

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт катализа им. Г.К. Борескова
Сибирского отделения Российской академии наук**

УТВЕРЖДАЮ



ВРИО директора ИК СО РАН

чл.-корр. РАН

В.И. Бухтияров

2015 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Катализ и устойчивое развитие

Направление подготовки: 18.06.01 – Химическая технология

Направленность подготовки: 05.17.08 - Процессы и аппараты химических технологий

Уровень образования: подготовка кадров высшей квалификации

Квалификация выпускника: Исследователь. Преподаватель-исследователь.

Новосибирск 2015

Программа составлена в соответствии с требованиями следующих нормативных документов:

Программа составлена в соответствии с требованиями следующих нормативных документов:

1. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования по направлению подготовки 18.06.01 – Химическая технология (уровень подготовки кадров высшей квалификации), утвержденный Приказом Минобрнауки РФ от 30.07.2014 № 883.
2. Паспорт научной специальности 05.17.08 - Процессы и аппараты химических технологий (разработанный экспертами ВАК Минобрнауки России в соответствии с Номенклатурой специальностей работников, утверждённой приказом Минобрнауки России от 25.02.2009 г. № 59).
3. Программа-минимум кандидатского экзамена по специальности 05.17.08 - Процессы и аппараты химических технологий

Составители рабочей программы:

Директор, академик


(подпись)

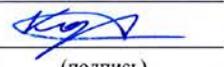
В.Н. Пармон
(Ф.И.О.)

н.с., к.х.н.


(подпись)

П.А. Колинько
(Ф.И.О.)

с.н.с., к.х.н.


(подпись)

Е.А. Козлова
(Ф.И.О.)

Рабочая программа утверждена на заседании Ученого совета ИК СО РАН

«14» 05 2015 г., протокол №08

Ученый секретарь, к.х.н.


(подпись)

А.А. Ведягин
(Ф.И.О.)

СОГЛАСОВАНО:

Зам. директора по научной работе


(подпись)

д.х.н Мартьянов О.Н.
(Ф.И.О.)

1. Цели освоения дисциплины

Целевая установка курса - овладение аспирантами теоретическими и практическими знаниями по экологическому катализу, понимание ключевой роли катализа для концепции устойчивого развития (газохимия, переработка нефти, защита окружающей среды, возобновляемое сырье, переработка биомассы, водородная энергетика)

Основные задачи дисциплины:

- обучить аспирантов теоретическим основам экологического катализа;
- привить творческое отношение к организации и выполнению исследований в области катализа;
- дать представление о классификации каталитических процессов, катализаторов и основных методах их применения в области устойчивого развития;
- сформировать понимание о важнейших сферах использования катализа в науке и народном хозяйстве;
- познакомить с рекомендательной учебной и научной литературой;
- сформировать понимание сущности каталитического действия в процессах направленных на сохранение экологии;
- дать представление о роли катализа в защите окружающей среды и разработке новых подходов в увеличении экологической безопасности в промышленности;
- закрепить необходимый понятийный аппарат важнейших разделов экологического катализа.

2. Место дисциплины в структуре программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению подготовки кадров высшей квалификации

Направление подготовки: 18.06.01 – Химическая технология

Направленность подготовки: 05.17.08 - Процессы и аппараты химических технологий

Дисциплина относится к вариативной части Блока 1 «Дисциплины» образовательной программы аспирантуры. Преподается на втором курсе.

Требования к первоначальному уровню подготовки обучающихся для успешного освоения дисциплины:

- базовые знания по общей химии, органической и неорганической химии, катализу, химической кинетике, химической термодинамике, строению вещества, применению ЭВМ в каталитических исследованиях, термодинамике функционирующего катализатора.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

Универсальные компетенции:

| | |
|------|---|
| УК-1 | способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении |
|------|---|

| | |
|------|--|
| | исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях |
| УК-3 | готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач |

Общепрофессиональные компетенции:

| | |
|-------|---|
| ОПК-3 | способность и готовность к анализу, обобщению и публичному представлению результатов выполненных научных исследований |
| ОПК-5 | способность и готовность к использованию лабораторной и инструментальной базы для получения научных данных |
| ОПК-6 | готовность к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования |

