

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Смирнов Сергей Николаевич  
Должность: врио ректора  
Дата подписания: 25.05.2025 16:41:22  
Уникальный программный ключ:  
69e375c64f7e975d4e8830e7b4fcc2ad1bf35f08

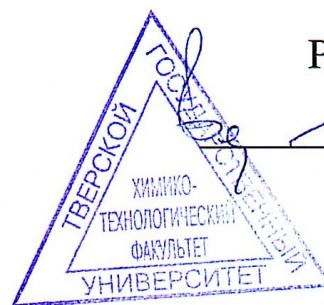
**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**ФГБОУ ВО «ТВЕРСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Утверждаю:

Руководитель ООП

Феофанова М.А.

24 апреля 2024 г.



Рабочая программа дисциплины

## **Химическая технология**

Закреплена за кафедрой:	<b>Физической химии</b>
Направление подготовки:	<b>04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия</b>
Направленность (профиль):	<b>Экспертная и медицинская химия: теория и практика.</b>
Квалификация:	<b>Химик. Преподаватель химии</b>
Форма обучения:	<b>очная</b>
Семестр:	<b>6</b>

Программу составил(и):

*канд. техн. наук, доц., Лагусева Елена Ивановна; канд. хим. наук, доц.,  
Межеумов Игорь Николаевич*

Тверь, 2024

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

### Цели освоения дисциплины (модуля):

Цель дисциплины - дать студенту представление о современном состоянии и перспективах развития технологии основных химических производств. Научить студентов применять фундаментальные законы химических превращений к условиям промышленного производства.

### Задачи:

- знакомство с составом и структурой химического производства;
- изучение закономерностей химических превращений в условиях промышленного производства;
- обучение современным методам и приемам анализа, разработки и создания оптимальной организации химических и химико-технологических процессов;
- развитие химико-технологического мышления и эрудиции при анализе и синтезе химико-технологических процессов и систем;
- знакомство с основами экологии и защиты окружающей среды при создании химико-технологических производств на примерах передовых химических производств.
- повысить уровень профессиональной компетентности студентов посредством установления системы межпредметных связей содержания курса с содержанием профилирующих дисциплин.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

Цикл (раздел) ОП: Б1.О

### Требования к предварительной подготовке обучающегося:

Физическая химия

Органическая химия

Аналитическая химия

Физика

Математика

Новые информационные технологии

Безопасность жизнедеятельности

Неорганическая химия

**Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:**

Математическое моделирование химических равновесий

Современная химия и химическая безопасность

Химическая метрология

Высокомолекулярные соединения

## 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

<b>Общая трудоемкость</b>	5 ЗЕТ
Часов по учебному плану	180
<b>в том числе:</b>	
аудиторные занятия	72
самостоятельная работа	41
часов на контроль	27

## 4. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

ОПК-1.3: Формулирует заключения и выводы по результатам анализа литературных данных, собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ химической направленности

- Уровень 1 - поиск информации в глобальной сети интернет; основными понятиями фундаментальной и прикладной химии
- Уровень 1 - основные подходы к решению производственных задач на основе физической, аналитической и органической химии;  
- основные группы загрязнителей, пути их миграции, трансформации и накопления в экосистемах.
- Уровень 1 - применять полученные знания на практике;  
- на основе закономерностей химической науки прогнозировать поведение техногенных систем

ОПК-2.1: Работает с химическими веществами с соблюдением норм техники безопасности

- Уровень 1 - правила поведения в экстренных ситуациях; правила работы с потенциально опасными веществами (концентрированные кислоты и основания, легковоспламеняющиеся и токсичные вещества) и работы на компьютере
- Уровень 1 - выполнять химические и физико-химические работы с соблюдением норм техники безопасности и с минимальными рисками для окружающей среды;  
- применять безопасные приемы при работе с органическими реактивами и химическими приборами
- Уровень 1 - навыками проведения эксперимента в лабораторных условиях и нормами техники безопасности в лаборатории и технологических условиях;  
- способами безопасного обращения с химическими материалами с учетом их физических и химических свойств

ОПК-2.4: Проводит исследования свойств веществ и материалов с использованием серийного научного оборудования

- Уровень 1 - методиками для изучения новых свойства веществ и материалов;  
- навыками работы на типовом научном оборудовании
- Уровень 1 - использовать справочные свойства веществ и материалов для изучения новых их свойств;  
- работать на типовом научном оборудовании
- Уровень 1 - справочные свойства веществ и материалов для изучения новых их свойств;  
- серийное научное оборудование

