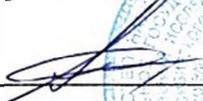


**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
«Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр  
Сибирского отделения Российской академии наук»  
(КНЦ СО РАН, ФИЦ КНЦ СО РАН)**

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор ФИЦ КНЦ СО РАН

  
\_\_\_\_\_ А.А. Шпедт

«15» *января* \_\_\_\_\_ 2022г.



**ПРОГРАММА КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА  
ПО СПЕЦИАЛЬНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

**«Химическая технология топлива  
и высокоэнергетических веществ»**

Научная специальность:  
**2.6.12 «Химическая технология топлива  
и высокоэнергетических веществ»**

Отрасль наук:  
технические и химические науки

Красноярск 2022

## 1 Общие положения

Программа кандидатского экзамена разработана на кафедре фундаментальных дисциплин и методологии науки факультета подготовки кадров ФИЦ КНЦ СО РАН в соответствии со следующими документами:

- Приказом Министерства науки и высшего образования РФ от 20 октября 2021 г. №951 «Об утверждении федеральных государственных требований к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов)»;
- Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 «О порядке присуждения ученых степеней»;
- Положением о подготовке научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре ФИЦ КНЦ СО РАН;
- Порядком сдачи кандидатских экзаменов и прикрепления лиц к ФИЦ КНЦ СО РАН для сдачи кандидатских экзаменов;
- Паспортом научной специальности.

Цель проведения экзамена: оценить уровень знаний, умений и навыков в области химической технологии топлива и высокоэнергетических веществ

Экзамен по специальной дисциплине должен выявить уровень теоретической и профессиональной подготовки экзаменуемого, знание общих концепций и методологических вопросов данной науки, истории ее формирования и развития, фактического материала, основных теоретических и практических проблем данной отрасли знаний.

К кандидатскому экзамену допускаются лица, прикрепленные к ФИЦ КНЦ СО РАН для сдачи кандидатских экзаменов без освоения программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре, и аспиранты, обучающиеся в ФИЦ КНЦ СО РАН по программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (далее – экзаменуемые).

Кандидатский экзамен по дисциплине «Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ» проводится по билетам. Экзаменационный билет включает в себя три теоретических вопроса по данной научной специальности и отрасли науки, по которой подготавливается или подготовлена диссертация.

## **2 Содержание программы кандидатского экзамена**

### **I. Химическая технология нефти и газа**

#### **Вводные замечания**

Современное состояние и перспективы развития нефтяной, газовой и нефтеперерабатывающей промышленности России и за рубежом. Вклад отечественных ученых в общее развитие научных и технологических основ переработки нефти.

Роль отдельных источников энергии в топливно-энергетическом балансе России и за рубежом. Характеристика основных месторождений нефти, газа и газоконденсата. Углеводородные дисперсные системы. Роль межмолекулярных взаимодействий в их добыче, транспорте, переработке и применении.

Современные методы исследования углеводородного сырья (нефти, газа и газоконденсата). Значение ГОСТированных характеристик и связь их с химическими, физико-химическими и эксплуатационными свойствами топлив, смазочных материалов, пластичных масс, нефтехимического сырья и нефтяного углерода.

#### **2. Общие научные основы и закономерности процессов переработки нефти и газа и газоконденсата**

Классификация процессов получения жидких компонентов топлив, смазочных материалов, нефтяных вязущих материалов (пластичных смазок, битумов, восков, пеков и других) и твердых углеводородов (нефтяных коксов, битумов, пеков, парафинов и т.д.). Растворы низкомолекулярных и высокомолекулярных соединений нефти. Способность углеводородных и неуглеводородных соединений к межмолекулярным взаимодействиям. Образование дисперсных систем из молекулярных растворов. Классификация дисперсных систем по размерам частиц (коллоидно-дисперсные, промежуточные, грубодисперсные), концентрации частиц (разбавленные, концентрированные, высококонцентрированные), степени обратимости фаз (обратимые и необратимые), степени анизотропии надмолекулярной структуры (изотропной и анизотропной).

Термодинамика фазовых превращений. Сложные структурные единицы и их строение. Структурно-механическая прочность и устойчивость нефтяных дисперсных систем. Методы регулирования структуры и толщины сольватной оболочки сложной структурной единицы.

Теоретические основы технологических процессов переработки нефти. Методы интенсификации процессов, протекающих в жидкофазных гомогенных и гетерогенных системах.

Основные закономерности физико-химических процессов переработки нефти и газа. Химические, гидродинамические и массообменные процессы,

основные принципы моделирования и оптимизации нефтетехнологических процессов.

### **3. Научные основы процессов переработки нефтяного и газового сырья физическими методами**

Классификация физических методов. Подготовка нефти, газа и газоконденсата к переработке. Основы переработки природных углеводородных газов и газоконденсатов. Строение нефтяных эмульсий, связь строения с групповым составом и методы разрушения эмульсий воздействием внешних факторов (добавки, тепловые, механические, электрические и другие воздействия).

Теоретические основы атмосферной и вакуумной перегонки нефти. Пути интенсификации прямой перегонки нефти. Основы азеотропной и экстрактивной перегонки и их использование в нефтепереработке.

Адсорбционные методы разделения и очистки сырья. Жидкостное расслоение с минимальной межфазной поверхностью - селективная очистка нефтяных дистиллятов. Жидкостное расслоение с развитой межфазной поверхностью - деасфальтизация нефтяных остатков с применением низкомолекулярных углеводородов.