Профессиональные компетенции:

| | |
|------|--|
| ПК-1 | понимание ключевой роли катализа для концепции устойчивого развития (газохимия, переработка нефти, защита окружающей среды, возобновляемое сырье, переработка биомассы, водородная энергетика) |
| ПК-2 | способность разрабатывать новые и совершенствовать существующие каталитические процессы и технологии для устойчивого развития (зеленая химия, фотокатализ, экология) |
| ПК-3 | способность анализировать состояние проблемы, систематизировать и обобщать научно-техническую информацию в области устойчивого развития. |

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать:

- теоретические основы катализа в условиях устойчивого развития;
- современные проблемы и достижения в области катализа и защиты окружающей среды;

Уметь:

- сформулировать вопросы, подлежащие решению при изучении катализа в условиях устойчивого развития;
- наметить методы решения вопросов, составить программу исследований;
- выполнять намеченные работы и руководить ими;
- проводить обработку полученной информации, составлять отчетные материалы.

Владеть навыками:

- работы на современном научном оборудовании для физико-химических исследований;
- оценки научной значимости и перспектив прикладного использования результатов исследований в области устойчивого развития;
- использования учебной и научной литературы для проведения исследований.
- использования прикладных и специализированных программ обработки и интерпретации данных

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы/144 часа

| | Объём часов / зачетных единиц |
|---|-------------------------------|
| Всего | 144/4 |
| Обязательная аудиторная учебная нагрузка (всего) | 32 |
| в том числе: | |
| лекции | 18 |
| семинары | 14 |
| практические занятия * | |
| Самостоятельная работа аспиранта (всего) | 112 |
| Вид контроля по дисциплине: Текущий контроль Рубежный контроль Зачет (Итоговый контроль) | |

*Практические занятия предусмотрены при выполнении научных исследований.

5. Разделы дисциплины и виды занятий

| | Наименование раздела дисциплины | Лекц. | Практ. зан. | Лаб. зан. | Семинар | СРА | Всего |
|-----|---|-------|-------------|-----------|---------|-----|-------|
| 1. | Общее значение катализа и каталитических технологий для экономики | 2 | | | | 4 | 6 |
| 2. | Каталитические процессы в газопылевом облаке при образовании планет | 2 | | | | 6 | 8 |
| 3. | Безотходные технологии химической промышленности | 2 | | | | 4 | 6 |
| 4. | Основы экологического катализа | 2 | | | | 6 | 8 |
| 5. | Новые экологические методы создания материалов | 2 | | | | 6 | 8 |
| 6. | Фотокатализ в газовой фазе | 2 | | | | 4 | 6 |
| 7. | Фотокатализ в жидкой фазе | 2 | | | | 4 | 6 |
| 8. | Основные процессы газохимии | 2 | | | | 4 | 6 |
| 9. | Основные процессы переработки нефти | 2 | | | | 6 | 8 |
| 10. | Каталитические реакции в природе | | | | 2 | 8 | 10 |
| 11. | Катализ в защите окружающей среды | | | | 2 | 10 | 12 |
| 12. | Методы очистки от промышленных и бытовых выбросов | | | | 2 | 10 | 12 |
| 13. | АОТs – передовые окислительные технологии | | | | 2 | 10 | 12 |

| | | | | | | | |
|-----|--|----|--|--|----|-----|-----|
| 14. | Ископаемые углеводородных ресурсы и основные целевые продукты их переработки | | | | 2 | 10 | 12 |
| 15. | Основные процессы углекислоты | | | | 2 | 10 | 12 |
| 16 | Катализ в перестройке сырьевой базы энергетики и химической промышленности | | | | 2 | 10 | 12 |
| | | 18 | | | 14 | 112 | 144 |

6. Содержание дисциплины:

| № п/п | Наименование раздела дисциплины | Содержание раздела |
|---------------|---|---|
| Лекции | | |
| 1. | Общее значение катализа и каталитических технологий для экономики | Общее значение катализа и каталитических технологий для экономики. Катализ как важнейший элемент устойчивого развития при смене сырьевой базы экономики. |
| 2. | Каталитические процессы в газопылевом облаке при образовании планет | Каталитические процессы в газопылевом облаке при образовании планет. Катализ в геологических процессах. Роль катализа в формировании атмосферы и зарождение жизни. Естественный отбор в простейших автокаталитических системах. Реакция Бутлерова и ее возможная роль в зарождении жизни. Эволюция ферментов из нативных абиогенных структур. Природный фотосинтез растений. |
| 3. | Безотходные технологии химической промышленности | Безотходные технологии химической промышленности. Катализ как основной инструмент этих технологий. Примеры безотходных технологий в химической промышленности. |
| 4. | Основы экологического катализа | Концепция устойчивого развития. Концепция химии в интересах устойчивого развития. Программа ООН по окружающей среде (ЮНЕП) Ключевая роль химии в осуществлении устойчивого развития. Экологическая химия. Экологически чистые технологии. Возникновение понятия зеленой химии. 12 принципов «зеленой» химии. Ресурсо- и энергосбережение как предшественники идей «зеленой» химии. Новые подходы к использованию природных ресурсов. Критерии «зеленого» процесса. Роль катализа в процессах «зеленой» химии. |
| 5. | Новые экологические методы создания материалов | Новые каталитические процессы получения полезных продуктов. Ферментативный катализ для производства основных химических продуктов. Ферментативные способы утилизации отходов. Вода и сверхкритические растворители. Экспериментальные особенности осуществления процессов в суб- и сверхкритических средах. Реакции без участия |

| | | |
|-----------------|-------------------------------------|--|
| | | растворителей. Микрореактора. Микроволновые технологии. Механохимическая активация. Фотохимия. Использование возобновляемых источников сырья. Полезные растения и бактерии. Процессы переработки биосырья в полезные продукты. |
| 6. | Фотокатализ в газовой фазе | Определение полупроводников, основные виды полупроводников. Зонная теория строения твердого тела. Механизм окислительных и восстановительных фотокаталитических процессов. Диоксид титана – самый распространенный фотокатализатор. Полиморфные модификации диоксида титана (анатаз, рутил, брукит). Методы синтеза наноразмерного диоксида титана. Фотокатализ для очистки воздуха. Аэрозольная очистка воздуха в атмосфере. Создание систем для комплексной фотокаталитической очистки воздуха от органических и неорганических загрязнений с одновременной инактивацией болезнетворных микроорганизмов. |
| 7. | Фотокатализ в жидкой фазе | Особенности фотокаталитических процессов в жидкой фазе. Типы процессов: фотокаталитическое разложение воды, парциальное окисление для тонкого органического синтеза. Фотокаталитическое разложение воды для выделения водорода и получения электрического тока. Фотокатализаторы разложения воды, особенности синтеза фотокатализаторов, чувствительных к излучению видимого диапазона. Особенности создания фотокаталитических мембран и фотоэлектродов. Парциальное фотокаталитическое окисление органических веществ в водных растворах и в органических растворителях. Особенности фотокаталитического синтеза органических веществ из углекислого газа. |
| 8. | Основные процессы газохимии | Структура производства и потребления энергии и энергоносителей в мире. Основные виды моторных и реактивных топлив, требования предъявляемые к ним, сложность достижения этих требований. Углеводородные ресурсы как основа химической промышленности. Основные технологические цепочки переработки ископаемых углеводородных ресурсов в ценные химические продукты и компоненты моторных топлив. |
| 9. | Основные процессы переработки нефти | Обзор химических путей переработки природного газа. Термодинамика процессов пиролиза природного газа, процессы получения ацетилен, КВУ. Процессы на основе ацетилен. Термодинамика процессов риформинга природного газа: парового, углекислотного, автотермического. Парциальное окисление метана кислородом. Синтез-газ и обзор процессов химического синтеза из него. Окислительная димеризация метана. |
| Семинары | | |
| 10. | Каталитические реакции в природе | Каталитические реакции в природе. Абиогенный катализ в почве, природных водах, атмосфере. Каталитические реакции |

