

ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

**«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**ПРОГРАММА  
ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ  
ПО СПЕЦИАЛЬНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ  
«ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ»,**  
соответствующей направлению подготовки научно-педагогических  
кадров в аспирантуре

**18.06.01 Химические технологии**  
совокупности программы аспирантуры с направленностями  
(профилями)  
**05.17.01 ТЕХНОЛОГИЯ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ**  
**05.17.07 ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ТОПЛИВА И  
ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ**

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

2018

Программа вступительного испытания по специальной дисциплине, соответствующей направлению подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре 18.06.01 Химические технологии, совокупности программ аспирантуры с направленностями (профилями): Технология неорганических веществ, Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ разработана на основании федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования уровня магистратуры по направленностям (профилям): Химическая технология органических веществ, Химическая технология неорганических веществ, Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов. Программа вступительного испытания одобрена на Совете факультета переработки минерального сырья.

### **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ПРОГРАММЕ ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ ПО СПЕЦИАЛЬНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ «ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ»**

Основной целью вступительного испытания в аспирантуру по специальной дисциплине является выявление наличия у соискателя сформированных компетенций в различных областях химической технологии, таких как:

- умение составлять математические модели типовых профессиональных задач, находить способы их решений и интерпретировать профессиональный (физический) смысл полученного математического результата;

- умение использовать знания о строении вещества, природе химической связи в различных классах химических соединений для понимания свойств материалов и механизма химических процессов, протекающих в окружающем мире;

- умение разрабатывать научные и теоретические основы комплексной переработки жидких, газообразных и твердых топлив, в том числе нефти, газовых конденсатов, газа, каменных углей, сланцев, торфа, природных графитов, шунгитов, природных битумов и минерального сырья с созданием замкнутых систем;

- умение использовать сетевые компьютерные технологии и базы данных в своей предметной области, пакеты прикладных программ для расчета технологических параметров оборудования;

- умение систематизировать и обобщать информацию по использованию ресурсов предприятий;

- умение планировать и проводить физические и химические эксперименты, проводить обработку их результатов и оценивать погрешности, математически моделировать физические и химические процессы и явления, выдвигать гипотезы и устанавливать границы их применения;

- умение проводить стандартные и сертификационные испытания материалов, изделий и технологических процессов;
- умение использовать знание свойств химических элементов, соединений и материалов на их основе для решения задач профессиональной деятельности;
- умение использовать знания основных физических теорий для решения возникающих физических задач, самостоятельного приобретения физических знаний для понимания принципов работы приборов и устройств, в том числе выходящих за пределы компетентности конкретного направления;
- умение изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования.

### **СОДЕРЖАНИЕ ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ ПО СПЕЦИАЛЬНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ «ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ»**

На вступительном испытании соискатель должен продемонстрировать основные компетенции, сформированные в результате освоения основной общепрофессиональной образовательной программы магистратуры по направлениям (профилям): Химическая технология органических веществ, Химическая технология неорганических веществ или Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов.

Поступающий в аспирантуру должен:

- уметь логически верно, аргументировано и ясно строить устную и письменную речь, способен в письменной и устной речи правильно (логически) оформить результаты мышления;
- уметь работать в коллективе, быть готовым к кооперации с коллегами,
- стремиться к саморазвитию, повышению своей квалификации и мастерства, способен приобретать новые знания в области химической технологии, математики, естественных, гуманитарных, социальных и экономических наук;
- знать, как работать с информацией в глобальных компьютерных сетях;
- владеть одним из иностранных языков на уровне не ниже разговорного;
- уметь использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применяет методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования химических экспериментов;
- уметь использовать знания о строении вещества, природе химической связи в различных классах химических соединений для понимания свойств материалов и механизма химических процессов, протекающих в окружающем мире;

- знать сущность и значение химической информации в развитии современного информационного общества, сознавать опасности и угрозы, возникающие в этом процессе, соблюдать основные требования информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны;

- уметь составлять математические модели типовых химико-технологических задач, находить способы их решений и интерпретировать профессиональный физико-химический смысл химического эксперимента;