Жидкостная кристаллизация - депарафинизация нефтяных фракций. Депарафинизация с помощью активаторов (карбамидная депарафинизация).

### **4. Научные основы процессов переработки нефтяного и газового сырья химическими методами**

Классификация химических методов переработки и очистки нефтяного и газового сырья (термодеструктивные, каталитические). Теоретические основы термодеструктивных процессов переработки нефтяного сырья. Факторы, влияющие на процессы пиролиза и термического крекинга. Каталитический крекинг нефтяного сырья на цеолитсодержащих катализаторах. Каталитический риформинг бензинов, новые катализаторы.

Гидрогенизационные процессы в нефтепереработке (гидрокрекинг, гидроизомеризация, гидроочистка), теоретические основы и факторы этих процессов. Каталитическая переработка легких углеводородных компонентов. Изомеризация  $C_4 - C_6$ .

Дегидрирование н-бутана. Алкилирование изобутана олефинами. Производство полиэтилена и полипропилена.

## **5. Конструктивное оформление и основные показатели работы типовой аппаратуры установок для переработки нефти и газа на компоненты физическими и химическими методами**

Трубчатые печи, ректификационные колонны, испарители, газосепараторы, электродегидраторы, абсорберы и десорберы, экстракторы, кристаллизаторы, фильтры. Теплообменная аппаратура.

Реакторы и регенераторы - основные аппараты физико-химических процессов переработки нефти и газа. Общие принципы расчета. Области применения. Современные конструкции и их технологические показатели.

## **6. Технологические основы и схемы процессов переработки нефти и газа**

Технологические основы физических процессов переработки газов адсорбционными, абсорбционными и компрессионными методами. Схемы обезвоживания и обессоливания нефтей. Прямая перегонка нефти на атмосферных и атмосферно-вакуумных установках. Вторичная перегонка бензина. Экстрактивная и азеотропная перегонка. Абсорбционное разделение газовых компонентов, выделение из нефтяных фракций ароматических углеводородов, n-парафинов, смолистых веществ.

Экстракционное выделение ароматических углеводородов из бензиновых и керосино-газойлевых фракций. Удаление ароматических, сернистых и смолистых компонентов из масляных дистиллятов и деасфальтизатов. Деасфальтизация нефтяных остатков низкомолекулярными углеводородами с целью получения топливных и масляных компонентов. Депарафинизация реактивных и дизельных топлив карбамидом и цеолитами. Депарафинизация с применением растворителей в процессе производства масел.

Технологические основы термодеструктивных процессов переработки нефтяного сырья. Принципиальные особенности технологических схем пиролиза, коксования и крекинга под давлением. Материальные балансы и качество продуктов. Перспективы развития.

Технологические основы термокаталитических процессов переработки нефтяного сырья. Технологические схемы каталитического крекинга средних дистиллятов и утяжеленного сырья и их эволюция. Каталитический риформинг бензинов, варианты процесса. Эволюция технологических схем и применяемых катализаторов. Типовые схемы гидроочистки топлив, масел, парафинов. Технологические схемы гидрокрекинга нефтяного сырья. Варианты гидрокрекинга при получении топлив и высокоиндексных масел. Технологическое оформление каталитических процессов переработки легких углеводородных компонентов. Адсорбционное разделение и очистка нефтепродуктов.

Технологические схемы получения полимеров. Перспективы развития процессов получения полимеров на основе нефтяного сырья.

Способы приготовления товарных нефтепродуктов. Физико-химические и эксплуатационные свойства топлив, масел, вязущих материалов и твердых углеводородов

Общие принципы приготовления и классификация товарных нефтепродуктов. Основные показатели качества топлив и смазочных материалов, вязущих и твердых углеводородов согласно техническим нормам. Принципы компаундирования сырья и фракций с целью получения товарных нефтепродуктов. Роль присадок в улучшении качества нефтепродуктов. Классификация и механизмы действия присадок к топливам и смазочным материалам. Применение различных присадок при изготовлении товарных нефтепродуктов. Нефтехимическое сырье, получаемое на НПЗ, и требования, предъявляемые к нему. Перспективы повышения качества топлив, масел и других нефтепродуктов.

### **Химмотологические аспекты физико-химической технологии**

Научные основы химмотологии с учетом принципов физико-химической технологии. Физико-химико-механические и эксплуатационные свойства бензинов, дизельных, реактивных, газотурбинных и котельных топлив, масел, пластичных смазок и технических жидкостей. Регулирование процессов горения топлив. Регулирование процессов трения между поверхностями трения с применением внешних воздействий и, прежде всего, различных присадок и добавок. Формирование граничных слоев между поверхностями трения и регулирование их толщины.

Связь химмотологических проблем с физико-химической технологией переработки нефти.

### **Комплексные схемы переработки нефтяного сырья**

Основные направления технического процесса в области переработки нефтяного сырья. Принципы составления технологических схем газобензиновых и нефтеперерабатывающих заводов различного профиля с учетом экологических требований. Выбор оптимальных вариантов поточных схем физико-химической технологии переработки нефтяного сырья. Техничко-экономические показатели работы газобензиновых, нефтеперерабатывающих и нефтехимических заводов и комбинатов.

### **Охрана окружающей среды**

Экология нефтегазовых производств. Структура и значимость основных вредных выбросов на производственных объектах. Водные бассейны, почва, атмосфера и их охрана от загрязнений нефтью и нефтепродуктами. Правовые

и другие вопросы охраны окружающей среды. Экологические проблемы при производстве, реализации и утилизации нефтепродуктов.