| | | |
|-----|--|---|
| | | в природе, инициируемые солнечным светом. Роль природных каталитических процессов в очистке окружающей среды от загрязнений. Атмосфера как глобальный каталитический реактор. |
| 11. | Катализ в защите окружающей среды | Катализ в защите окружающей среды. Природоохранные технологии на основе каталитических процессов. Практическая реализация некоторых технологий для очистки отходящих газов промышленности и транспорта, очистка сточных вод. |
| 12. | Методы очистки от промышленных и бытовых выбросов | Антропогенное воздействие на природу в целом и различные составляющие биосферы. Экологические проблемы: разрушение озонового слоя, загрязнение воды и воздуха, загрязнение поверхности земли, а так же истощение ископаемых ресурсов. Основные виды загрязнителей. Пути снижения загрязнений. Типы отходов (промышленные, бытовые, медицинские). Отличия промышленных и бытовых отходов. Утилизация отходов. Загрязнение воздуха диоксидами азота и серы. Методы очистки. Окислительные и восстановительные технологии очистки. |
| 13. | АОТs – передовые окислительные технологии | Определение передовых окислительных процессов (advanced oxidation processes, AOPs). Жидкофазное окисление кислородом воздуха, каталитическое (catalytic wet air oxidation, CWAO) и некаталитическое (wet air oxidation, WAO). Каталитическое сжигание. Применение каталитических технологий обезвреживания сточных вод в зависимости от концентрации и объема стоков. Катализаторы и технологии каталитических процессов очистки воды. Применение передовых окислительных технологий в РФ. |
| 14. | Ископаемые углеводородных ресурсы и основные целевые продукты их переработки | Генезис ископаемых углеводородных ресурсов. Абиогенная теория ископаемых углеводородных ресурсов. География углеводородных полезных ископаемых. Состав и физико-химические свойства природного газа, нефтей, углей, метана угольных пластов, торфа, сланцевого газа; краткий обзор технологии добычи и транспортировки углеводородных полезных ископаемых. |
| 15. | Основные процессы углехимии | Процессы получения синтез газа - катализаторы и аппараты, термодинамика и кинетика процесса, условия проведения процессов: паровая конверсия метана (паровой риформинг), парциальное окисления метана, автотермический риформинг. Процессы сажеобразование и зауглероживания катализатора в условиях процесса. Стадия предриформинга. Углекислотный и пароуглекислотный риформинг. |
| 16 | Катализ в перестройке сырьевой базы энергетики и химической промышленности | Катализ в решении энергетических проблем в системе устойчивого развития цивилизации. Сравнительный анализ структуры сырьевой базы России и различных стран мира. Возобновляемое сырье. Переработка биомассы. Рисайклинг. Каталитические технологии использования и переработки вторичного и техногенного сырья. Водородные технологии и энергетика будущего. |

7. Самостоятельная работа аспирантов

Цель самостоятельной работы – закрепление, углубление и приобретение навыков применения теоретических знаний в практической работе, умения целенаправленно творчески работать с учебной, научной специальной литературой, составлять рефераты.

В самостоятельную работу аспирантов включается также подготовка к текущему и рубежному контролю, сдаче зачета.

На самостоятельное изучение выносятся следующие темы:

1. Каталитические реакции в природе.
2. Катализ в защите окружающей среды.
3. Методы очистки от промышленных и бытовых выбросов.
4. АОТs – передовые окислительные технологии.
5. Ископаемые углеводородных ресурсы и основные целевые продукты их переработки.
6. Основные процессы углехимии.
7. Катализ в перестройке сырьевой базы энергетики и химической промышленности.

8. Оценочные средства для контроля успеваемости и аттестации по итогам освоения дисциплины. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

8.1. Вопросы к текущему контролю

Тема: «Общее значение катализа и каталитических технологий для экономики»

- 1 Что такое катализ ?
- 2 Значение катализа и каталитических технологий для экономики?
- 3 Роль катализа как элемента устойчивого развития при смене сырьевой базы экономики?

Тема: «Каталитические процессы в газопылевом облаке при образовании планет»

- 1 Каталитические процессы в газопылевом облаке при образовании планет?
- 2 Катализ в геологических процессах?
- 3 Роль катализа в формировании атмосферы и зарождение жизни?
- 4 Естественный отбор в простейших автокаталитических системах?
- 5 Реакция Бутлерова и ее возможная роль в зарождении жизни?
- 6 Эволюция ферментов из нативных абиогенных структур?
- 7 Природный фотосинтез растений?

Тема: «Безотходные технологии химической промышленности»

- 1 Безотходные технологии химической промышленности?
- 2 Катализ как основной инструмент технологии химической промышленности?
- 3 Примеры безотходных технологий в химической промышленности?

Тема: «Основы экологического катализа»

- 1 Концепция устойчивого развития?
- 2 Концепция химии в интересах устойчивого развития?
- 3 Ключевая роль химии в осуществлении устойчивого развития?
- 4 Экологическая химия. Экологически чистые технологии?
- 5 Возникновение понятия зеленой химии, 12 принципов «зеленой» химии?
- 6 Ресурсо- и энергосбережение как предшественники идей «зеленой» химии?
- 7 Новые подходы к использованию природных ресурсов?