- уметь применять аналитические и численные методы решения поставленных задач, использовать современные информационные технологии, проводить обработку информации с использованием прикладных программ деловой сферы деятельности; использовать сетевые компьютерные технологии и базы данных в своей предметной области, пакеты прикладных программ для расчета технологических параметров оборудования;

- уметь планировать и проводить физические и химические эксперименты, проводить обработку их результатов и оценивать погрешности, математически моделировать физические и химические процессы и явления, выдвигать гипотезы и устанавливать границы их применения;

- уметь использовать знание свойств химических элементов, соединений и материалов на их основе для решения задач профессиональной деятельности;

- уметь использовать основные физико-химические теории для решения возникающих практических задач, самостоятельного приобретения знаний, для понимания принципов работы приборов и технологического оборудования, в том числе выходящих за пределы компетентности химического направления.

## **СТРУКТУРА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ**

Вступительное испытание включает:

1) Устные ответы на три вопроса из списка вопросов для вступительного испытания.

2) Беседа с членами приемной комиссии по вопросам, связанным с научным исследованием соискателя.

### **1. РАЗДЕЛЫ ТЕХНОЛОГИИ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ, РАССМАТРИВАЕМЫЕ В ХОДЕ ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ**

#### **1.1. Вводная часть**

Основные разделы, изучаемые в дисциплине, их взаимосвязь между собой. Продукты теоретической технологии, области их применения. Классификация технологических процессов с точки зрения их экономической эффективности. Блок-схема неорганических производств. Характеристика и классификация сырья по происхождению, агрегатному состоянию, химическому составу. Размещение химических производств в зависимости от места добычи сырья.

Комплексное использование доступного и дешевого сырья, безотходные производства. Резервы для совершенствования химических технологий переработки сырья и материалов. Основные направления в выборе сырья.

Физико-химический анализ неорганических веществ: рентгенофазовый анализ, оптическая микроскопия в исследованиях неорганических веществ, химический анализ содовых продуктов.

## **1.2. Производство технологических газов**

Основные промышленные и синтез-газы в технологии неорганических веществ, их свойства. Методы получения технологических газов. Получение азота, кислорода и редких газов из воздуха методом глубокого охлаждения. Получение водорода конверсией углеводородных газов и другими методами. Новые способы конверсии углеводородных газов. Очистка технологических газов от контактных ядов и других примесей. Методы очистки и их классификация. Основные направления в производстве технологических газов. Каталитическая очистка технологических газов (природного газа от серосодержащих примесей, очистка хвостовых газов в производстве азотной кислоты и др.). Конверсия природного газа на никелевом катализаторе.

## **1.3. Химия и технология синтеза катализаторов и адсорбентов**

Производство катализаторов и сорбентов. Состав промышленных катализаторов и требования к ним. Научные основы приготовления и технологии катализаторов. Физико-химические и эксплуатационные характеристики катализаторов и сорбентов. Пористая структура контактных масс и ее роль в катализе. Удельная поверхность и методы ее измерения. Механическая прочность. Основные методы приготовления катализаторов. Основные типы катализаторов, используемых в производстве неорганических веществ, принципиальные технологические схемы их приготовления. Природа изменения активности катализатора под действием реакционной среды и условий эксплуатации. Регенерация промышленных катализаторов. Совершенствование технологических процессов с применением новых видов катализаторов.

Общие закономерности подбора катализаторов и адсорбентов. Требования, предъявляемые к промышленным катализаторам и адсорбентам. Факторы, определяющие каталитическую активность. Возможность предвидения каталитического действия химических веществ. Классификация катализаторов. Оптимальная пористая структура катализаторов и адсорбентов. Состав промышленных контактных масс. Основы технологии. Значение катализаторов и адсорбентов. Технология осажденных катализаторов, носителей и адсорбентов. Основные стадии технологии. Производство гранулированного силикагеля, алюмоси-

ликатных катализаторов, таблетированных катализаторов. Технологические схемы, оптимальные параметры технологического режима.

Технология получения катализаторов методом пропитки. Способы и режимы пропитки. Особенности сушки и прокали пропиточных катализаторов. Примеры синтеза контактных масс. Технологические схемы и оптимальные технологические параметры.