## **Химическая технология твердых топлив**

### **Вводные замечания**

Понятие горючих ископаемых, их виды. Значение твердых горючих ископаемых в мировом балансе. Запасы горючих ископаемых в земной коре. Добыча и потребление горючих ископаемых в России и за рубежом. Тенденция развития топливного баланса России. Горючие ископаемые как сырье химической промышленности. Состояние и перспективы углехимии. Вклад отечественных и зарубежных ученых в общее развитие научных и технологических основ горючих ископаемых.

### **2. Исходный растительный материал, условия накопления и преобразования в горючие ископаемые**

Исходный растительный материал. Эволюция растительного мира. Групповой состав растений. Особенности состава наземной и водной растительности. Понятие о биомаркерах и их геохимическое значение. Порфирины, их происхождение и свойства.

Краткие сведения по геологии горючих ископаемых. Стратиграфия осадочных пород. Геохронологическая шкала времени. Понятие угольного бассейна, угольного месторождения, угольного района, угольного пласта. Основные месторождения горючих ископаемых в России и за рубежом.

Условия накопления и первичные преобразования растительного материала. Аэробные и анаэробные процессы биохимических превращений растительных групп. Торф и сапрпель как результат первичных превращений растительных остатков.

Состав и свойства горючих ископаемых. Технический анализ углей. Влага углей. Минеральные вещества и зольность ТГИ. Обогащаемость топлив. Редкие элементы в углях. Выход летучих веществ как показатель термической стойкости структур, слагающих вещество ТГИ. Содержание углерода в углях как показатель их химической зрелости. Виды серы в углях и пути ее накопления. Теплота сгорания ТГИ и методы ее определения. Физические свойства углей. Плотность, прочность, электропроводность, твердость, теплоемкость, теплопроводность углей и их изменение в зависимости от степени углефикации.

Петрографический состав углей. Микроскопические исследования углей в проходящем и отраженном свете. Номенклатура компонентов. Микрокомпоненты гумусовых и сапрпелитовых углей. Химический состав и свойства микрокомпонентов на разных стадиях углефикации. Петрографический анализ углей как метод оценки их технологических свойств. Отражательная способность как классификационный параметр.

Групповой состав ТГИ. Битумы. Гуминовые кислоты. Остаточный уголь. Методы выделения и химическая характеристика групп.

### **3. Стадии процесса углеобразования**

Торфяная стадия. Торфяная стадия гумусовых и сапропелитовых углей. Виды торфяников. Озерные и морские сапропели. Групповой состав, свойства, строение торфов. Происхождение и гипотеза о строении гуминовых кислот. Торфяные битумы, их состав и свойства.

Области применения торфов и сапропелей. Месторождения торфов и сланцев в России.

Буроугольная стадия. Бурые угли, богхеды, сланцы. Типы бурых углей: землистые, плотные, лигниты. Групповой состав бурых углей. Состав и области применения восков, смол, гуминовых кислот, остаточного угля. Основные месторождения бурых углей в России. Общая характеристика богхедов. Типы богхедов: плотные, слоистые. Выход и состав продуктов, извлеченных из богхедов по данным щелочного гидролиза. Запасы углей и пути использования сапропелитовых углей.

Каменноугольная стадия. Антрациты. Каменноугольная стадия углеобразовательного процесса. Отличительные признаки каменных углей и антрацитов. Битумы каменных углей. Запасы и использование. Теории образования каменных углей в природе: теория метаморфизма, биохимическая Стадникова и др.

Сланцы. Общая характеристика сланцев. Месторождения сланцев в России и СНГ. Особенности условий образования сланцев. Типы сланцев. Состав органической и минеральной составляющих сланцев. Запасы и пути использования сланцев.

### **4. Классификация горючих ископаемых**

Единая и промышленная классификация горючих ископаемых в России и за рубежом. Международная кодификация каменных и бурых углей.

### **5. Методы исследования структуры твердых горючих ископаемых**

Физические и физико-химические методы исследования строения углей. Микропористость твердых горючих ископаемых по данным электронной микроскопии, классификация пор. Физические свойства углей: теплотворная способность, плотность, прочность, электропроводность, теплоемкость, теплопроводность и их изменения в зависимости от степени углефикации. Возможности методов рентгеноструктурного анализа, ЯМР, ИК-УФ-спектроскопии, масс-спектроскопии и др. в изучении молекулярной структуры углей. Природа парамагнетизма твердых горючих ископаемых по данным ЭПР.

Формы соединений гетероатомов (O, N, S) в угле. Минеральная часть угля. Органо-минеральные комплексы. Деструктивные методы изучения структуры твердых горючих ископаемых.

Окислительная деструкция. Состав продуктов окисления гумусовых и сапропелитовых углей. Новые методы окисления (озонолиз). Механизм окисления твердых горючих ископаемых (ТГИ). Выветривание и самовозгорание ТГИ. Изменение свойств ТГИ в процессе выветривания. Теории и механизм автоокисления углей. Методы борьбы с самовозгоранием.

Термическая деструкция ТГИ. Выход и состав продуктов полукоксования в зависимости от происхождения и степени углефикации. Термография, термогравиметрия, термоволюметрия. Термодинамика, кинетика и механизм разложения основных типов структур: алифатических, нафтеновых, ароматических, кислород-, азот-, серосодержащих соединений. Теория последовательно-параллельных реакций. Определение формальных кинетических параметров (порядок реакции, константа скоростей, энергия активации), суммарный тепловой эффект.

