

# ПРОГРАММА

вступительного экзамена в аспирантуру по специальности  
**05.17.01 «Технология неорганических веществ»**  
по химическим и техническим наукам

## Введение

В основу настоящей программы положены следующие дисциплины: теоретические основы технологии неорганических веществ, основные процессы в технологии неорганических веществ, технология важнейших неорганических веществ, химическая технология.

Программа разработана экспертным советом Высшей аттестационной комиссии Министерства образования Российской Федерации по химии (по химической технологии) при участии Государственного научно-исследовательского института химии и технологии элементоорганических соединений и Государственного научно-исследовательского института химических реактивов и особо чистых химических веществ.

## 1. Теоретические основы технологии неорганических веществ

### *Термодинамика*

Термодинамические свойства неорганических веществ - энергия Гиббса, энтропия и энтальпия образования. Тепловой эффект химической реакции. Химический потенциал и фазовые равновесия в однокомпонентных и многокомпонентных системах. Константа равновесия гомогенных и гетерогенных реакций.

### *Кинетика химических реакций*

Кинетика гомогенных и гетерогенных процессов, способы ускорения химических превращений. Кинетика гетерогенно-каталитических реакций.

### *Физико-химический анализ*

Фазовые диаграммы многокомпонентных систем. Использование фазовых диаграмм для выбора и расчета рациональных способов переработки неорганических продуктов.

## 2. Основные процессы в технологии неорганических веществ

### *Термохимические процессы.*

Высокотемпературные гетерогенные процессы разложения и синтеза, окислительно-восстановительные процессы. Плазмохимические процессы.

### *Каталитические процессы*

Катализаторы, их свойства. Виды катализа, стадии протекания и пути интенсификации процессов катализа. Физико-химические основы каталитических процессов. Особенности процессов в неподвижном и взвешенном слоях катализатора. Реакторы для каталитических процессов.

### *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.

### *Подготовка сырья*

Сырьевые ресурсы и основные направления их переработки. Способы подготовки сырья:

*Грохочение.* Назначение и виды операций грохочения. Гранулометрический состав. Эффективность грохочения.

*Дробление.* Назначение операций дробления. Физические основы процессов дробления. Щековые, конусные, и валковые дробилки. Дробилки ударного действия.

*Измельчение.* Назначение и физические основы процессов измельчения. Барабанные мельницы. Мельницы самоизмельчения.

*Классификация.* Закономерности падения минеральных зерен в воде и воздухе. Процессы классификации. Механические, гидравлические, центробежные, воздушные классификаторы (сепараторы).

*Гравитационное обогащение.* Общие принципы разделения частиц при гравитационном обогащении. Разделение частиц в потоках жидкостей.

*Магнитное обогащение.* Основные понятия о величинах, определяющих поведение тел в магнитных полях. Магнитные свойства минералов.. Магнитные и электромагнитные сепараторы.

*Электрическое обогащение.* Основы электрического обогащения.

*Флотация.* Естественная флотуемость минералов. Назначение флотационных реагентов. Виды адсорбции флотационных реагентов. Термодинамический анализ возможности прилипания частицы к пузырьку газа. Физические основы минерализации пузырьков. Столкновение частиц с пузырьками. Закрепление и удержание частиц на пузырьках и в слое пены. Кинетика флотации в машинах периодического и непрерывного действия. Флотация не влияющих друг на друга частиц различной флотуемости.

*Обжиг.* Назначение обжига. Обжиг с термической диссоциацией соединений. Окислительный и сульфатизирующий обжиг. Восстановительный и восстановительно-сульфидизирующий обжиг. Хлорирующий и восстановительно-хлорирующий обжиг.

*Сушка.* Кинетика процессов сушки. Внутренний перенос влаги и теплоты. Внешний теплообмен.

## **3. Технология важнейших неорганических веществ**

*Промышленные газы.* Свойства, применение и способы получения инертных газов, азота, кислорода, водорода, синтез-газа.

