



МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный технологический институт  
(технический университет)»  
(СПбГТИ(ТУ))

УТВЕРЖДАЮ

Ректор

  
А. Г. ШВАЧИК  
« 25 »  2022 г.



**ПРОГРАММА**  
вступительных испытаний для приема на обучение по программе  
подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре

По дисциплине

**ТЕХНОЛОГИЯ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ**

Научная специальность

2.6.7 – Технология неорганических веществ

Санкт-Петербург

2022

## СОДЕРЖАНИЕ

1 Рекомендуемая структура экзамена.....	3
2 Разделы дисциплины, рассматриваемые в ходе экзамена .....	3
3 Вопросы к вступительному экзамену .....	4
4 Рекомендуемая литература.....	6
5 Методические указания по подготовке к вступительному экзамену .....	8

## **1 Рекомендуемая структура экзамена**

- 1.1 Письменный ответ на два вопроса из списка экзаменационных вопросов.
- 1.2 Беседа с членами приемной комиссии по этим вопросам и вопросам, связанным со специальностью и будущим научным исследованием.

## **2 Разделы дисциплины, рассматриваемые в ходе экзамена**

- 2.1 Теоретические основы технологии неорганических веществ
  - 2.1.1 Основы термодинамики в технологии неорганических веществ
  - 2.1.2 Кинетика технологии неорганических веществ
  - 2.1.3 Научные основы катализа и адсорбции
- 2.2 Основные процессы в технологии неорганических веществ
  - 2.2.1 Высокотемпературные (электротермические и плазмохимические) процессы
  - 2.2.2 Каталитические процессы
  - 2.2.3 Вспомогательные процессы подготовки сырья и обработки продуктов
- 2.3 Технология важнейших неорганических веществ
  - 2.3.1 Технология связанного азота и водородная энергетика
  - 2.3.2 Технологии минеральных кислот
  - 2.3.3 Технология минеральных солей и удобрений
  - 2.3.4 Технология катализаторов и сорбентов
  - 2.3.5 Технология продуктов высокотемпературного синтеза
  - 2.3.6 Технология реактивов и особо чистых веществ
- 2.4 Защита окружающей среды при производстве неорганических веществ
- 2.5 Экспериментальные методы в технологии неорганических веществ

### 3 Вопросы к вступительному экзамену

- 1 Фазовое состояние вещества. Уравнения состояния идеального и реального газа. Фугитивность, коэффициент фугитивности.
- 2 Фазовые равновесия в системах неорганических веществ. Правило фаз Гиббса. Химический потенциал фазы. Термодинамические свойства неорганических веществ. Энтальпия, энтропия, энергия Гиббса, методы их расчета.
- 3 Химическое равновесие. Термодинамические параметры реакции, тепловой эффект и константа равновесия химической реакции.
- 4 Термодинамика растворов и расплавов. Идеальные, регулярные, атермальные, ассоциированные растворы. Активность, коэффициент активности, методы их расчета.
- 5 Плазменное состояние вещества. Процессы в низкотемпературной плазме.
- 6 Формальная химическая кинетика. Скорость реакции. Простые и сложные реакции. Закон действующих масс, молекулярность.
- 7 Влияние температуры на скорость реакции. Уравнение Аррениуса, его теоретические обоснования. Взаимосвязь кинетических параметров обратимой реакции с термодинамическими.
- 8 Отклонения от формально-кинетического описания скорости реакции. Порядок реакции, реакции дробного порядка, причины отклонений.
- 9 Кинетика гетерогенно-каталитических процессов. Адсорбционные равновесия на поверхности катализатора. Закон действующих поверхностей.
- 10 Механизмы гетерогенно-каталитических процессов. Механизмы Лэнгмюра – Хиншельвуда, Или – Ридила, Марса – ван Крвелена. Адсорбция и кинетика на однородной и неоднородной поверхности.
- 11 Механизмы катализа. Кислотно-основный катализ. Окислительно-восстановительный катализ. Катализ на металлах и на оксидах.
- 12 Электронные представления в гетерогенном катализе. Электронная теория и каталитические свойства переходных металлов.
- 13 Некаталитические гетерогенные процессы: растворение, кристаллизация, процессы «твердое тело – газ». Кинетика, влияние процессов массопереноса.
- 14 Топохимические реакции и процессы. Уравнение Колмогорова – Ерофеева. Влияние процессов массопереноса.
- 15 Высокотемпературные процессы (классификация, предназначение).
- 16 Электротермические процессы. Особенности электрического нагрева. Силовое оборудование. Классификация печей технологии электротермических производств.
- 17 Процессы в реакционном пространстве руднотермической печи. Взаимосвязь технологических и геометрических параметров руднотермической печи.
- 18 Технология фосфора (основные реакции, описание технологического процесса и оборудования).
- 19 Технология карбида кремния и карбида бора (основные реакции, описание технологического процесса и оборудования).
- 20 Технология электрокорундов и монокорунда (основные реакции, описание технологического процесса и оборудования).
- 21 Плазмохимические процессы. Кинетика плазмохимических процессов. Технологические схемы и реакторы в плазмохимической технологии.
- 22 Ключевые промышленные плазмохимические процессы (основные реакции, описание технологического процесса и оборудования).
- 23 Каталитические процессы в технологии неорганических веществ. Классификация важнейших каталитических процессов ТНВ и их катализаторов.
- 24 Особенности каталитического процесса. Стадии протекания и режимы каталитического процесса. Кинетическая, внутри- и внешнелиффузионная области.
- 25 Технология катализаторов. Основные требования к катализаторам. Подбор оптимального состава катализатора. Типовая аппаратура катализаторных производств.