ОПК-3.1: Применяет теоретические и полуэмпирические модели при решении задач химической направленности

- Уровень 1 - классификацию и теоретические основы химико-технологических процессов;  
- общие принципы выбора, устройство и принцип работы технологического оборудования;  
- основные технические показатели технологического процесса
- Уровень 1 - определять основные параметры процесса;  
- применять знания о химических производствах для решения теоретических и практических задач;  
- составлять и рассчитывать материальный и тепловой баланс отдельных процессов;  
- оценивать технологическую эффективность производства.
- Уровень 1 - навыком проведения анализа влияния параметров системы на качество основного продукта в процессе производства;

- составлением материального и теплового балансов отдельных процессов;
- оценивать технологическую эффективность производства.

ОПК-3.2: Использует стандартное программное обеспечение при решении задач химической направленности

- Уровень 1 - способами совершенствования профессиональных знаний и умений путем использования возможностей информационной среды региона, области, страны;
- Уровень 1 - методами регистрации и обработки результатов, полученных на оборудовании в лаборатории химической технологии
- Уровень 1 - требования к аппаратуре, источники погрешностей физико-химических методов;
- Уровень 1 - проблемы воспроизводимости результатов
- Уровень 1 - определять оптимальные условия проведения технологических процессов

ОПК-6.1: Представляет результаты работы в виде отчета по стандартной форме на русском языке

- Уровень 1 - навыками представления результатов экспериментальной работы в виде отчета
- Уровень 1 - представлять результаты лабораторных работ в виде отчета на русском языке
- Уровень 1 - правила оформления отчета о выполнении лабораторных работ

## 5. ВИДЫ КОНТРОЛЯ

Виды контроля в семестрах:	
экзамены	6

## 6. ЯЗЫК ПРЕПОДАВАНИЯ

Язык преподавания: русский.

## 7. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Код занят.	Наименование разделов и тем	Вид занятия	Семестр / Курс	Часов	Источники	Примечание
------------	-----------------------------	-------------	----------------	-------	-----------	------------

### Список образовательных технологий

1	Дискуссионные технологии (форум, симпозиум, дебаты, аквариумная дискуссия, панельная дискуссия, круглый стол, фасилитированная и т.д.)					
2	Информационные (цифровые) технологии					
3	Активное слушание					
4	Технологии развития дизайн-мышления					
5	Технологии развития критического мышления					

## 8. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### 8.1. Оценочные материалы для проведения текущей аттестации

Основные вопросы подготовки к модульной работе №1

1. Чем обусловлена жёсткость воды? Какие виды жёсткости существуют?
2. Что такое временная жёсткость? Как её можно устранить?
3. Что такое постоянная жёсткость? Какими методами её можно уменьшить?
4. Чем обусловлена щёлочность воды?
5. Какие существуют методы снижения жёсткости воды? Опишите их суть.
6. В чём сущность реагентного и ионообменного методов умягчения воды? Их эффективность и области применения.
7. Почему при использовании фосфатного метода степень умягчения выше, чем при известково-содовом методе?
8. Поясните сущность комплексонометрического метода определения общей жёсткости воды.
9. Назовите методы определения карбонатной и общей жёсткости воды.
10. Что такое остаточная жёсткость? Как определить степень умягчения?
11. Укажите основные направления использования воды в химическом производстве.
12. В чём заключается рациональное использование водных ресурсов в химической промышленности?
13. Что такое водооборот и с какой целью он используется?
14. Привести схему промышленной водоподготовки, выделить основные операции.
15. Требования, предъявляемые к технологической воде.
16. Дайте определение понятию «химический реактор».
17. Составьте материальный баланс для реактора идеального смешения.
18. Запишите характеристическое уравнение для реактора идеального смешения.
19. Расскажите о кинетических моделях реактора идеального смешения для реакций нулевого, первого и второго порядков.
20. Укажите достоинства и недостатки режима идеального смешения по сравнению с режимом идеального вытеснения.
21. Каким методом вы определяли текущие концентрации реагентов и степень превращения при выполнении лабораторной работы?
22. Как определяется энергия активации реакции? Зависит ли она от времени?
23. Почему степень превращения зависит от времени?
24. Оцените влияние избытка этилацетата на степень превращения щелочи и на скорость реакции. Влияет ли этот избыток на выход продукта?
25. Приводит ли неравномерность по времени пребывания частиц смеси в реакторе к уменьшению КПД аппарата идеального (полного) смешения непрерывного действия по сравнению с аппаратами, работающими периодически?
26. Зависит ли движущая сила процесса в аппаратах идеального смешения от порядка реакции и степени превращения сырья?
27. Наиболее важным показателем, отражающим совершенство химического реактора, является интенсивность протекающего в нем процесса. Как интенсивность связана со временем, затрачиваемым на получение заданного продукта?
28. Проанализируйте основные недостатки и достоинства реактора идеального смешения периодического действия.