Технологии смешанных и плавленных катализаторов. Принципиальные технологические схемы. Производство катализаторов синтеза метанола, производства серной кислоты и аммиака. Технологические схемы и оптимальные технологические параметры.

Основы технологии силикагелей. Цеолиты. Особенности структурных и физико-химических свойств. Основы технологии синтетических цеолитов.

Технология углеродных сорбентов. Теоретические основы активации углеродных материалов. Требования к сырьевым материалам для получения активных углей. Примеры производств активных углей. Основные области применения активных углей.

Аппаратура и оборудование производств катализаторов и адсорбентов. Аппараты для жидкофазных процессов. Оборудование для сушки и прокали катализаторов. Машины и аппараты для механических процессов в производстве катализаторов.

#### **1.4. Химико-технологический процесс получения кислот**

Разбавленная азотная кислота. Физико-химические основы производства азотной кислоты. Катализаторы окисления аммиака. Современные крупнотоннажные производства. Концентрированная азотная кислота. Физико-химические основы производства концентрированной азотной кислоты. Новые направления получения азотной кислоты.

Значение серной кислоты в народном хозяйстве. Сырье для получения серной кислоты. Производство сернистого газа. Очистка и осушка газа, поступающего в контактное отделение. Физико-химические основы контактного окисления диоксида серы. Катализаторы для окисления.

Промышленные схемы контактного узла. Абсорбция серного ангидрида. Промышленные схемы производства серной кислоты. Экологические проблемы – способы очистки отходящих газов. Основные направления по совершенствованию серноокислотного производства.

#### **1.5. Получение высококонцентрированных минеральных удобрений**

Агротехническое значение минеральных удобрений. Ассортимент и классификация минеральных удобрений. Азотные удобрения. Аммиачная селитра. Химизм и основные стадии производства.

Технологическая схема с использованием тепла реакции нейтрализации. Карбамид. Оптимальные условия производства. Основные стадии в производстве карбамида. Методы утилизации газов дистилляции.

Технологическая схема с полным жидкостным рециклом. Новые направления в производстве аммиачной селитры. Фосфорные удобрения и фосфорные кислоты.

Фосфорсодержащее сырье и методы его переработки. Получение экстракционной фосфорной кислоты. Химизм процесса. Технологическая схема производства ЭФК. Простой и двойной суперфосфаты. Методы их производства.

Технологические схемы получения и грануляции суперфосфатов. Новые направления в производстве фосфорных удобрений. Калийные удобрения. Калийное сырье и способы его переработки. Галлургический способ производства хлорида калия. Комплексная переработка калийных руд. Новые направления в производстве калийных удобрений. Комплексные (КУ) и сложные удобрения. Методы производства КУ. Получение КУ на основе фосфорной кислоты. Производство удобрений на основе азотнокислотного разложения фосфатов.

Механические способы получения дисперсных неорганических материалов: таблетирование порошкообразных материалов методом прессования, гранулирование сыпучих материалов. Определение водно-физических свойств минеральных удобрений.

### **1.6. Производство карбоната натрия и каустической щелочи**

Неорганические щелочи и их применение в других отраслях промышленности. Способы и основные стадии производства кальцинированной соды. Аммиачный способ производства и пути его интенсификации.

Принципиальная схема производства кальцинированной соды. Новые направления в производстве кальцинированной соды. Производство каустической соды. Методы производства NaOH и их сравнительная характеристика. Физико-химические основы производства гидроксида натрия каустификацией содового раствора.

### **1.7. Технология продуктов тонкого неорганического синтеза, чистых веществ и реактивов**

Классификация неорганических продуктов по степени их чистоты; методы глубокой очистки газов и технология продуктов тонкого неорганического синтеза (реактивов, лекарственных препаратов, пищевых добавок, сверхпроводящих материалов и др.).

Технология продуктов тонкого неорганического синтеза. Классификация продуктов тонкого неорганического синтеза и области их применения. Физико-

химические аспекты выбора метода синтеза. Синтез неорганических веществ осаждением и соосаждением.

Синтез неорганических веществ в специальных средах, криохимическим методом, при высоких температурах и сверхвысоких давлениях. Примеры технологических процессов.