## **6. Коксование углей**

Процессы, протекающие при коксовании спекающихся углей и угольных шихт. Составление угольных шихт. Пластическое состояние как результат термической деструкции углей. Вспучивание и давление расширения. Спекание, превращение полукокса в кокс. Усадка и трещинообразование. Выделение газообразных продуктов на разных стадиях процесса коксообразования. Спекаемость, спекающая способность и коксуемость каменных углей и методы их определения. Оценка качества кокса. Современная технология производства кокса. Пути расширения сырьевой базы коксования. Новые принципы непрерывного коксования. Получение формованного энергетического и металлургического топлива. Коксование в кольцевых печах.

Пластическое состояние. Свойства углей в пластическом состоянии: вязкость, газопроницаемость, динамика газовыделения, температурные интервалы, давление расширения и др. Спекаемость углей и методы ее оценки. Теории пластического состояния и спекаемости углей.

Каменноугольная смола и методы ее переработки. Каменноугольные пеки и пековый кокс. Способы получения и области использования.

## **7. Деструктивная гидрогенизация ТГИ и синтез из водорода и оксида углерода**

Особенности и назначение процесса деструктивной гидрогенизации. Оценка пригодности ТГИ 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. Новые перспективные направления деструктивной гидрогенизации твердых горючих ископаемых и их экономическая целесообразность.

Физико-химические основы процесса синтеза из  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2$ . Требования, предъявляемые к газу, поступающему на синтез. Катализаторы процесса синтеза. Механизм действия катализаторов. Принципиальная схема синтеза при атмосферном и среднем давлении. Характеристика продуктов синтеза. Методы переработки продуктов синтеза.

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

Химическое равновесие основных реакций углерода с газами. Кинетический метод интерпретации химических равновесий. Расчет равновесного состава газа процесса взаимодействия углерода с газами. Химическое равновесие в идеальных и реальных газовых смесях.

Механизм реакций углерода с газами и реакций конверсии углеводородных газов. Схема механизма реакций углерода с  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{O}_2$ . Химическая адсорбция. Образование и разрушение поверхностного комплекса. Тормозящее действие продуктов реакции. Цепной механизм реакций углерода с газами. Кинетические уравнения, основанные на представлениях о механизме реакций углерода с газами.

Основы диффузионно-кинетической теории процессов горения и газификации твердых топлив. Зависимость суммарной скорости процесса от химических и физических факторов. Определение основных кинетических характеристик реакций углерода с газами.

Газификация топлив как метод безостаточного использования органической массы топлив. Сырье для получения газов (твердые и жидкие топлива, природные газы, попутные газы и газы нефтедобычи и нефтепереработки). Основные пути развития и газификации твердых топлив. Интенсивность процесса. КПД процесса. Анализ недостатков и возможностей интенсификации и повышения экономической эффективности производства газа из твердых топлив.

Характеристика процесса газообразования в пылевидном факеле, в кипящем слое и плотном слое топлива. Недостатки современных промышленных методов производства газа.

Методы производства воздушного, паровоздушного, водяного и парокислородного газов из пылевидного, мелкозернистого и кускового топлива. Получение водорода. Характеристика жидких топлив, применяемых для газификации. Газификация жидких топлив под высоким давлением. Основные показатели газификации топлив. Подземная газификация угля.

## **9. Технология получения пористых углеродных материалов на основе ископаемых углей**

Ассортимент углеродных сорбентов (пористых углеродных материалов), получаемых на основе ископаемых углей и требования к качеству сорбентов. Пористость, прочность, химическая природа поверхности, состав минеральной части и др. Традиционные и перспективные области применения углеродных сорбентов. Сорбенты экологического и медицинского назначения, катализаторы на углеродных носителях.

Особенности технологического процесса получения всех типов углеродных сорбентов, технологические стадии и физико-химические основы процесса. Физическая и химическая активация, импрегнирование. Технологические схемы получения. Новые отечественные и зарубежные разработки в области получения углеродных сорбентов.

Практическое применение сорбентов: процессы в неподвижном, движущемся, псевдоожиженном слоях сорбента, применяемое оборудование. Типовые расчеты сорбционных аппаратов. Срок службы, регенерация, утилизация сорбентов.

## **10. Прогрессивные технологии создания композиционных топлив**

Водоугольные, спиртоводоугольные и другие композиционные топлива на основе бурых и каменных углей. Технологии их приготовления.

Основные принципы утилизации твердых, жидких и газообразных отходов добычи и переработки ТГИ

Утилизация шахтного метана. Основные направления очистки и использования карьерных (шахтных) и производственных вод предприятий по добыче и обогащению ТГИ. Классификация твердых отходов добычи и переработки ТГИ. Принципы технологий утилизаций твердых отходов добычи, обогащения, сжигания (газофикации, получение синтетических жидких топлив) углей (сланцев) с получением строительных материалов, концентратов редких рассеянных элементов, огнеупорных материалов, соединений алюминия, пиритных концентратов, ионообменных материалов. Органо-минеральные удобрения на базе твердых горючих ископаемых, мелиоранты почв.

## **Охрана окружающей природы в процессах переработки твердых топлив**

Основы законодательства России в отношении окружающей природы. Основные источники загрязнения атмосферы, водных источников, почвы на предприятиях химической технологии твердых топлив. Перспективы перехода к бессточному ведению технологических процессов. Безотходная технология.

## **1. Вводные замечания**

Современное состояние и перспективы развития производства материалов на основе углерода в России и за рубежом. 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.