- 26 Отравление катализаторов. Контактные яды, механизмы отравления катализаторов.
- 27 Катализ во взвешенном слое. Преимущества и недостатки ведения процессов во взвешенном слое.
- 28 Ключевые каталитические процессы технологии связанного азота: паровая конверсия природного газа, конверсия оксида углерода (II), метанирование, синтез аммиака, синтез метанола, окисление аммиака. Технологическое оборудование и катализаторы.
- 29 Каталитические процессы окисления: окисление диоксида серы, окисление водорода, окисление оксида углерода (II), глубокое окисление органических веществ. Технологическое оборудование и катализаторы.
- 30 Методы разделения многокомпонентных смесей. Особенности процессов разделения и способы реализации. Влияние управляющих параметров, способы интенсификации.
- 31 Технология получения синтез-газа и водорода. Сырьевая база, применение продукта. Технологическое оборудование процесса, условия проведения.
- 32 Технология получения аммиака и азотной кислоты. Сырьевая база, применение продукта. Технологическое оборудование процесса, условия проведения.
- 33 Технология получения метанола и формальдегида. Сырьевая база, применение продукта. Технологическое оборудование процесса, условия проведения.
- 34 Технология получения серной кислоты. Сырьевая база, применение продукта. Технологическое оборудование процесса, условия проведения.
- 35 Технология получения фосфорной кислоты. Сырьевая база, применение продукта. Технологическое оборудование процесса, условия проведения.
- 36 Технология получения хлора и соляной кислоты. Сырьевая база, применение продукта. Технологическое оборудование процесса, условия проведения.
- 37 Технология получения кислорода и инертных газов. Сырьевая база, применение продукта. Технологическое оборудование процесса, условия проведения.
- 38 Технологии высокотемпературных процессов. Получение фосфора, карбидов кальция и бора, цианмида кальция, электрокорундов. Сырьевая база, применение продукта. Технологическое оборудование процессов, условия проведения.
- 39 Технология минеральных удобрений: азотные, фосфорные, калийные, комплексные удобрения. Сырьевая база, применение. Технологическое оборудование процессов, условия проведения.
- 40 Технология минеральных солей: соды, поташа, гидроксидов натрия и калия, йодобромных солей и т.п. Сырьевая база, применение. Технологическое оборудование процессов, условия проведения.
- 41 Технология неорганических реактивов и особо чистых веществ. Способы получения, сырьевая база. Методы глубокой очистки веществ, классификация и природа примесей.
- 42 Технология сорбентов и катализаторов. Сырьевая база, применение. Основные требования к сорбентам, катализаторам и носителям катализаторов.
- 43 Классификация сорбентов и катализаторов. Силикагели, оксиды и гидроксиды алюминия и др. металлов, цеолиты и другие алюмосиликаты, активные угли.
- 44 Способы получения сорбентов и катализаторов: осаждение, смешение, пропитка, термохимическая и механохимическая активация. Технологическое оборудование процессов, условия проведения.
- 45 Технология изотопов. Сырьевая база, применение. Технологическое оборудование процессов, условия проведения.
- 46 Источники загрязнения: выбросы газов, сточные воды, твердые отходы. Свойства и характеристики.
- 47 Физические и химические способы уменьшения выбросов и очистки отходов.
- 48 Тепловое загрязнение. Способы уменьшения теплового загрязнения.

49 Технологическое оборудование в защите окружающей среды: пылеулавливатели, газоочистители.

50 Катализ в защите окружающей среды. Каталитические процессы, связанные с защитой окружающей среды: окисление оксида углерода (II), разложение оксидов азота, глубокое окисление органических соединений и т.п.

51 Приборы и методики получения и исследования жидких фаз.

52 Приборы и методики получения и исследования газовых фаз.

53 Приборы и методики получения и исследования твердых фаз.