## Основные вопросы подготовки к модульной работе №2

1. Три основных гипотезы образования нефти на Земле.
2. Углеводородный состав нефти, его причины.
3. На какие классы подразделяются нефти по составу?
4. Из чего состоят углеводородная, неуглеводородная и минеральная части нефти?
5. Какие вещества называются нефтепродуктами? Перечислите основные из них.
6. Приведите общую схему переработки нефти.
7. Для чего проводятся операции стабилизации, обессоливания и обезвоживания добытой нефти?
8. Какие процессы нефтепереработки называются первичными и вторичными?

9. Что является целью прямой гонки нефти?
  10. Принцип работы ректификационной колонны.
  11. Какие превращения претерпевают углеводороды различных классов при крекинге нефтепродуктов?
  12. Что характеризует стабильность углеводородов в процессе крекинга и как она зависит от температуры и сложности молекулы углеводорода?
  13. В чем преимущества каталитического крекинга перед термическим?
  14. Что такое гидрокрекинг и где он используется в нефтепереработке?
  15. Что такое риформинг нефтепродуктов?
  16. Чем отличается облагораживание бензина (повышение октанового числа) от ароматизации (синтез индивидуальных углеводородов)?
  17. С какой целью и как проводится очистка нефтепродуктов?
  18. Принципиальное различие между бензином и дизельным топливом.
  19. Способы увеличения цетанового числа дизельного топлива.
  20. Нефтяные и синтетические смазочные масла.
  21. Что такое степень углефикации твердого топлива?
  22. Перечислите основные методы химической переработки каменных углей.
  23. Характеристика и химический состав твердого топлива.
  24. Коксование каменных углей. Требования к углям для коксования. Продукты коксования
- коксования
25. Какой процесс называется гидрированием твёрдого топлива?
  26. Приведите общую схему коксохимического производства.
  27. Что такое шихтовка каменных углей и для чего она проводится?
  28. Устройство и работа коксовых печей. Чем определяется профиль камеры коксовой печи?
  29. Какое топливо используется для обогрева коксовых печей?
  30. В чем преимущество сухого гашения перед мокрым?
  31. Какие продукты выделяются из прямого коксового газа при улавливании?
  32. Приведите в виде схемы последовательность операций при разделении прямого коксового газа.
  33. В виде какой соли и почему извлекаются из прямого коксового газа соединения аммиака?
  34. Какие соединения входят в состав «сырого бензола»?
  35. На какие продукты ректифицируется каменноугольная смола и какие основные продукты выделяются из этих фракций?

лабораторные работы по темам № 1 - № 4  
4 работы (до 10 баллов каждая)

2. вид:

- контрольная работа № 1 (до 5 баллов)
- контрольная работа № 2 (до 5 баллов)
- контрольная работа № 3 (до 5 баллов)
- контрольная работа № 4 (до 5 баллов)

способ: традиционный

результаты: оформленные по заданию бумажные бланки с решениями

3. вид: посещаемость - 0,5 балла - занятие

## 8.2. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации

1. Укажите основные области использования серной кислоты и олеума.
2. Почему в настоящее время в качестве серосодержащего сырья используется преимущественно сера, а не колчедан?
3. Чем отличаются технологические схемы производства серной кислоты из серы и

из колчедана? Дайте объяснение.

