологическая схема производства аммиака с рекуперацией энергии стадий получения синтез-газа
50.	Производство карбамида. Характеристика карбамида. Области
51.	Основные стадии процесса синтеза карбамида. Физико-химические основы процесса: синтеза, дистилляции, выпаривания, гранулирования.
52.	Технологические схемы производства карбамида Принципиальная технологическая схема с полным жидкостным рециклом. Оптимальные условия процесса. Очистка сточных вод и отходящих газов.
53.	Производство аммиачной селитры. Характеристика продукта. Области применения. Сырье.
54.	Физико-химические основы процесса: синтеза, выпаривания, гранулирования. Принципиальная технологическая схема процесса синтеза аммиачной селитры. Оптимальные условия процесса. Техно-экономические показатели работы агрегата



55.	Фосфатное сырье. Виды. Его подготовка. Принципиальная технологическая схема обогащения фосфоритной руды. Схема переработки фосфатного сырья в целевые продукты.
56.	Свойства фосфора и его соединений. Применение фосфора и фосфатов. Получение фосфора электротермическим способом. Получение термической фосфорной кислоты.
57.	Сернокислотное разложение природных фосфатов. Физико-химические основы процесса получения суперфосфата и принципиальная технологическая схема. Производство экстракционной фосфорной кислоты.
58.	Азотно-кислотная переработка фосфатов. Физико-химические основы процессов: разложения, кристаллизации нитрата кальция, аммонизации азотно-фосфорнокислых растворов, выпаривания и гранулирования.
59.	Принципиальная технологическая схема производства нитроаммофоски: мокрого отделения, отделения конверсии нитрата кальция и выпарки аммиачной селитры, выпарки азотно-фосфорнокислой пульпы и отделения предварительной сушки хлористого калия, нитроаммофоски, его обработки.
60.	Характеристика нитроаммофоски. Свойства сырья и сопутствующих продуктов.
61.	Калийные удобрения. Классификация. Принципиальная технологическая схема получения хлористого калия галургическим методом.
62.	Экологические проблемы производства серной кислоты и методы их решения
63.	Основные стадии производства аммиачной селитры, технологическая схема с использованием тепла реакции нейтрализации.
64.	Простой и двойной суперфосфаты. Методы их производства.
65.	Способы и основные стадии производства кальцинированной соды.
66.	Аммиачный способ производства кальцинированной соды и пути его интенсификации.
67.	Экологические проблемы в неорганической технологии. Комплексное использование сырья.
68.	Основы получения низких температур. Примеры циклов охлаждения.
69.	Технология производства щелочей. Способы и схемы производства.
70.	Физико-химические условия контактного окисления диоксида серы.

### Разработчики программы:

Зав. кафедрой, доцент, к.п.н. \_\_\_\_\_

(должность, ученое звание, степень)

(подпись)

**М.В.Кравцова**

(И.О.Фамилия)

## 6. Рекомендуемая литература

- 1 Химическая технология неорганических веществ : учебное пособие / Т. Г. Ахметов, В. М. Бусыгин, Л. Г. Гайсин, Р. Т. Ахметова ; под редакцией Т. Г. Ахметова. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2019 – 452 с.
- 2 Козадерова, О. А. Задачи и упражнения по химической технологии неорганических веществ : учебное пособие / О. А. Козадерова, С. И. Нифталиев, К. Б. Ким. – Воронеж : ВГУИТ, 2019 – 59 с.

## 7. Дополнительная литература

1. Ахметов Н. С. Общая и неорганическая химия : учеб, для вузов / Н. С. Ахметов. - Изд. 7-е, стер.; Гриф МО. - М. : Высш. шк., 2009. – 743 с. : ил. – Библиогр.: с. 727. – Предм. указ.: с. 728-736 . :
2. Балецкая Л. Г. Неорганическая химия : учеб, пособие для вузов / Л. Г. Балецкая. – Ростов н/Д : Феникс, 2010. – 317 с. : ил. – (Высшее образование). – Библиогр.: с. 316-317.
3. Гельфман М. И. Неорганическая химия: учеб, пособие для студ., обуч. по технол. направлениям и спец. / М. И. Гельфман, В. П. Юстратов. – Изд. 2-е, стер. – СПб. [и др.] : Лань, 2009. – 527 с.: ил. – (Учебники для вузов. Специальная литература). – Библиогр.: с. 502. – Прил.: с. 505-510. – Предм.-имен. указ.: с. 511-519
4. Хаханина Т. И. Неорганическая химия : учеб, пособие / Т. И. Хаханина, Н. Г. Никитина, В. И. Гребенькова. – Гриф УМО. – М. : Юрайт, 2010. – 288 с. – (Основы наук). – Библиогр.: с. 288.
5. Ахметов Н.С. Актуальные вопросы курса неорганической химии. – М.: Просвещение, 1991.
6. Бесков В.С., Сафронов В.С. Общая химическая технология и основы промышленной экологии: учеб. для вузов. – М.: Химия, 1999. – 470 с.

7. Гузей Л.С. Энергетика и кинетика химических реакций. — М.: МГУ, 1992.
8. Милаева Е.Р. Основы общей и неорганической химии. — М., МГПУ, 2002
9. Алтухов К.В., Мухленов И.П., Тумаркина Е.С. Химическая технология. — М., Просвещение, 1985.
10. Мухленов И.П. Общая химическая технология под ред. И. П. Мухленова — 2-е изд., перераб. и доп. — Л.: Химия, 1982. — 248 стр., ил.
11. Щукарев С.А. Неорганическая химия. — М., Высшая школа, 1970.
12. Рипан Р. Неорганическая химия. — М.: Мир, 1972.
13. Уэйлес С. Фазовые равновесия в химической технологии Часть 1 — М.: Мир, 1989. — 304 с.
14. Соколовский А.А. Технология минеральных удобрений. — М.: Химия, 1966.
15. Бабкин В.В., Бродский А.А. Фосфорные удобрения России. — М.: Маргус, 1995.
16. Мельников Е.Я., Солтанова В.П. Технология неорганических веществ и минеральных удобрений. — М.: Химия, 1983.
17. Прокошев В.В., Богдевич И.М. Калийные удобрения. — Международный институт калия (МИК), 1994. — 67 с.
18. Коренман И.М. Аналитическая химия калия. — М.: Наука, 1964. — 257 с.
19. Минеев В.Г. Комплексные удобрения. — М., Агрпромиздат, 1986.
20. Титков С.Н., Мамедов А.И., Соловьев Е.И. Обогащение калийных руд — М.: Недра, 1982. — 216 с.
21. Митрофанов С.И. Селективная флотация. — М.: Недра, 1968. — 583 с.
22. Богданов О.С. Теория и технология флотации руд 2-е изд. — М.: Недра, 1990. — 363 с.