- 8 Критерии «зеленого» процесса? Роль катализа в процессах «зеленой» химии?

Тема: «Новые экологические методы создания материалов»

- 1 Новые каталитические процессы получения полезных продуктов?
- 2 Ферментативный катализ для производства основных химических продуктов?
- 3 Ферментативные способы утилизации отходов?
- 4 Вода и сверхкритические растворители?
- 5 Экспериментальные особенности осуществления процессов в суб- и сверхкритических средах?
- 6 Реакции без участия растворителей?
- 7 Микрореактора?
- 8 Микроволновые технологии, механохимическая активация, фотохимия?
- 9 Использование возобновляемых источников сырья, полезные растения и бактерии?
- 10 Процессы переработки биосырья в полезные продукты?

Тема: «Фотокатализ в газовой фазе»

1. Определение полупроводников, основные виды полупроводников?
2. Зонная теория строения твердого тела?
3. Механизм окислительных и восстановительных фотокаталитических процессов?
4. Фотокатализ для очистки воды и воздуха?
5. Создание систем для комплексной фотокаталитической очистки?

Тема: «Фотокатализ в жидкой газовой фазе»

1. Фотокаталитическое разложение воды?
2. Значение фотокаталитических процессов для водородной энергетики.
3. Парциальное окисление для тонкого органического синтеза?
4. Особенности фотокаталитического синтеза органических веществ из углекислого газа?

Тема: «Основные процессы газохимии»

1. Структура производства и потребления энергии и энергоносителей в мире?
2. Основные виды моторных и реактивных топлив, требования предъявляемые к ним, сложность достижения этих требований?
3. Углеводородные ресурсы как основа химической промышленности?
4. Основные технологические цепочки переработки ископаемых углеводородных ресурсов в ценные химические продукты и компоненты моторных топлив?

Тема: «Основные процессы переработки нефти»

1. Обзор химических путей переработки природного газа?
2. Термодинамика процессов пиролиза природного газа, процессы получения ацетилена, КВУ?
3. Процессы на основе ацетилена?
4. Термодинамика процессов риформинга природного газа: парового, углекислотного, автотермического?
5. Парциальное окисление метана кислородом?
6. Синтез-газ и обзор процессов химического синтеза из него?
7. Окислительная димеризация метана?

8.2. Вопросы к зачету (итоговому контролю знаний)

1. Химия в интересах устойчивого развития.
2. Роль катализа в процессах «зеленой» химии.
3. Оценка экологической безопасности производства материалов.
4. Каталитические методы очистки воздуха от загрязнителей.
5. Сравнение каталитических и некаталитических методов очистки воздуха.
6. Каталитические методы очистки воды от загрязнителей.
7. Методы очистки сточных вод: механические, биологические и химические.
8. Загрязнение почвы пестицидами, каталитические методы очистки.
9. Методы снижения и очистки выбросов NO_x .
10. Конверсия CO_2 в углеводороды, основные каталитические процессы гидрирования CO_2 .
11. Ферментативный катализ для производства химических продуктов и лекарств.
12. Экологические растворители в катализе на примере реакций ТОС.
13. Особенности процессов в сверхкритических условиях, примеры производственной практики.
14. Примеры применения ионных жидкостей в каталитических процессах.
15. Особенности микрореакторных технологий с точки зрения экологического катализа.
16. Каталитические методы переработки возобновляемого сырья.
17. Биодegradуемые полимеры: структура и свойства.
18. Методические рекомендации по синтезу полимеров и сополимеров на основе молочной кислоты в сверхкритических условиях.
19. Микроволновые и механохимические методы в экологическом катализе.
20. Передовые окислительные технологии для очистки воды.
21. Методы очистки сточных вод, применяемые в РФ.
22. Научные основы фотокатализа на полупроводниках.
23. Особенности протекания фотокаталитических процессов в газовой и жидкой фазах.
24. Биомиметические процессы: фотокаталитическое разложение воды и восстановление углекислого газа.
25. Научные основы водородной энергетики.
26. Перспективы развития альтернативных источников сырья для химической промышленности (биомасса: водоросли, растительные масла, вода, углекислый газ).
27. Биодизель – современное состояние технологии, её преимущества и недостатки.
28. Процесс *Siluria* – реально ли эффективное использование окислительной димеризации метана в промышленности?
29. Каталитический волокнистый углерод – области применения, оценка перспективного объема спроса на КВУ.
30. 4а. Альтернативные некаталитические пути получения синтез-газа, возможность и эффективность плазмахимического превращения метана в синтез-газ.
31. Альтернативные процессы получения водорода, в том числе выделения водорода методами короткоциклового адсорбции, мембранные методы. Получение водорода термолизом воды.
32. Изотермические аппараты паровой конверсии CO
33. Процессы тонкой очистки водорода от CO для использования в ТЭ с протоннообменной мембраной.
34. Возможность и эффективность малотоннажных процессов синтеза метанола в удаленных районах (на нефтяных месторождениях). Особенности технологических схем малотоннажных установок синтеза метанола.
35. Современный рынок формальдегида и пути его использования.
36. Как можно использовать ДМЭ? Характеристики ДМЭ как моторного топлива, его