Технология чистых неорганических веществ и реактивов. Основные понятия о чистоте вещества. Формы примесей. Нормирование примесей. Теоретические основы очистки веществ и классификация методов очистки. Источники примесей в чистом веществе.

Очистка методами осаждения, переводом вещества в газовую фазу, применением транспортных реакций. Физико-химические методы глубокой очистки веществ. Очистка веществ дистилляционными, кристаллизационными, экстракционными, адсорбционными, ионообменными, электрохимическими, мембранными методами.

### **1.8. Технология глинозема**

Значение глинозема в народном хозяйстве. Сырье для получения глинозема. Требования, предъявляемые к глинозему, физико-химические свойства оксида алюминия и его гидратов.

Получение глинозема методами Байера и спекания. Физико-химические основы методов. Схемы производства, аппаратура и режимы работы. Комбинирование сухих и мокрых способов получения глинозема. Нетрадиционные методы получения оксида алюминия и его гидратов. Техничко-экономическое сравнение различных методов получения глинозема.

## **РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫЙ БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК К РАЗДЕЛУ 1**

### **Основная литература:**

1. Амелин А.Г. Технология серной кислоты. М.: Химия, 1983.-360 с.
2. Васильев Б.Т., Отвагина М.И. Технология серной кислоты. М.: Химия, 1985.-384 с.
3. Крашенинникова Н.С. Технология соды М.: Химия, 1988.-304 с.  
неорганических веществ. Л.: Химия, 1989.-492 с.
4. Позин М.Е. Технология минеральных солей. Л.: Химия, 1974. т.1.-792 с., т. 2.-760 с.
5. Позин М.Е. Технология минеральных удобрений. 4-е изд. Л.: Химия, 1974,-375 с.; 5-е изд. Л.: Химия, 1983,-336с.; 6-е изд. Л.: Химия, 1989.-352с.
6. Позин М.Е. Технология минеральных удобрений. Л.: Химия, 1989.-352 с.
7. Позин М.Е., Копылев Б.А., Бельченко Т.В. и др. Расчеты по технологии

8. Производство азотной кислоты в агрегатах большой единичной мощности / Под ред. В.М. Олевского. М.: Химия, 1987.-464
9. Производство технологического газа для синтеза аммиака и метанола из углеводородных газов / Под ред. А.Г. Лейбуш, М.: Химия, 1971.– 286 с.
10. Расчеты по технологии неорганических веществ / Позин М.Е., Копылев Б.А., Бельченко Г.В. и др. /Под ред. М.Е. Позина 2-е изд. Л.: Химия, 1977.– 496 с.
11. Румянцев О.В. Оборудование цехов синтеза высокого давления в азотной промышленности. М.: Химия, 1970.– 385 с
12. Синтез аммиака / Л.Д. Кузнецов, Л.М. Дмитриенко, П.Д. Рябина и др. Под ред. Л.Д. Кузнецова М.: Химия, 1982.– 296 с.
13. Справочник сернокислотчика / Под ред. К.М. Малинина М.: Химия, 1971.– 744 с.
14. Технология связанного азота /Под ред. В.И. Атрощенко.- Киев: Высшая школа,1985.-327 с.
15. Технология связанного азота. / В.И.Атрощенко, А.М.Алексеев, А.П.Засорин и др.: Под ред. В.И.Атрощенко. Киев.: Вища школа, 1985.-326с.
16. Химическая технология неорганических веществ: В 2 кн. Кн. 1. Учебное пособие / Т.Г. Ахметов, Р.Т. Порьфирьев, Л.Г. Гайсин и др./ Под ред. Т.Г. Ахметова – М.: Высш. шк., 2002. – 688 с.