4. С какой целью печной газ перед контактированием разбавляют воздухом?
5. В чем заключается специальная очистка печного газа, полученного обжигом колчедана?
6. Какие катализаторы используются в производстве серной кислоты? Приведите состав контактных масс БАВ и СВД.
7. Как влияют на скорость и степень окисления оксида серы (IV) в оксид серы (VI) температура, давление и состав контактируемого газа?
8. В чем преимущество метода двойного контактирования по схеме ДК-ДА?
9. Из каких условий выбирается абсорбент на стадии абсорбции оксида серы (VI)?
10. В чем заключается принципиальное отличие процесса производства серной кислоты из сероводородного газа от других? Объясните, почему в этом методе отсутствует стадия абсорбции.
11. Перечислите основные направления совершенствования сернокислотного производства. В чем заключается принцип работы энерготехнологической схемы с использованием серы в качестве топли-
12. В чем заключается проблема «связанного» азота?
13. Укажите промышленные методы «связывания» атмосферного азота и сравните их энергоемкость и эффективность.
14. Перечислите основные области использования аммиака и его растворов.
15. Почему аммиачно-воздушные смеси с содержанием аммиака от 0,155 до 0,270 об. дол. не используются в производстве?
16. Как и почему изменилась структура сырья аммиачного производства в последние годы?
17. Что такое метанирование (предкатализ) в производстве аммиака?
18. Почему в производстве аммиака используется циклическая схе-
19. Как получают контактную массу для производства аммиака? Для чего в нее вводятся оксиды алюминия, калия и кальция?
20. Почему в производстве аммиака наиболее распространены системы так называемого «среднего» давления?
21. Чем обеспечивается оптимальный температурный режим в колонне синтеза?
22. Укажите основные технологические свойства и области применения разбавленной и концентрированной азотной кислоты.
23. Приведите химическую схему производства азотной кислоты из аммиака и укажите условия протекания каждой ее стадии.
24. Окисление аммиака воздухом протекает по трем направлениям. 25. За счет чего достигается высокая селективность процесса окисления до оксида азота (II)?
26. Почему окисление аммиака проводят при давлении не выше 1 МПа?
27. Как влияют температура и давление на реакцию окисления оксида азота (II) до оксида азота (IV) и димеризацию последнего?
28. Почему скорость окисления оксида азота (II) аномально понижается с увеличением температуры?
29. Объясните, почему в обычных условиях синтеза может быть получена только «разбавленная» азотная кислота, концентрацией не выше 0,6 мас. дол.
30. Почему в производстве азотной кислоты степень абсорбции не превышает 0,98 дол. ед.? Как это связано с абсорбционным объемом?
31. В чем преимущества комбинированной схемы (АК-72) производства азотной разбавленной кислоты?
32. Почему концентрированная азотная кислота не может быть получена прямым упариванием разбавленной кислоты? Какую роль в процессе концентрирования играют концентрированная серная кислота или нитрат магния?
33. Сформулируйте основные принципы прямого синтеза концентрированной азотной кислоты.
34. Что такое нитроолеум? Какова его роль в процессе синтеза?

### 8.3. Требования к рейтинг-контролю

Рейтинг дисциплины - 100 баллов (зачет от 40 баллов)

1. лабораторные работы по темам № 1 - № 4 - 4 работы (до 10 баллов каждая)
2. контрольная работа № 1 (до 5 баллов), контрольная работа № 2 (до 5 баллов)
3. контрольная работа № 3 (до 5 баллов), контрольная работа № 4 (до 5 баллов)
4. вид: посещаемость - 0,5 балла - занятие

## 9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### 9.1. Рекомендуемая литература

#### 9.3.1 Перечень программного обеспечения

1	Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows
2	Adobe Acrobat Reader
3	Google Chrome
4	Origin 8.1 Sr2
5	Многофункциональный редактор ONLYOFFICE

#### 9.3.2 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1	СПС "ГАРАНТ"
2	СПС "КонсультантПлюс"
3	ЭБС «Лань»
4	ЭБС BOOK.ru
5	ЭБС ТвГУ
6	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU (подписка на журналы)
7	ЭБС «Университетская библиотека онлайн»

## 10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Аудит-я	Оборудование
3-412	комплект учебной мебели, переносной ноутбук, проектор, монометр универсальный, огнетушитель, печь муфельная, плитка эл., поляриметры,

## 11. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) Основная литература:

1. Пугачев В. М. Химическая технология: учебное пособие // Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2014, с. [https://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_view\\_red&book\\_id=278505](https://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=278505)

б) Дополнительная литература:

1. Гвоздовский В. И. Промышленная экология: учебное пособие: в 2-х ч. - Самара : Самарский государственный архитектурно-строительный университет, 2008. - Ч. 1. Природные и техногенные системы. - 270 с. - [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=143903>

2. Брянкин К. В. , Леонтьева А. И. , Орехов В. С. Общая химическая технология : в 2-х ч., Ч. 2 // Тамбов: Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012, 172с Режим доступа: [https://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_red&id=277912&sr=12](https://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=277912&sr=12).



Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

- ЭБС «ZNANIUM.COM» [www.znanium.com](http://www.znanium.com);
- ЭБС «Университетская библиотека онлайн» <https://biblioclub.ru/>;
- ЭБС «Лань» <http://e.lanbook.com>

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

- Электронная образовательная среда ТвГУ <http://lms.tversu.ru>
- Научная библиотека ТвГУ <http://library.tversu.ru>
- Сайт о химии <http://www.xumuk.ru/>
- Сайт химического факультета МГУ <http://www.chem.msu.ru/rus/teaching/phys.html>

Методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины

#### 1. Задания и контроль самостоятельной работы

Самостоятельная работа по дисциплине «Химическая технология» проводится с целью углубления и закрепления полученных в ходе лекционных занятий знаний и приобретение навыков пользования рекомендованной литературой, навыков научного исследования.

Самостоятельная работа начинается с работы над лекционным материалом. Она включает конспектирование лекций и последующую работу над ними. При конспектировании лекции рекомендуется на каждой странице оставлять поля для последующих записей в дополнение к конспекту.

При работе над текстом лекции студенту следует обратить особое внимание на проблемные вопросы, поставленные преподавателем при чтении лекции, а так же на его задание и рекомендации.

Перед каждым лабораторным занятием необходима самостоятельная работа по подготовке к его выполнению по индивидуальным темам. Для этого обучающемуся предлагаются темы для самостоятельной проработки. 2. Методические указания по подготовке к лабораторным занятиям

Тематическое наполнение дисциплины (для дополнительного самостоятельного изучения)

Общие вопросы химической технологии

Роль и масштабы использования химических процессов в различных сферах материального производства. Сырьевая и энергетическая база химических производств. Тенденции развития техносферы и возрастающее значение проблем ресурсо- и энергосбережения, обеспечения безопасности химических производств, защиты окружающей среды.

Химическое производство как сложная система. Основные этапы создания химико-технологических систем (ХТС); принципы и общая стратегия системного подхода. Структурная иерархия технологических систем: молекулярные процессы – макрокинетика – аппараты – производства – глобальные проблемы развития техносферы. Роль математического моделирования в решении задач проектирования и эксплуатации ХТС.

Фундаментальные критерии эффективности использования сырья и энергоресурсов в ХТП. Интегральные уравнения баланса материальных потоков в технологических системах. Показатели расхода различных видов сырья; относительный выход продукта. Интегральные уравнения баланса потоков энергии. Сопоставление масштабов изменения различных форм энергии в типовых процессах. Коэффициенты преобразования энергии. Термодинамическая неравноценность различных форм энергии; термодинамическая шкала качества тепловой энергии. Интегральное уравнение баланса энтропии; рост энтропии в технологическом процессе. Основные источники производства энтропии в технологических процессах; общее выражение скорости производства энтропии через потоки субстанций и их

движущие силы. Основные направления повышения эффективности использования сырьевых и энергетических ресурсов. Комплексное использование сырья.

Энерготехнологические схемы и их сущность.

Критерии интенсивности ХТП и компактности технологических устройств. Конкурирующий характер показателей интенсивности (компактности) и термодинамического совершенства. Фундаментальный характер проблем управления абсолютными скоростями процессов.

Химическая технология и материаловедение. Современная систематика материалов по составу, свойствам и функциональному назначению. Материалы как важная категория продуктов химической технологии. Воспроизводимость свойств материалов как ключевая проблема материаловедения. Функциональные материалы в химической технологии: катализаторы, адсорбенты, электроды, мембраны, сенсоры и др. Параметры ныне применяемых функциональных материалов и прогнозируемые характеристики. Ресурс функциональных материалов - один из важнейших критериев их использования в технологии. Конструкционные материалы как фактор, лимитирующий применение экстремальных физических воздействий в технологии. Химическое сопротивление металлических и неметаллических материалов. Методы защиты металлов и сплавов от коррозии. Основные виды неметаллических конструкционных материалов. Роль новых материалов в синтезе эффективных технологических схем и интенсификации технологических процессов.