- соответствие стандартам.
37. Полимеры и сополимеры этилена и пропилена. Свойства и состояние рынка.
 38. Возможно ли использовать железо-содержащие катализаторы для СФТ в процессах переработки природного газа – опыт компании Rentech?
 39. Возможно ли получать продукты синтеза Фишера-Тропша с распределением, отличающимся от АШФ?
 40. Катализаторы синтеза Фишера-Тропша, роль промотирования благородными металлами.
 41. Возможно ли достижение требований ГОСТ на моторные топлива при переработке синтетической нефти, полученной по методу синтеза Фишера-Тропша?
 42. Как можно использовать твердые углеводороды, особенности твердых углеводородов, получаемых по методу СФТ, рынок твердых углеводородов и его прогноз.
 43. Позволит ли проведение синтеза Фишера-Тропша с низкой величиной параметра альфа распределения АШФ сэкономить на стадии гидрокрекинга – анализ предложений компании «Инфра технологии».
 44. Возможность строительства завода GTL СФТ на газовых месторождениях Восточной Сибири.
 45. Экономика транспортировки СПГ в сравнении с трубопроводным транспортом
 46. Применяемые и планируемые газотурбинные двигатели для автомобильного и железнодорожного транспорта.

8.3. Рекомендуемая литература Основная

- 1 В. Н. Пармон. Каталитические технологии будущего для возобновляемой и нетрадиционной энергетики. Химия в интересах устойчивого развития, 2000, т. 8, № 4, с. 555-565.
- 2 В. Н. Пармон, А. С. Носков. Ресурсосберегающие каталитические процессы. Сборник лекций школы по катализу, 15-17 марта 2000 г., Нижнекамск, с. 46-68.
- 3 В. Н. Пармон, В. С. Захаренко. Фотокатализ и фотоадсорбция в земной атмосфере. Химия в интересах устойчивого развития, 2001, т. 9, № 3, с. 461-483.
- 4 В. Н. Пармон, А. С. Носков. Отечественные катализаторы и новые ресурсосберегающие каталитические процессы в современной России. Катализ в промышленности, 2001, № 1, с 6-17.
- 5 В. Н. Пармон, З. Р. Исмагилов, В. А. Кириллов, А. Д. Симонов. Процессы каталитического горения для решения экологических и энергетических проблем. Труды Шестой сессии Международной школы повышения квалификации специалистов в области инженерной химии, 2001, т. 2, с. 50-72.
- 6 А. Д. Симонов, Н. А. Языков, П. И. Ведякин, Г. А. Лавров, В. Н. Пармон. Мобильные каталитические теплофикационные установки. Материалы Юбилейной научно-практической конференции «Проблемы и пути эффективного освоения минерально-сырьевых ресурсов Сибири и Дальнего Востока», 16-18 мая Томск, 2000 г., с. 103-106.
- 7 Крылов О.В. Гетерогенный катализ. Москва, Академкнига, 2004, С. 679.
- 8 Кожевников И.В. Катализ кислотами и основаниями. Н.: Изд-во НГУ, 1991.
- 9 Рогинский С.З. Гетерогенный катализ. Некоторые вопросы теории. М.: Наука, 1979. С. 416.

