

**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

_____ 2025г.

**ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ
ПО СПЕЦИАЛЬНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

«Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ»

для поступающих на обучение по образовательной программе высшего
образования – программе подготовки научных
и научно-педагогических кадров в аспирантуре ФИЦ КНЦ СО РАН

по научной специальности

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

Красноярск 2025

1 Общие положения

Настоящая программа сформирована на основе федеральных государственных требований к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре и определяет общее содержание вступительного испытания по специальной дисциплине «Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ» при приеме на обучение по программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук»

Вступительное испытание по специальной дисциплине «Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ» нацелено на оценку знаний лиц, поступающих на программу подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре, полученных ими в ходе освоения программ специалитета и (или) магистратуры, и на отбор среди поступающих лиц, наиболее способных и подготовленных к научной и научно-исследовательской деятельности, имеющих потенциал в части генерирования новых идей при решении исследовательских задач и подготовки диссертации на соискание ученой степени кандидата наук.

2 Форма проведения экзамена и критерии оценки

Вступительное испытание проводится на русском языке в устной форме. Экзаменационный билет содержит три теоретических вопроса. Вопросы соответствуют содержанию вступительного испытания.

3 Содержание программы

Раздел 1. Химическая технология нефти и газа

1.1 *Общие сведения об энергоносителях и потребителях топлив.* Ресурсы и добыча энергоносителей. Переработка энергоносителей. Основные потребители топлив. Газовые топлива. Бензины. Реактивные топлива. Дизельные топлива. Печные и газотурбинные топлива. Судовые тяжелые дизельные топлива и котельные топлива. Масла. Нефтепродукты специального назначения.

1.2 *Процессы получения топлив из газов.* Переработка первичных (природных) углеводородных газов. Очистка газов от вредных примесей. Получение и утилизация сероводород. Глубокая осушка газов. Извлечение тяжелых углеводородов. Извлечение гелия. Стабилизация и переработка газовых конденсатов. Переработка вторичных предельных газов. Переработка вторичных непредельных газов. Получение метил-третбутилового эфира (МТБЭ). Алкилирование изобутана бутиленами. Алкилирование ПАФ (фракция C₅₊).

1.3 *Процессы получения топлив, масел и их компонентов из нефти.* Первичная перегонка нефти. Схемы первичной перегонки нефти и получаемые продукты. Каталитический риформинг. Каталитический крекинг. Термодеструктивные процессы. Темокрекинг и висбрекинг. Коксование нефтяных остатков. Гидрокрекинг. Процессы очистки топлив. Защелачивание. Демеркаптанизация. Гидроочистка. Гидроароматизация нефтепродуктов. Гидрометаллизация нефтяных остатков. Депарафинизация дизельных топлив. Производство масел. Производство нефтепродуктов специального назначения. Производство битумов. Получение технического углерода. Получение пластических смазок. Производство растворителей, осветленного керосина и пластификаторов. Пути углубления переработки нефти. Переработка тяжелых высоковязких нефтей. Извлечение и переработка природных нефтебитумов и сланцев.

Раздел 2. Химическая технология твердых горючих ископаемых

2.1. *Понятие твердых горючих ископаемых (ТГИ).* Запасы ТГИ в земной коре, их значение в мировой топливно-энергетическом балансе. ТГИ как сырье для химической переработки. Происхождение ТГИ. Стадии процесса углеобразования. Общая характеристика ТГИ (технический анализ углей, петрографический состав углей, термохимические свойства). Классификация ТГИ. Международная кодификация каменных и бурых углей.

2.2. *Химическое строение ТГИ. Методы исследования ТГИ.* Молекулярное строение углей, структурные и функциональные группы, ароматичность, изменение со стадией углефикации. Физико-химические методы исследования углей разной степени углефикации, сланцев, торфов, тяжелых нефтяных остатков. Методы определения элементного и молекулярного состава, состава функциональных и структурных групп в углях. Надмолекулярное строение углей. Методы определения строения, пористая структура. Минеральные компоненты в углях, состав и формы их нахождения.