54 Математическая обработка результатов экспериментов.

55 Методы кинетического анализа в технологии неорганических веществ.

#### **4 Рекомендуемая литература**

##### **а) печатные издания:**

1 Общая химическая технология: учебник для химико-технологических специальностей вузов: В 2-х частях. Часть 1. Теоретические основы химической технологии / Под редакцией И.П. Мухленова. – 5-е изд., стер. – Москва: Альянс, 2009. – 256 с. – ISBN 978-5-903034-78-9

2 Общая химическая технология: учебник для химико-технологических специальностей вузов: В 2-х частях. Часть 2. Важнейшие химические производства / Под редакцией И.П. Мухленова. – 5-е изд., стер. – Москва: Альянс, 2009. – 263 с. – ISBN 978-5-903034-79-6

3 Чоркендорф, И. Современный катализ и химическая кинетика / И. Чоркендорф, Х. Наймантсведрайт; перевод с английского В.И. Ролдугина. – Долгопрудный: Интеллект, 2010. – 501 с. – ISBN 978-5-91559-044-0

4 Лавров, Б.А. Физическая химия расплавов: Учебное пособие / Б.А. Лавров, Ю.П. Удалов. – Санкт-Петербург: Проспект науки, 2013. – 176 с. – ISBN 978-5-903090-91-44

5 Технология минеральных удобрений: учебное пособие для вузов по направлению подготовки «Химическая технология» / Под редакцией И.А. Петропавловского. – Санкт-Петербург: Проспект науки, 2018. – 312 с. – ISBN 978-5-906109-63-7

6 Электротермические процессы и реакторы: Учебное пособие для вузов по специальности «Химическая технология неорганических веществ» / С.П. Богданов, К.Б. Козлов, Б.А. Лавров, Э.Я. Соловейчик. – Санкт-Петербург: Проспект науки, 2009. – 423 с. – ISBN 978-5-903090-32-7

7 Пахомов, Н.А. Научные основы приготовления катализаторов. Введение в теорию и практику / Н.А. Пахомов; отв. ред. В.А. Садыков; Российская академия наук. Сибирское отделение. Институт катализа имени Г.К. Борескова. – Новосибирск: изд-во СО РАН, 2011. – 2011. – 262 с. – ISBN 978-5-7692-1185-0

8 Ивахнюк, Г.К. Активный оксид алюминия: учебное пособие / Г.К. Ивахнюк, Н.Ф. Федоров; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет). Кафедра инженерной защиты окружающей среды. – Санкт-Петербург: Менделеев, 2014. – 75 с. – ISBN 978-5-94922-038-2

9 Логинов, С.В. Химическая технология неорганических веществ: учебное пособие / С.В. Логинов, Н.Н. Правдин, Ю.П. Удалов; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет). Кафедра общей химической технологии и катализа. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2019. – 141 с.

10 Лавров, Б.А. Теоретические основы химической технологии: учебное пособие / Б.А. Лавров; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет).

Кафедра общей химической технологии и катализа. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2015. – 136 с.

11 Лавров, Б.А. Химическая технология неорганических веществ: учебное пособие / Б.А. Лавров; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет). Кафедра общей химической технологии и катализа. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2015. – 127 с.

12 Пахомов, Н.А. Курс лекций по кинетике процессов технологии неорганических веществ: учебное пособие / Н.А. Пахомов, А.С. Григорьев, И.И. Торлопов; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет). Кафедра общей химической технологии и катализа. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2020. – 93 с.

13 Удалов, Ю.П. Технология монокристаллов и особо чистых веществ: учебное пособие / Ю.П. Удалов; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет). Кафедра общей химической технологии и катализа. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2015. – 106 с.

14 Удалов, Ю.П. Технология монокристаллов и особо чистых веществ: практикум / Ю.П. Удалов, Б.А. Лавров, Н.В. Мураховская; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет). Кафедра общей химической технологии и катализа. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2016. – 76 с.

#### **б) электронные учебные издания:**

1 Химическая технология неорганических веществ: учебное пособие: в 2 частях. Кн. 1 / Под редакцией Т.Г. Ахметова. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург [и др.]: Лань, 2021. – 688 с. – ISBN 978-5-8114-2332-3 // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 05.04.2021). – Режим доступа: по подписке.

2 Химическая технология неорганических веществ: учебное пособие: в 2 частях. Кн. 2 / Под редакцией Т.Г. Ахметова. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург [и др.]: Лань, 2021. – 536 с. – ISBN 978-5-8114-2333-0 // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 05.04.2021). – Режим доступа: по подписке.