Экономические показатели эффективности химических производств. Техно-экономические особенности химической промышленности. Основные производственные фонды, оборотные средства и трудовые ресурсы производств. Критерии эффективности их использования. Структура затрат на производство и реализацию продукции. Себестоимость продукции, прибыль и ценообразование в химической промышленности. Оценка эффективности инвестиционных проектов.

Структура и технологические схемы химических производств

Статистические данные о масштабах мирового производства важнейших групп химических продуктов в тоннажном и стоимостном выражении, удельном энергопотреблении, стоимости и сроках службы основных видов оборудования. Прогнозные данные о сырьевом обеспечении крупномасштабных промышленных химических процессов, включая переработку первичных энергоресурсов во вторичные, производство металлов и полимерных материалов, минеральных удобрений, серной кислоты и т.д. Общие сведения об основных источниках промышленных отходов и выбросов, их воздействие на окружающую среду. Сложность и многовариантность решения задачи синтеза и оптимизации технологической схемы крупного химического производства. Принцип многостадийного осуществления химического преобразования исходного сырья в конечные продукты с оптимальным варьированием вдоль траектории процесса температуры и давления, точек ввода реагентов и вывода побочных продуктов химических превращений, использованием вспомогательных рабочих веществ селективного действия (катализаторов, абсорбентов и т.д.), организацией местных рециклов материальных потоков. Структурная организация процессов теплообмена и вспомогательных потоков теплоносителей в современных технологических системах, направленная на утилизацию теплоты (термической эксергии) экзотермических стадий процесса при проведении его эндотермических стадий. Необходимость оптимизации не отдельных стадий, а технологической схемы производства в целом. Вода как сырье и компонент химических производств; процессы водоподготовки и подсистемы водооборота в промышленности. Подсистемы контроля и управления технологическими процессами. Виды технологического анализа на химических предприятиях. Перспективы использования суперкомпьютеров для анализа динамического поведения многоступенчатых технологических систем и оптимального управления действующими производствами.

Технология азота

Ключевое значение технологии связывания атмосферного азота в производстве

продовольствия. Структура современного производства аммиака из природного газа: основные блоки и связи. Гибкое использование гетерогенных катализаторов в многоступенчатой схеме приготовления и очистки азотоводородной смеси. Наиболее важные схемные решения, направленные на энергосбережение: сопряжение эндотермической реакции конверсии метана и экзотермических процессов окисления топлива в шахтном реакторе; последовательное снижение температуры на стадиях конверсии оксида углерода; распределенный по высоте абсорбера ввод абсорбента (раствора МЭА) с различной степенью регенерации и соответственно распределенный отвод регенерированного раствора из десорбера; инфраструктура потоков теплоносителей - воды и пара. Особенности циркуляционной схемы синтеза аммиака; физико-химические основы выбора оптимальной схемы синтеза аммиака; профилирование температуры по высоте колонны синтеза. Утилизация "продувочных" газов. Оценка потерь эксергии и капитальных затрат на различных стадиях производства аммиака и современные тенденции в его оптимизации. Структура и основные особенности современной технологической схемы производства азотной кислоты. Физико-химические основы и аппаратное оформление процессов селективного каталитического окисления аммиака, окисления оксидов азота и их абсорбции. Схемы каталитического обезвреживания отходящих газов. Причины низкой эксергетической эффективности производства азотной кислоты.

Производство нитрата аммония. Использование теплоты нейтрализации.  
Производство карбамида.

Перспективы биотехнологии в решении проблемы фиксации азота в почвах.

Переработка фосфорсодержащего сырья

Виды фосфорсодержащего сырья: апатиты и фосфориты, мировые запасы и основные месторождения. Различия минералогического состава и свойств, определяющие выбор способа технологической переработки: кислотного, термического, гидротермического, плазмохимического. Механохимическая активация фосфорсодержащего сырья.

Современное состояние производства и потребления фосфора и фосфорных кислот. Экстракционная кислота как основа производства минеральных удобрений. Электротермический способ получения элементарного фосфора и термической фосфорной кислоты.