## **2. Свойства и применение материалов на основе углерода**

Графитированные электроды для выплавки чугуна и стали, катодные блоки для футеровки электролизеров при выплавке алюминия, угольные электроды для выплавки кремния и др.

Углеродные конструкционные и композиционные материалы и изделия из них (применяются во всех отраслях промышленности, сельского хозяйства, медицины и др.). Особочистые графиты. Графиты используемые для синтеза искусственных алмазов. Рекристаллизованные графиты. Стеклоуглерод. Пиролитические углеродные материалы. Углеродные волокна. Слоистые соединения, фуллерены, нанотрубки. Технологии получения, особенности строения и области использования.

Физические, механические, химические и др. свойства материалов на основе углерода. Методы определения этих свойств.

## **3. Сырьевые материалы. Коксы. Антрациты. Природный графит. Технический углерод. Каменноугольные и нефтяные пеки, синтетические связующие**

3.1. Коксы нефтяные, пековый, сланцевый и др. коксы. Способы получения коксов. Кубовые установки коксования, установки замедленного коксования, коксование в камерных печах. Сырье для получения малозольных коксов: нефтяные пиролизные смолы, крекинг-остатки, дистилляты, сланцевые и каменноугольные смолы. Формирование структуры при коксовании жидкой фазы. Образование мезофазы. Общие представления о жидких кристаллах, мезоморфизме и типе мезофаз. Условия формирования углеродных мезофазных структур. Свойства мезофазных структур. Роль мезофаз в формировании свойств коксов. Связь структуры и свойства коксов. Определение показателей коксов по ГОСТ. Определение других показателей коксов: структуры, поведение образцов коксов при термообработке, определение КТР коксов, определение степени графитации, анализ состава зольных примесей.

3.2. Связующие материалы. Роль связующих в производстве углеродных материалов. Виды используемых связующих. Характеристика связующих. Каменноугольный пек. Способы получения каменноугольных пеков. Классификация пеков по способам получения и температуре размягчения. Оценка каменноугольного пека по основным технологическим параметрам в соответствии с ГОСТ на электродные пеки.

Молекулярный вес, поверхностное натяжение, вязкость, смачивающая способность. Оценка степени ароматичности, ИКС спектроскопия, определение функциональных групп в каменноугольном пеке и их характеристики. Растворение пека в различных органических растворителях с целью разделения его на компоненты. Требования, предъявляемые к количественному соотношению отдельных компонентов в пеке.

Термохимические и структурные превращения каменноугольных пеков в процессе обжига и графитации. Мезофазные превращения в пеках. Влияние углеродного наполнителя на термохимические и структурные превращения в каменноугольных пеках. Особенности этих превращений при использовании в качестве наполнителя прокаленного и непрокаленного кокса.

Связующие материалы некаменноугольного происхождения. Нефтяные битумы и пеки. Получение и основные свойства. Молекулярная структура нефтяных пеков и ее отличие от структуры каменноугольных пеков. Преимущества использования нефтяных пеков по сравнению с каменноугольными. Краткая характеристика других видов связующих: сланцевый пек, синтетические смолы и др.

### **Технология углеграфитовых материалов**

Прокаливание. Цели прокаливания, характеристики коксов и антрацита до и после прокаливания. Теоретические основы процесса прокаливания - физические и химические процессы, протекающие при прокаливании. Типы прокалочного оборудования: вращающиеся прокалочные печи, ретортные и камерные прокалочные печи. Методы контроля прокаленных коксов и антрацита. Двухстадийное прокаливание коксов.

Дробление, измельчение и рассев углеродистых материалов. Основные представления о механике измельчения твердых тел. Назначение операции измельчения. Машины для измельчения: дезинтеграторы, шаровые и вибрационные мельницы. Гранулометрический анализ, методы ситового и седиментационного анализа. Разделение измельченных материалов на фракции. Назначение операции грохочения, Классификация и типы грохотов: Воздушная классификация, скорость витания, коэффициент формы частицы. Циклоны и воздушные сепараторы. Типы воздушных фильтров, их особенности.

Смешение. Теоретические основы и технология процесса смешивания. Основные принципы составления рецептур коксопечковых масс

и технологическая роль компонентов (коксов и пеков). Механико-химический эффект при смешивании коксопексовых масс. Оборудование и технологии смешивания. Вальцевание, бегунение, совместный помол коксопексовых смесей.

Прессование. Прессование в прессформу. Основные закономерности компрессионного уплотнения порошков, влияние расплавленного пека на вид компрессионных зависимостей. Внутреннее трение при прессовании, его влияние на распределение плотности прессовки. Технология прессования, требования к прессформам, температурный режим прессования.

Прессование выдавливанием. Связь между давлением прессования, скоростью выпрессовки пластичностью массы. Методы количественной оценки пластичности массы. Технология прессования выдавливанием. Экструзионное прессование графитосмоляных композиций, пульсирующие пресса.

Обжиг. Основные представления о превращениях углеродистых веществ при их термической обработке. Термография, термогравиметрия, термоволюмометрия. Изменения компонентного состава пека в процессе пиролиза, состав продуктов пиролиза пека. Понятие о спекаемости коксопексовых композиций. Основные стадии превращения органических веществ в кокс. Методы оценки спекаемости. Представления о механизме взаимодействия связующего и наполнителя для разных классов углеродных материалов.