2.3. *Процессы полукоксования и коксования углей.* Назначение процесса полукоксования углей, условия осуществления, сырье полукоксования. Технологические и энерготехнологические схемы полукоксования, получаемые продукты, их свойства и применение. Смолы и газообразные продукты полукоксования, их выход и состав, направления использования. Коксование спекающихся углей. Назначение процессов коксования, условия и способы получения коксов. Характеристика сырья для коксования, требования к качеству угля. Пластическое состояние углей, теории перехода угля в пластическое состояние, спекаемость углей. Свойства углей в пластическом состоянии: вязкость, размягчение углей, температурные интервалы пластичности. Каменноугольные пеки и пековый кокс. Каменноугольная смола коксования, выход и состав смолы коксования, фракционирование и способы переработки.

2.4. *Процессы газификации и ожигения углей.* Газификация углеродсодержащего сырья. Назначение процесса газификации углей, основные химические реакции, протекающие при газификации, их

термодинамика, экзотермические и эндотермические реакции. Технологические способы газификации углей, типы газогенераторов, газификация в слоевом газогенераторе, в кипящем слое, в движущемся слое. Каталитическая газификация. Интенсивность, КПД процессов, факторы, влияющие на интенсивность процесса и состав. Производство синтез-газа, энерготехнологического газа, заменителей природного газа. Получение химических и топливных продуктов из синтез-газа. Терморазложение и каталитическая деструктивная гидрогенизация углей. Основные факторы, определяющие способность углей к ожижению, роль растворителей. Технологические схемы процессов гидрогенизации, их характеристика. Применение катализаторов, механизм действия на процесс. Типы катализаторов и способы их приготовления и применения. Выход и состав продуктов гидрогенизации. Химические вещества и топлива, получаемые из угля путем гидрогенизации, их характеристика в сопоставлении с продуктами, получаемыми из нефти.

Раздел 3. Химическая технология углеродных материалов

3.1. *Пористые углеродные материалы.* Общая характеристика. Свойства и применение материалов на основе углерода. Ассортимент углеродных сорбентов, требования к качеству сорбентов. Пористость, прочность, химическая природа поверхности, состав минеральной части и др. Области применения углеродных сорбентов. Сорбенты экологического и медицинского назначения, катализаторы на углеродных носителях. Особенности технологического процесса получения 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.

3.2. *Сырьевые материалы.* Свойства, применение, 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. Связующие вещества, их роль в производстве углеродных материалов. Каменноугольные и нефтяные пеки, синтетические связующие. Конструкционные и углеродные композиционные материалы. Стеклоуглерод. Углеродные волокна. Слоистые соединения, фуллерены, нанотрубки. Технологии получения, особенности строения и области использования. Физические, механические, химические и другие свойства материалов на основе углерода. Методы определения.

3.3. *Технология углеграфитовых композиционных материалов.* Технологические стадии и физико-химические основы процесса получения углеграфитовых материалов. Графитация. Представления о структуре поликристаллического графита и механизме процесса графитации. Смешивание. Теоретические основы и технология процесса смешивания. Основные принципы составления рецептур коксопечковых масс и технологическая роль компонентов (коксов и пеков). Конструкции печных

агрегатов для обжига коксопечевых заготовок. 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.

Раздел 4. Экологические проблемы химических производств

4.1 Состав и значимость основных вредных выбросов на производственных объектах. Охрана от загрязнений нефтью и нефтепродуктами водных бассейнов, почвы, атмосферы.

4.2 Экологические проблемы при производстве, реализации и утилизации нефтепродуктов. Основные источники загрязнения атмосферы, водных источников, почвы на предприятиях химической технологии ТГИ.

4.3 Бессточное ведение технологических процессов.

4 Вопросы к вступительному испытанию

1. Химический состав нефтей.
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 CO_2 и H_2 .
17. Катализаторы процесса синтеза из CO_2 и H_2 .
18. Теоретические основы процесса газификации и конверсии углеводородных газов.
19. Химическое равновесие основных реакций углерода с газами.
20. Схема механизма реакций углерода с CO_2 , H_2O , O_2 .

21. Углеродные сорбенты 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.

5 Критерии оценивания ответов поступающих

Результаты вступительного испытания определяются по 50-бальной шкале (от 0 до 50 баллов). Максимальное количество баллов подтверждающее

успешное прохождение вступительного испытания – 50 баллов. Минимальное количество баллов, подтверждающее успешное прохождение вступительного испытания – 20 баллов.