*Связанный азот.* Получение азотоводородной смеси (АВС). Химическая и технологическая схема производства аммиака. Физико-химические основы синтеза аммиака на катализаторе. Реактор синтеза аммиака. Свойства и применение аммиака

Технология производства азотной кислоты. Свойства и применение азотной кислоты.

*Серная и другие минеральные кислоты.* Сырье для производства кислот. Свойства и применение серной, фосфорной, соляной и фтористоводородной кислот. Способы их производства из различного сырья. Реакции, протекающие при обжиге, разложении сырья и синтезе кислот.

*Минеральные удобрения.* Азот-, фосфор- и калийсодержащие удобрения, комплексные удобрения, микроудобрения. Свойства и применение. Сырьевые ресурсы для получения удобрений, физико-химические основы и способы их получения.

*Сода и щелочные продукты.* Сода, поташ, гидроксиды натрия и калия. Сырье для их получения. Свойства, применение и способы получения.

*Продукты высокотемпературного синтеза.* Основные способы получения, свойства и применение карбида кальция, термического фосфора, термической фосфорной кислоты, продуктов плазмохимической технологии.

*Соли и неорганические реактивы.* Классификация, свойства и применение. Основные способы получения солей и реактивов минеральных и органических кислот.

*Цветные и благородные металлы.* Сырьевые ресурсы и способы получения меди, свинца, цинка, молибдена, вольфрама и благородных металлов. Степень извлечения металлов из руд. Комплексное использование минерального сырья

*Особо чистые вещества.* Классификация, природа примесей. Методы анализа и глубокой очистки веществ. Требования к конструкционным материалам и чистоте технологической среды.

*Изотопы.* Свойства и применение. Основные способы получения: ректификация, изотопный обмен. Получение изотопов водорода, углерода, азота, кислорода и других легких элементов.

*Защита окружающей среды при производстве неорганических веществ.* Источники загрязнения: газообразные, жидкие и твердые отходы, тепловые выбросы, их свойства и характеристики. Способы уменьшения, обезвреживания и очистки отходов от примесей соединений серы, азота, углерода, галогенов, кислот и растворителей. Утилизация отходов. Физические, физико-химические и химические методы очистки воды и воздуха. Подготовка воды для получения особо чистых веществ.

### **Основная литература**

1. Позин М.Е., Зинюк Р.Ю. Физико-химические основы неорганической технологии. Л.: Химия, 1985.

2. Карапетьянц М.Х. Введение в теорию химических процессов. М.: Высш. шк., 1981.
3. Основы жидкостной экстракции / Под ред. Г.А. Ягодина, М.: Химия, 1981.
4. Кельцев Н.В. Основы адсорбционной техники. М.: Химия, 1984.
5. Электротермические процессы химической технологии / Под ред. В.А. Ершова. Л.: Химия, 1984.
6. Бесков В.С., Сафронов В.С. Общая химическая технология и основы промышленной экологии. М.: Химия, 1999.
7. Бесков В.С. Общая химическая технология. М.: ИКЦ Академкнига. 2006.- 452 с.
8. Методы получения особо чистых неорганических веществ / Б.Д. Степин, И.Г. Горштейн, Г.З. Блюм и др. Л.: Химия, 1969.
9. Андреев Б.М., Зельвенский Я.М., Катальников С.Г. Разделение стабильных изотопов физико-химическими методами. М.: Энергоатомиздат, 1982.
10. Семенов В.П., Кисилев Г.Ф., Орлов А.А. Производство аммиака. М.: Химия, 1985.
11. Васильев Б.Т., Отвагина М.И. Технология серной кислоты. М.: Химия, 1985.

#### **Дополнительная литература**

1. Позин М.Е. Технология минеральных удобрений. Л.: Химия, 1989.
2. Третьяков Ю.Д. Твердофазные реакции. М.: Химия, 1978.
3. Пархоменко В.Д., Цыбунов П.Н., Краснокутский Ю.И. Технология плазмохимических процессов. Киев: Выща школа, 1991.
4. Розовский А.Я. Гетерогенные химические реакции. М.: Наука, 1980.
5. Широков Ю.Г. Теоретические основы технологии неорганических веществ. Иваново: ИГХТУ, 2000.