Конструкции печных агрегатов для обжига коксопексовых заготовок. Кольцевая печь типа Ридгаммера. Газовая среда в камерах, возможности окисления заготовок в процессе обжига и последствия этого. Типичные графики обжига. Пересыпочные материалы, технологические приемы борьбы с прикоксовыванием пересыпки. Обжиг в туннельных печах, их преимущество и недостатки. Другие типы обжиговых печей.

Пропитка. Пористая структура графитов. Методы определения объема пор и их распределения по эффективным радиусам. Влияние пористости на свойства графита. Пропитка обожженного полуфабриката пеком и смолами с последующим обжигом, как метод снижения пористости графита. Технология пекопропитки, ее параметры (температура, давление), оборудование. Требования к пропиточным пекам.

Графитация. Представления о структуре поликристаллического графита и механизме процесса графитации. Неупорядоченный углерод, турбостратная структура, трехмерное упорядочение. Рентгеноструктурные и электронографические методы исследования структуры графита. Параметры кристаллической решетки графита. Электронные свойства графита. Карбидная теория Ачесона, рекристаллизационная теория Веселовского и их критика. Механизм графитации по Мрозовскому и Франклин. Кинетика графитации. Представления о диффузионном и дислокационном механизмах графитации. Релаксационный механизм графитации. Роль примесей в процессе графитации. Каталитическая

графитация. Графитация в присутствии карбидообразующих металлов (жидкофазная графитация).

Устройство графитировочных печей и режимы графитации  
Характеристика и классификация способов очистки графита: хлорная графитация, термическое рафинирование, газотермическое рафинирование. Физико-химическая сущность термического и газотермического рафинирования графитов. Оборудование. Оценка степени чистоты графитов по регламентированным примесям, методы анализа.

### **3 Перечень вопросов к кандидатскому экзамену по дисциплине «Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ»**

1. Химический состав нефти.
2. Теоретические основы ректификации нефти и нефтепродуктов.
3. Теоретические основы термических превращений углеводородов в газовой и жидкой фазах
4. Теоретические основы каталитических процессов переработки нефти.
5. Классификация твердых горючих ископаемых.
6. Стадии процесса углеобразования.
7. Свойства углей.
8. Минеральная часть угля. Органо-минеральные комплексы.
9. Методы изучения структуры твердых горючих ископаемых.
10. Процессы, протекающие при коксовании спекающихся углей и угольных шихт.
11. Пластическое состояние как результат термической деструкции углей.
12. Спекаемость углей и методы ее оценки. Теории пластического состояния и спекаемости углей.
13. Каменноугольные пеки и пековый кокс. Способы получения и области использования.
14. Деструктивная гидрогенизация ТГИ и синтез из водорода и оксида углерода.
15. Катализаторы и технологические параметры деструктивной гидрогенизации.
16. Физико-химические основы процесса синтеза из СО и Н<sub>2</sub>.
17. Катализаторы процесса синтеза из СО и Н<sub>2</sub>.
18. Теоретические основы процесса газификации и конверсии углеводородных газов.
19. Химическое равновесие основных реакций углерода с газами.
20. Схема механизма реакций углерода с СО<sub>2</sub>, Н<sub>2</sub>О, О<sub>2</sub>.
21. Углеродные сорбенты на основе ископаемых углей, требования к качеству сорбентов.
22. Сорбенты экологического и медицинского назначения.
23. Катализаторы на углеродных носителях.
24. Особенности технологического процесса получения углеродных сорбентов, технологические стадии и физико-химические основы

процесса.

25. Новые разработки в области получения углеродных сорбентов.
26. Основные виды углеродных материалов и области их использования. Свойства углеродных материалов.
27. Кристаллические формы углерода. Графит и его кристаллическая структура.
28. Стеклоуглерод. Пиролитические углеродные материалы.
29. Углеродные волокна. Слоистые соединения, фуллерены, нанотрубки.
30. Физические, механические, химические и другие свойства материалов на основе углерода.
31. Способы получения коксов.
32. Формирование структуры при коксовании жидкой фазы.
33. Общие представления о мезоморфизме и типе мезофаз.
34. Роль мезофаз в формировании свойств коксов. Связь структуры и свойства коксов.
35. Связующие материалы. Роль связующих в производстве углеродных материалов. Виды используемых связующих.
36. Каменноугольный пек. Способы получения каменноугольных пеков. Классификация пеков.
37. Оценка степени ароматичности пеков.
38. Связующие материалы некаменноугольного происхождения. Нефтяные битумы и пеки.
39. Углеграфитовые материалы. Характеристика.
40. Параметры кристаллической решетки графита. Электронные свойства графита.
41. Роль примесей в процессе графитации. Каталитическая графитация.
42. Экология нефтегазовых производств. Структура и значимость основных вредных выбросов на производственных объектах. Водные бассейны, почва, атмосфера и их охрана от загрязнений нефтью и нефтепродуктами.
43. Экологические проблемы при производстве, реализации и утилизации нефтепродуктов.
44. Охрана окружающей природы в процессах переработки ТГИ. Основные источники загрязнения атмосферы, водных источников, почвы на предприятиях химической технологии ТГИ.
45. Бессточное ведение технологических процессов переработки ТГИ.