#### **Дополнительная литература:**

1. Расчеты по технологии неорганических веществ / Под ред. Позина М.Е. – Л.: Химия, 1974. – 496 с.
2. Якименко Л.М. Производство хлора, каустической соды и неорганических хлорпродуктов. – М.: Химия, 1974. – 597 с.
3. Позин М.Е., Зинюк Р.Ю. Физико-химические основы неорганической технологии. - Л.: Химия, 1985. – 389 с.
4. Степин Б.Д. и др. Методы получения особоочищенных неорганических веществ. - Л.: Химия, 1969. – 480 с.
5. Галургия: Теория и практика / Под ред. И.Д. Соколова. – Л.: Химия, 1983. – 368 с.
6. Производство сульфата натрия из рассолов озера Кучук / Под ред. Е.Е. Фроловского. – СПб: Изд-во С.-Петербур. Ун-та, 2001. – 444 с.
7. Справочник азотчика / Под ред. Е.Я. Мельникова. – 2-е изд., перераб. – М.: Химия, 1986. – т. 1. – 512 с.
8. Справочник азотчика / Под ред. Е.Я. Мельникова. – 2-е изд., перераб. – М.: Химия, 1986. – т. 2. – 464 с
9. Абрамов В.Я., Алексеев А.И., Бадалянц, Х.А. Комплексная переработка нефелинов.- М.: Металлургия, 1990, 332 с.

## **2. РАЗДЕЛЫ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ ТОПЛИВА И ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ, РАССМАТРИВАЕМЫЕ В ХОДЕ ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ**

### **2.1. Вводная часть**

Основные разделы, изучаемые в дисциплине, их взаимосвязь между собой. Продукты теоретической технологии, области их применения. Классификация технологических процессов с точки зрения их экономической эффективности. Блок схема производств жидких, газообразных и твердых топлив и высокоэнергетических веществ. Характеристика и классификация сырья по происхождению, агрегатному состоянию, химическому составу. Размещение химических производств в зависимости от места добычи сырья. Комплексное использование доступного и дешевого сырья, безотходные производства. Резервы для совершенствования химической технологии переработки сырья и материалов. Основные направления в выборе сырья.

Физико-химический анализ топлив и высокоэнергетических веществ: стандартные методы анализа физико-химических свойств нефти, нефтепродуктов, горючих сланцев и угля; рентгенофазовый анализ, рентгенофлуоресцентный анализ, оптическая микроскопия, электронная микроскопия, инфракрасная спектроскопия, ядерный магнитный резонанс, термогравиметрия.

### **2.2. Первичная переработка нефти**

Основные схемы атмосферной перегонки нефти. Основные схемы вакуумной перегонки нефти. Основные аппараты установок первичной перегонки нефти. Ректификационные колонны. Теплообменники, конденсаторы, холодильники. Трубчатые печи. Промышленные установки первичной переработки нефти (ЭЛОУ-АВТ-6, ЭЛОУ-АТ-6). Блок стабилизации и вторичной перегонки бензина установки ЭЛОУ-АВТ-6.

### **2.3. Термические процессы деструктивной переработки нефти и газа**

Классификация вторичных процессов химической переработки нефти и газа. Основное назначение деструктивных процессов. Химизм и механизм реакций термолиза. Химизм реакций распада при термических процессах. Механизм реакций крекинга (распада) и уплотнения. Факторы термического крекинга. Реакционные устройства и принцип их расчета. Качество продуктов термического крекинга. Теоретические основы процесса пиролиза. Установки пиролиза нефтяного сырья. Влияние процессов на процесс пиролиза. Промышленное оформление процесса. Жидкофазный термолиз. Термический крекинг дистиллятного сырья. Висбрекинг тяжелого нефтяного сырья. Процесс замедлен-

ного коксования. Производство технического углерода. Производство нефтяных битумов. Технология окисления битумного сырья.

#### **2.4. Каталитические процессы в нефтепереработке**

Основное назначение каталитических процессов. Сущность катализа и особенности применения катализаторов нефтепереработки. Диффузионно-кинетические особенности гетерогенных каталитических реакций. Стадии гетерогенного катализа. Свойства катализаторов и методы их оценка. Классификация катализаторов нефтепереработки. Способы регенерации катализаторов. Процесс каталитического крекинга. Основные элементы реакционных аппаратов. Понятие о форсированном кипящем слое, лифт-реакторе и сквознопроточном реакторе. Технологические основы производств высокооктановых компонентов бензинов. Алкилирование изобутана олефинами. Каталитическая этерификация метанола изобутиленом (КЭТ). Технология получения метилтретбутилового эфира.