50 – бальная шкала	Общая характеристика ответа	Критерии оценки
41–50 баллов	Ответ отличный	Ясный, достаточно точный, уверенный ответ на все вопросы экзаменационного билета, дополнительные и уточняющие вопросы. Глубокое знание материала. Свободное владение понятийным аппаратом, научным языком и терминологией. Логически правильное и убедительное изложение ответа. Ответ на вопрос достаточно аргументирован и обоснован, приведены убедительные примеры по каждому вопросу экзаменационного билета.
31-40 баллов	Ответ хороший	Ясный и уверенный ответ на все вопросы билета. Знание ключевых проблем и основного содержания материала. Умение оперировать понятиями по своей тематике. В целом логически корректное, но не всегда точное и аргументированное изложение ответа. Допущены незначительные ошибки в терминологии и при использовании фактического материала. Ответ на дополнительные и уточняющие вопросы.
20-30 баллов	Ответ удовлетворительный	Ответ на все вопросы билета, требующий существенных дополнений. Недостаточно логичное и аргументированное изложение ответа. Фрагментарные, поверхностные знания материала. Затруднения с использованием понятийного аппарата и терминологии. Отсутствуют ответы на дополнительные и уточняющие вопросы.
0 – 19 баллов	Ответ неудовлетворительный	Отсутствие ответа на вопросы билета; ответ только на один из вопросов; попытка ответа на все вопросы без раскрытия основного содержания; подмена ответа на вопросы экзаменационного билета ответом на

		смежные вопросы. Полное незнание либо отрывочное представление о материале. Неумение оперировать понятиями по своей тематике. Неумение логически определенно и последовательно излагать ответ.
--	--	--

6 Список рекомендуемой литературы

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. 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
6. 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.
7. 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.

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. Кинле Х. Активные угли и их промышленное применение : пер. с нем. [Текст] / Х. Кинле, Э. Бадер ; пер. Т. Б. Сергеева ; ред.пер.: Т. Г. Плаченов, 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 41-374568).
10. 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.
11. Кузнецов Б.Н. Актуальные проблемы промышленной органической химии. Монография. Красноярск: Краснояр. гос. ун-т, 2002, 308 с.
12. Кузнецов Б.Н. Катализ химических превращений угля и биомассы. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ие 1990, 302 с.
13. Кузнецов Б.Н., Таран О.П. Основы гетерогенного катализа и производство катализаторов. Учебно-методическое пособие. Красноярск: Сиб. федер. ун-т. 2017.
14. 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.
15. 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.
16. 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.
17. Русьянова, Наталья Дмитриевна. Углекислотная химия [Текст] / Н.Д. Русьянова; Рос. акад. наук. Урал. отд-ние, Ин-т орган. синтеза, М-во экономики Рос. Федерации, Вост. науч.-исслед. углекислот. ин-т. - М. : Наука, 2003. - 315,[1] с. : ил. - Библиогр. в конце глав. (Шифр Л52/Р 89-804233).
18. 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).
19. 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.
20. Фенелонов, В.Б. Введение в физическую химию формирования супрамолекулярной структуры адсорбентов и катализаторов / В.Б.Фенелонов. – Новосибирск: Издательство СО РАН, 2004. – 442 с.
21. Чоркендорф, И. Современный катализ и химическая кинетика: Научное издание / И. Чоркендорф, Х. Наймантсведрайт. – Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2010. – 504 с.
22. Шабанов В.Ф., Кузнецов Б.Н., Щипко М.Л., Волова Т.Г., Павлов В.Ф. 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.
23. Школлер, М. Б. Полукоксование каменных и бурых углей [Текст] / М. Б. Школлер. - Новокузнецк : Инженерная академия России, Кузбасский филиал, 2001. - 232 с. - Библиогр.: с. 220-232.

Согласовано:

Заведующий кафедрой
фундаментальных дисциплин
и методологии науки



О.В. Александрова

Заведующий аспирантурой



Е.В. Нефедова

Декан факультета подготовки кадров



А.Н. Кокорин