3 Общая химическая технология. Основные концепции проектирования химико-технологических систем: учебник для вузов по химико-технологическим направлениям подготовки и специальностям / И.М. Кузнецова [и др.]; под редакцией Х.Э. Харлампиди. – 2-е изд., перераб. – Санкт-Петербург [и др.]: Лань, 2021. – 384 с. – ISBN 978-5-8114-1479-6 // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 05.04.2021). – Режим доступа: по подписке.

4 Общая химическая технология. Методология проектирования химико-технологических процессов: учебник для вузов по химико-технологическим направлениям подготовки и специальностям / И.М. Кузнецова [и др.]; под редакцией Х.Э. Харлампиди. – 2-е изд., перераб. – Санкт-Петербург [и др.]: Лань, 2021. – 448 с. – ISBN 978-5-8114-1478-9 // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 05.04.2021). – Режим доступа: по подписке.

5 Логинов, С.В. Химическая технология неорганических веществ: учебное пособие / С.В. Логинов, Н.Н. Правдин, Ю.П. Удалов; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет). Кафедра общей химической технологии и катализа. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2019. – 141 с. // СПбГТИ. Электронная библиотека. – URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 05.04.2021). – Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.

6 Лавров, Б.А. Теоретические основы химической технологии: учебное пособие / Б.А. Лавров; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет). Кафедра общей химической технологии и катализа. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2015. – 136 с. // СПбГТИ. Электронная библиотека. – URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 05.04.2021). – Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.

7 Лавров, Б.А. Химическая технология неорганических веществ: учебное пособие / Б.А. Лавров; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет). Кафедра общей химической технологии и катализа. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2015. – 127 с. // СПбГТИ. Электронная библиотека. – URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 05.04.2021). – Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.

8 Пахомов, Н.А. Курс лекций по кинетике процессов технологии неорганических веществ: учебное пособие / Н.А. Пахомов, А.С. Григорьев, И.И. Торлопов; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет). Кафедра общей химической технологии и катализа. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2020. – 93 с. // СПбГТИ. Электронная библиотека. – URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 05.04.2021). – Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.

9 Удалов, Ю.П. Диаграммы состояния многокомпонентных систем и их применение в технологических расчетах: учебное пособие / Ю.П. Удалов; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет). Кафедра общей химической технологии и катализа. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2016. – 124 с. – // СПбГТИ. Электронная библиотека. – URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 05.04.2021). Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.

10 Удалов, Ю.П. Технология монокристаллов и особо чистых веществ: учебное пособие / Ю.П. Удалов; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет). Кафедра общей химической технологии и катализа. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2015. – 106 с. – // СПбГТИ. Электронная библиотека. – URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 05.04.2021). Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.

11 Удалов, Ю.П. Технология монокристаллов и особо чистых веществ: практикум / Ю.П. Удалов, Б.А. Лавров, Н.В. Мураховская; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет). Кафедра общей химической технологии и катализа. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2016. – 76 с. – // СПбГТИ. Электронная библиотека. – URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 05.04.2021). Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.

## **5 Методические указания по подготовке к вступительному экзамену**

При подготовке к вступительному экзамену поступающим в аспирантуру лучше всего ориентироваться на лекции, прочитанные преподавателями кафедры по дисциплинам «Общая химическая технология», «Гетерогенные процессы технологии неорганических веществ», «Кинетика процессов технологии неорганических веществ», «Научные основы катализа и адсорбции», а также дополнять их сведениями из литературных источников, представленных в «Рабочей программе». По каждой из тем, приведенных в рабочей программе дисциплины «Технология неорганических веществ», следует сначала прочитать рекомендованную литературу и при необходимости составить



краткий конспект основных положений, терминов, сведений, требующих запоминания и являющихся основополагающими в этой теме для освоения последующих разделов курса.

Для расширения знаний по дисциплине рекомендуется использовать следующие Интернет-ресурсы:

- 1 Библиотека Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета) – <http://bibl.lti-gti.ru>
- 2 Российская государственная библиотека – [www.rsl.ru](http://www.rsl.ru)
- 3 Российская национальная библиотека – [www.nlr.ru](http://www.nlr.ru)
- 4 Библиотека Академии наук – [www.rasl.ru](http://www.rasl.ru)
- 5 Библиотека по естественным наукам РАН – [www.benran.ru](http://www.benran.ru)
- 6 Всероссийский институт научной и технической информации ВИНТИ – [www.viniti.ru](http://www.viniti.ru)
- 7 Государственная публичная научно-техническая библиотека – [www.gpntb.ru](http://www.gpntb.ru)
- 8 Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU – [www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru)
- 9 Реферативная база данных научных публикаций Web of Science – [webofknowledge.com](http://webofknowledge.com)
- 10 Электронно-библиотечная система «Лань» – <http://e.lanbook.com>