Физико-химические основы разложения природных фосфатов серной, азотной и фосфорной кислотами. Политермический анализ фазовых равновесий в растворах многокомпонентных систем - основа выбора технологических параметров процесса комплексной переработки апатита. Дегидратный, полугидратный и ангидритный способы разложения. Совершенствование аппаратного оформления процесса: переход от каскада реакторов с перемешиванием к лабиринтному типу непрерывного экстрактора. Фильтрация и отмывка фосфогипса. Состав и концентрация образующейся фосфорной кислоты в зависимости от температуры и способа разложения апатита. Выделение и утилизация фтористых газов. Баланс по фтору в производстве фосфорной кислоты и удобрений.

Производство экстракционной фосфорной кислоты и удобрений – основной потребитель мирового производства серной кислоты. Современное состояние производства серной кислоты из различных видов сырья (природная сера, колчедан, серосодержащие отходящие газы переработки полиметаллических руд, сера и сероводород из нефтей и природного газа). Фосфогипс - отход производства экстракционной фосфорной кислоты - потенциальный источник сырья для получения серной кислоты и построения замкнутых циклов в производстве удобрений.

Каталитические процессы нефтепереработки

Мировые запасы нефти, основные показатели распространенности и потребления нефти по странам. Дефицит нефти. Основные целевые продукты нефтепереработки. Первичные и вторичные процессы нефтепереработки. Глубокая переработка нефти с использованием каталитических процессов - основа ресурсосбережения и получения

высококачественных моторных топлив, смазочных масел и широкого ассортимента сырья для нефтехимического и микробиологического синтеза.

Каталитический крекинг - важнейший многотоннажный технологический процесс переработки нефтяных фракций. Химические основы процесса и целевые продукты. Многовариантный состав керосино-газойлевых фракций - основного сырья процесса каталитического крекинга и методы его подготовки (гидрообессеривание и гидроочистка).

Алюмосиликатные катализаторы крекинга (от природных глин до современных цеолитсодержащих синтетических катализаторов). Роль аморфной алюмосиликатной матрицы. Синергизм в системе цеолит - матрица. Гибкость процесса по сырью за счет целенаправленного модифицирования катализатора (введение матрицы, полизарядных катионов, ультрастабилизация), придание устойчивых механических и гидромеханических свойств (микросферизация, введение баритов и пр.). Изменение свойств катализатора (активности и селективности) в процессе крекинга и необходимость регенерации катализатора. Роль процессов массопереноса в осуществлении каталитического крекинга.

Эволюция технологического оформления процесса каталитического крекинга: стационарный слой катализатора, псевдоожиженный слой микросферного катализатора, движущийся слой гранулированного катализатора, движущийся слой шарикового катализатора с соосным расположением реактора и регенератора с пневмотранспортом, крекинг в лифт-реакторе с дожигом CO в CO<sub>2</sub> и улавливанием сернистых соединений в регенераторе.

Основные технологические параметры современного процесса: температура, давление, объемная скорость подачи сырья, кратность циркуляции катализатора и его характеристика. Влияние массовых потоков в реакторе и регенераторе на устойчивость температурных режимов каталитического крекинга и эффективность процесса в целом. Совершенствование процесса: повышение активности и прочности катализаторов, каталитического крекинга с другими каталитическими процессами - применение схем с полусквозным потоком катализатора, сопряжение каталитический реформинг, платформинг, висбрекинг и др.

#### Электрохимическое производство хлора и каустической соды

Физико-химические основы процесса электролиза водных растворов и расплавов хлоридов щелочных металлов. Баланс напряжения и расход электроэнергии на электролиз. Выход по току. Материальный и тепловой балансы электролизера. Основы теории переноса в диафрагмах и ионообменных мембранах. Распределение газосодержания в межэлектродном пространстве. Анализ влияния неоднородностей распределения тока и фильтрации электролита на выход по току побочных продуктов.

Типы промышленных электролизеров. Электролизеры с твердым катодом: диафрагменный и мембранный. Электролизер с ртутным катодом. Реактор для разложения амальгамы. Электролизер для электролиза расплавов хлоридов щелочных металлов.

Основные стадии производства хлора и каустической соды. Приготовление и очистка рассола. Электролиз водных растворов и расплавов. Физико-химические основы конденсации жидкого хлора. Осушка, компримирование и конденсация жидкого хлора. Хранение и транспортировка жидкого хлора. Осушка и перекачка водорода. Выпарка и плавка каустической соды. Экологические проблемы производства хлора и каустической соды.