#### **2.5. Гидрокаталитические и гидрогенизационные процессы в нефтепереработке**

Катализаторы риформинга. Каталитическая изомеризация (КИЗ) пентангексановой фракции бензинов. Катализаторы КИЗ. Процесс гидроочистки нефтепродуктов. Катализаторы процесса гидроочистки. Одноступенчатый и двухступенчатый процесс гидрокрекинга. Факторы процесса гидрокрекинга. Катализаторы гидрокрекинга.

#### **2.6. Общая систематика различных твердых горючих ископаемых и их отличительные признаки (торф, бурые угли, каменные угли, антрациты, горючие сланцы)**

Характеристика твердых горючих ископаемых по данным их технического анализа. Влага, минеральные компоненты и зольность углей. Выход летучих веществ из твердых горючих ископаемых. Характеристика твердого нелетучего остатка. Общая сера и виды сернистых соединений в углях. Условная и истинная органическая и горючая масса углей. Зависимость между данными технического анализа и химической природой, зрелостью и составом твердых горючих ископаемых. Характеристика твердых горючих ископаемых по данным элементарного анализа. Взаимосвязь между данными элементарного анализа и химической природой твердых горючих ископаемых. Классификация углей по данным их элементного состава. Элементный состав и теплота сгорания твердых горючих ископаемых. Взаимодействие твердых горючих ископаемых с различными растворителями (бензол, антраценовые масла, пиридин и др.) и химическими реагентами (минеральные кислоты, щелочи, галоиды и др.).

Групповой химический состав различных видов твердых горючих ископаемых. Молекулярная структура органических твердых горючих ископаемых.

### **2.7. Технологические процессы переработки твердых горючих ископаемых**

Коксование углей. Спекание, превращение полукокса в кокс. Выделение газообразных продуктов на разных стадиях процесса коксообразования. Влияние различных факторов на процесс коксования. Оценка качества кокса. Современная технология производства кокса. Пути расширения сырьевой базы коксования. Методы непрерывного коксования углей. Деструктивная гидрогенизация твердых горючих ископаемых и синтез из водорода и оксида углерода. Особенности и назначение процесса деструктивной гидрогенизации. Оценка пригодности угля для гидрогенизации. Катализаторы и технологические параметры деструктивной гидрогенизации. Ступенчатая деструктивная гидрогенизация смол и нефтяных остатков. Жидкофазная и парофазная гидрогенизация. Выход и характеристика продуктов гидрогенизации. Получение химических продуктов методом гидрогенизации топлив. Совместная гидрогенизация углей и нефтей. Физико-химические основы каталитического процесса синтеза из  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2$ .

### **2.8. Теоретические основы процесса газификации и конверсии углеводородных газов**

Механизм реакции углерода с газами и реакций конверсии углеводородных газов. Обратимые, последовательные и параллельно-последовательные реакции процесса взаимодействия углерода с газами и конверсии углеводородных газов. Схема механизма реакций углерода с  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{O}_2$ . Химическая адсорбция. Образование и разрушение твердого поверхностного комплекса. Кинетические уравнения, основанные на представлениях о механизме реакций углерода с газами.

### **2.9. Технологические процессы синтеза специальных продуктов**

Современное состояние и перспективы развития производства материалов на основе углерода в России и других странах. Основные виды углеродных материалов и области их использования. Свойства углеродных материалов. Общие представления об углероде. Кристаллические формы углерода. Графит и его кристаллическая структура. Исходное сырье для производства углеродных материалов. Современные физико-химические представления о процессах формирования структуры и свойств углеродных материалов. Свойства и применение материалов на основе углерода. Сырьевые материалы. Коксы. Антрациты.

Природный графит. Технический углерод. Каменноугольные и нефтяные пеки, синтетические связующие.

## РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫЙ БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК К РАЗДЕЛУ 2

### Основная литература:

1. Абрамов А.А. Переработка, обогащение и комплексное использование твердых полезных ископаемых / А.А. Абрамов ; под ред. Г.Н. Макарова, Г.Д. Харлампови. – М.: Изд-во Московского государственного горного университета. 2007.