#### 4 Критерии оценивания ответа

Отлично	Полно раскрыто содержание вопросов; материал изложен грамотно, в определенной логической последовательности, правильно используется терминология; показано умение иллюстрировать теоретические положения конкретными примерами, применять их в новой ситуации; продемонстрировано усвоение ранее изученных сопутствующих вопросов, ответ прозвучал самостоятельно, без наводящих вопросов.
Хорошо	Ответ удовлетворяет в основном требованиям на оценку «отлично», но при этом может иметь следующие недостатки: в изложении допущены небольшие пробелы, не исказившие содержание ответа допущены один -два недочета при освещении основного содержания ответа, исправленные по замечанию; допущены ошибка или более двух недочетов при освещении второстепенных вопросов, которые легко исправляются по замечанию
Удовлетворительно	Неполно или непоследовательно раскрыто содержание материала, но показано общее понимание вопроса. Имелись затруднения или допущены ошибки в определении понятий, использовании терминологии, исправленные после нескольких наводящих вопросов.
Неудовлетворительно	Имели место существенные упущения при ответах на все вопросы билета или полное несоответствие по более чем 50% материала вопросов билета

#### 5 Учебно-методическое и информационное обеспечение

##### 5.1 Основная литература

1. Алехнович, Александр Николаевич. Характеристики и свойства энергетических углей [Текст] / А. Н. Алехнович ; Инженер. центр энергетики Урала, фил. "УралВТИ". - Челябинск : Цицеро, 2012. - 548 с., [4] л. ил. : ил. ; 23 см. - Библиогр.: с. 517-545. - 200 экз. - ISBN 978-5-91283-284-0.
2. Ахмедьянова, Р. А. Технологические процессы переработки и использования природного газа [Текст] / Р. А. Ахмедьянова, А. П. Рахматуллина, Л. М. Шайхутдинова. - СПб : ЦОП "Профессия", 2016. - 400 с. : граф., рис. табл. - Библиогр.: с. 362-363. - ISBN 978-5-91884-087-0.

3. Ахметов, С. А. Технология переработки нефти, газа и твердых горючих ископаемых [Текст] / С. А. Ахметов, М. Х. Ишмияров, А. А. Кауфман ; ред. С. А. Ахметов. - СПб. : Недра, 2009. - 827 с. : ил. - Библиогр.: с. 823-827. - ISBN 978- 5-94089-124-4.
4. Бухаркина, Т.В. Химия природных энергоносителей и углеродных материалов [Текст] / Т. В. Бухаркина, С. В. Вержичинская, Н. Г. Дигуров - Москва : Техника : ТУМА ГРУПП, 2009. - 203 с. : ил. - Библиогр.: с. 199. - ISBN 5-93969-037- 8.
5. Дияров, И.Н. Химия нефти [Текст] / И. Н. Дияров [и др.]. - Ленинград : Химия. Ленингр. отд-ние, 1990. - 240 с. - Библиогр.: 20 назв. - ISBN 5-7245-0511-8.
6. Колесников, И. М. Катализ и производство катализаторов [Текст] / И. М. Колесников ; Российский государственный университет нефти и газа им. И. М. Губкина. - [Б. м.] : "Техника" ТУМА ГРУПП, 2004. - 400 с. - Библиогр.: с. 376-390. - ISBN 5-93969-021-1.
7. Кузнецов Б.Н., Шендрик Т.Г., Щипко М.Л., Чесноков Н.В., Шарыпов В.И., Осипов А.М.; отв. ред. чл.-корр. РАН Г.И. Грицко. Глубокая переработка бурых углей с получением жидких топлив и углеродных материалов. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2012, 211 с.
8. Кузнецов Б.Н. Актуальные проблемы промышленной органической химии. Монография. Красноярск: Краснояр. гос. ун-т, 2002, 308 с.
9. Кузнецов Б.Н., Таран О.П. Основы гетерогенного катализа и производство катализаторов. Учебно-методическое пособие. Красноярск: Сиб. федер. ун-т. 2017.
10. Русьянова, Наталья Дмитриевна. Углехимия [Текст] / Н.Д. Русьянова; Рос. акад. наук. Урал. отд-ние, Ин-т орган. синтеза, М-во экономики Рос. Федерации, Вост. науч.-исслед. углехим. ин-т. - М. : Наука, 2003. - 315,[1] с. : ил. - Библиогр. в конце глав. (Шифр Л52/Р 89-804233).
11. Мухин В.М., Клушин В.Н. Производство и применение углеродных адсорбентов. Учебное пособие. М.: Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, 2012. 308 с.
12. Шабанов В.Ф., Кузнецов Б.Н., Щипко М.Л., Волова Т.Г., Павлов В.Ф. Б. Школлер. - Новокузнецк : Инженерная академия России, Кузбасский филиал, 2001. - 232 с. - Библиогр.: с. 220-232.

## 5.2 Дополнительная литература

1. Геоэкологические проблемы переработки природного и техногенного сырья : сборник научных трудов / Рос. акад. наук, Кольский науч. центр, Ин-т химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева. - Апатиты : [б. и.], 2007. - 139 с. : ил. - Библиогр. в конце ст. - ISBN 978-5-9901175-1-8