2. Агабеков В.Е., Косяков В.К. Нефть и газ. Технологии и продукты переработки. - Ростов н/Д: Феникс, 2014. – 458 с.

3. Ахметов С.А. Технология глубокой переработки нефти и газа : учебное пособие для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. - СПб.: Недра, 2013. - 544 с.

4. Ахметов А.Ф., Кондрашева Н.К., Герасимова Е.В. Основы нефтепереработки / под ред. А.М. Шаммазова. - СПб.: Недра, 2012. - 280 с.

5. Елецкий Л.В., Смирнов Б.М. Фуллерены и структура углерода // УФН. 1995. Т.105. №9. б) дополнительная литература 1б Кричко А.А., Малолетнев А.С. Жидкое топливо из угля // Рос. хим. журн. 1997. Т.XLI. № 6.

6. Капустин, В.М. Технология переработки нефти. В 4-х частях. Часть вторая. Физико-химические процессы / В.М. Капустин, А.А. Гуреев. – М.: Химия, 2015. – 400 с.

7. Потехин, В.М., Основы теории химических процессов технологии органических веществ и нефтепереработки / В.М. Потехин, В.В. Потехин. – Изд. 3-е, испр. и доп. – СПб.: Лань, 2014. – 896 с.

8. Развитие нефтегазового комплекса – основа развития регионов: Материалы научно практической конференции 2006 года. – СПб.: ХИМИЗДАТ, 2007. 200с.

### Дополнительная литература:

1. Ахметов С.А., Ишмияров М.Х., Кауфман А.А. Технология переработки нефти, газа и твёрдых горючих ископаемых. – СПб.: Недра, 2009. – 832 с.

2. Баннов П.Г. Процессы переработки нефти. – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб.: ХИМИЗДАТ, 2009. – 368с.

3. Боресков Г.К. Гетерогенный катализ. - М.: Наука, 1986. - 304 с.

4. Боресков Г.К. Катализ. Вопросы теории и практики. Избранные труды. - Новосибирск: Наука, 1987.

5. Гайле А.А., Сомов В.Е., Варшавсий О.М. Ароматические углеводороды: Выделение, применение, рынок: Справочник. – СПб: Химиздад, 2000. – 544с.

6. Дж. Перри. Справочник инженера химика. Том 1. Перевод с англ. Под ред. акад. Жаворонкова Н.М. и чд.-корр.АН СССР Романкова П.Г. М.: Химия, 1969,640с.

7. Дж. Перри. Справочник инженера химика. Том 2. Перевод с англ. Под ред. акад. Жаворонкова Н.М. и чд.-корр.АН СССР Романкова П.Г. М.: Химия, 1968,504с.

8. Кричко А.А., Малолетнев А.С. Жидкое топливо из угля // Рос. хим. журн. 1997. Т.XLI. № 6.

9. Справочник по химии и технологии твердых горючих ископаемых / А. Н. Чистяков, Д. А. Розенталь, Н. Д. Русьянова и др. СПб.: Синтез, 1996.

10. Рудин М.Г., Сомов В.Е., Фомин А.С. Карманный справочник нефтепереработчика./ Под редакцией М.Г.Рудина. – М.: ЦНИИТЭнефтехим, 2004. – 336с.

### **Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:**

Библиотека Горного университета	<a href="http://www.spmi.ru/node/891">www.spmi.ru/node/891</a>
Российская государственная библиотека	<a href="http://www.rsl.ru">www.rsl.ru</a>
Российская национальная библиотека	<a href="http://www.nlr.ru">www.nlr.ru</a>
Библиотека Академии наук	<a href="http://www.rasl.ru">www.rasl.ru</a>
Библиотека по естественным наукам РАН	<a href="http://www.benran.ru">www.benran.ru</a>
Всероссийский институт научной и технической информации (ВИНИТИ)	<a href="http://www.viniti.ru">www.viniti.ru</a>
Государственная публичная научно-техническая библиотека	<a href="http://www.gpntb.ru">www.gpntb.ru</a>
Научная библиотека Санкт-Петербургского государственного университета	<a href="http://www.geology.pu.ru/library/">www.geology.pu.ru/library/</a>
Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU	<a href="http://elibrary.ru">elibrary.ru</a>