2. Говорушко, Сергей Михайлович. Экологические последствия добычи, транспортировки и переработки ископаемого топлива [Текст] = Environmental problems of extraction, transportation, and processing of fossil fuels : монография / С. М. Говорушко ; Российская академия наук, Дальневосточное отделение, Тихоокеанский институт географии (Владивосток), Дальневосточный федеральный университет (Владивосток). - Владивосток : Дальнаука, 2014. - 206, [1] с. : ил. ; 22 см. - Библиогр.: с. 191-207.
3. Кинле Х. Активные угли и их промышленное применение : пер. с нем. [Текст] / Х. Кинле, Э. Бадер ; пер. Т. Б. Сергеева ; ред.пер.: Т. Г. Плаченков, С. Д. Колосенцев. - Л. : Химия. Ленингр. отд-ние, 1984. - 215 с. : ил. - Пер.изд.: Aktivkohle und ihre industrielle Anwendung / Kienle H., Bader E. - Библиогр.: с. 204-211. - Предм. указ.: с. 212-215. (Шифр Л52/К 41-4568). Фундаментальные основы комплексной переработки углей КАТЭКА для получения энергии, синтез-газа и новых материалов с заданными свойствами. Монография. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2005, 219 с.
4. Школлер, М. Б. Полукоксование каменных и бурых углей [Текст] / М.
5. Кузнецов Б.Н. Катализ химических превращений угля и биомассы. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ие 1990, 302 с.
6. Преч, Эрнё. Определение строения органических соединений. Таблицы спектральных данных [Текст] : научное издание / Э. Преч, Ф. Бюльманн, К. Аффольтер ; пер. Б. Н. Тарасевич. - Москва : Мир ; Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. - 438 с. : ил. - (Методы в химии). - Перевод с английского. - Предм. указ.: с. 411-428. - 1500 экз. - ISBN 978-5-94774-572-6.
7. Спейт Д. Г. Анализ нефти : справочник [Текст] / Д. Г. Спейт ; пер.: Л. Г. Нехамкина, Е. А. Новиков. - СПб. : Профессия, 2010. - 478 с. : ил. - Пер.изд.: Handbook of Petroleum Analysis / Speight. - Библиогр. в конце глав. (Шифр Л54-1/С71- 353895).
8. Каталитические, сорбционный, микробиологические и интегрированные методы для защиты и ремедиации окружающей среды / под ред. О.П. Таран и В.Н. Пармона. – Новосибирск: Издательство СО РАН, 2013. – 298 с.
9. Туманян, Борис Петрович. Каталитический реформинг: технологические аспекты и расчет основного оборудования [Текст] / Б. П. Туманян, Н. Н. Петрухина, И. М. Колесников. - Москва : Техника, 2012. - 176 с. : ил. - Библиогр.: с. 172-173. - ISBN 5-93969-039-4.
10. Фенелонов, В.Б. Введение в физическую химию формирования

- супрамолекулярной структуры адсорбентов и катализаторов / В.Б. Фенелонов. – Новосибирск: Издательство СО РАН, 2004. – 442 с.
11. Чоркендорф, И. Современный катализ и химическая кинетика: Научное издание / И. Чоркендорф, Х. Наймантсведрайт. – Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2010. – 504 с.

### 5.3 Интернет ресурсы

1. Scopus, база данных рефератов и цитирования, <http://www.scopus.com>.
2. ScienceDirect (Elsevier), база данных научного цитирования, естественные науки, техника, медицина и общественные науки, <http://www.sciencedirect.com>.
3. Web of Science Core Collection – международная междисциплинарная база данных научного цитирования, <http://www.webofknowledge.com>.
4. Электронно-библиотечная система издательства «ЛАНЬ», <http://e.lanbook.com>.
5. Университетская библиотека ONLINE, электронно-библиотечная система, <http://biblioclub.ru/>.
6. Образовательная платформа - электронно-библиотечная система издательства «Юрайт», <https://urait.ru/>.
7. Электронно-библиотечная система Znanium.com, <http://www.znaniy.com>.
8. Центральная Научная Библиотека имени Н.И. Железнова, <http://www.library.timacad.ru>.
9. United Nations Environment Program: [www.unep.org](http://www.unep.org).
10. eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, <http://elibrary.ru/>.
11. Национальная электронная библиотека, <https://rusneb.ru/>.
12. Электронная библиотека IOP Science дома научного контента от IOP Publishing, <http://iopscience.iop.org/>.
13. Электронная библиотека SPIE. Digital library, <http://spiedigitallibrary.org/>.
14. Архив научных журналов Министерства образования и науки Российской Федерации, <http://archive.neicon.ru/xmlui/>.
15. Библиотека издательства Annual Reviews, библиотека журналов <http://www.annualreviews.org>.
16. Библиотека Российского фонда фундаментальных исследований, <http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library>.
17. Центральная научная библиотека ФИЦ КНЦ СО РАН, <http://cnb.krasn.ru>.
18. Электронная библиотека Nature, <http://www.nature.com>.
19. Электронная библиотека Science, <http://www.sciencemag.org>.
20. База данных научного цитирования издательства Taylor&Francis Group, <http://www.tandfonline.com/>.
21. Онлайн-библиотека Wiley Online Library, <http://onlinelibrary.wiley.com>.
22. Электронная библиотека журналов открытого доступа ACS Publications, <http://pubs.acs.org/>.

23. Электронная библиотека журналов Американского физического общества APS physics, <http://publish.aps.org>.
24. Электронно-библиотечная система Scitation, издательство AIP Publishing Books, <http://scitation.aip.org/>.
25. Цифровой образовательный ресурс – электронная библиотечная система IPR SMART, <http://www.iprbookshop.ru/>.
26. Библиотека издательства Oxford Academic, <http://www.oxfordjournals.org>.
27. Справочная библиотека издательства Oxford University Press, цифровая платформа Oxford Reference, <http://www.oxfordreference.com>.
28. Электронная система исследовательских журналов мирового уровня открытого доступа SAGE journals, <http://online.sagepub.com/>.

Согласовано:

Заведующий кафедрой фундаментальных  
дисциплин и методологии науки



В.В. Минеев

Заведующий аспирантурой



Е.В. Нефедова

Декан факультета подготовки кадров



А.Н. Кокорин