- 10 И.И. Иоффе, Б.А. Решетов, А.М. Добротворский. Гетерогенный катализ: физико-химические основы. Л.: Химия, 1985 – 472с.
- 11 P.T. Anastas, J.C. Warner. Green Chemistry: Theory and Practice, Oxford University Press, New York, 1998.
- 12 Артемьев Ю.М., Рябчук В.К. Введение в гетерогенный фотокатализ: Учеб. пособие. – СПб: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 1999. С. 304.
- 13 М.М. Караваев. Технология синтетического метанола, М.: Химия, 1984.
- 14 В.М. Капустин, М.Г. Рудин, Химия и технология переработки нефти. М.: Химия, 2013.
- 15 Е.Я. Мельников. Справочник азотчика. Книга 1, М.: Химия, 1986
- 16 Б.К. Нефедов, Е.Д. Радченко, Р.Р. Алиев. Катализаторы процессов углубленной переработки нефти. М.: Химия, 1992.
- 17 Р.А. Шелдон. Химические продукты на основе синтез-газа. М.: Химия, 1987.
- 18 Г.Д. Шиллинг, Б. Бонн, У. Краус. Газификация угля. М.: Недра, 1986.
- 19 Ю.Б. Ян, Б.К. Нефедов. Синтезы на основе оксидов углерода. М.: Химия, 1987.
- 20 A. de Klerk. Fischer-Tropsch Refining. N.-Y.: Wiley, 2011.

Дополнительная:

1. Д.В. Сокольский, В.А. Друзь. Введение в теорию гетерогенного катализа. М.: Высшая школа, 1981 – 915с.
2. Панченков Г.М., Лебедев В.П. Химическая кинетика и катализ. М.: Химия, 1974. С. 592.
3. В.В. Коробочкин, Е.А. Ханова. Технология катализаторов. Часть I. Методы приготовления катализаторов. Учебное пособие. – Томск, из-во ТПУ, 2008. - 50с.
4. Накамура А., Цуцуи М. Принципы и применение гомогенного катализа. М.: Мир, 1983.
5. Хенрици-Оливэ Г., Оливэ С. Координация и катализ. М.: Мир, 1980.
6. Боресков Г.К. Гетерогенный катализ. М.: Наука, 1986. С.303.
7. Мастерс К. Гомогенный катализ переходными металлами. М.: Мир, 1983.
8. Денисов Е.Т. Кинетика гомогенных каталитических реакций. М.: Высш. шк., 1988.
9. Киперман С.Л. Основы химической кинетики в гетерогенном катализе, М.: Химия, 1979.
10. Фелленберг Г. Загрязнение природной среды. М. Мир. 1997.
11. Farrauto R.J., Bartholomew C.H. Fundamentals of Industrial Catalytic Processes, Blackie Acad.&Profes., 1997.
12. Handbook of Heterogeneous Catalysis, (G.Ertl, H.Knozinger, J.Weitkamp, Eds.), VCH Publ., 1997.
13. Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии. Часть 1. - М.:Химия, 1995 - 400 с.

8.4 Программное обеспечение и Интернет-ресурсы

1. Информационно-поисковые системы:
 - Google ScholarSFX - полнотекстовый поиск в научных источниках – журналах, тезисах, книгах, online-доступ со всех компьютеров ИК СО РАН
 - SCIRUS -бесплатная поисковая система издательства Elsevier, ориентированная на поиск только научной информации, online-доступ со всех компьютеров ИК СО РАН
 - SciTopics - новый бесплатный интернет-ресурс для ученых и исследователей при; представлены самая свежая и самая точная веб-информация и информация из периодики; online-доступ со всех компьютеров ИК СО РАН.
2. Библиографические базы данных, к которым существует прямой доступ из внутренней сети Института: "ВИНИТИ", "Current Contents", "Chemical Abstracts", и т.д.
3. Электронный доступ к периодическим и продолжающимся изданиям (более 100 наименований, включая Catalysis for Sustainable Development, Applied Catalysis, Catalysis Letters, Catalysis Today, Surface Science, etc.)

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

- Аудиторный фонд ИК СО РАН, ноутбук, мультимедиа проектор, экран.
- Компьютерный класс ИК СО РАН, электронно-вычислительные машины, оснащенные необходимым прикладным и специализированным программным обеспечением.
- Рабочие места с выходом в интернет и внутреннюю сеть ИК СО РАН.
- Библиотечный фонд, информационно-аналитический центр ИК СО РАН.
- Учебные материалы на сайте ИК СО РАН www.catalysis.ru (Раздел Образование).

10. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины:

В процессе изучения дисциплины выполняются входной, текущий, рубежный и итоговый контроль знаний.

Входной контроль проводится для определения первоначального уровня подготовки обучающихся.

Текущий и рубежный контроль изучения дисциплины выполняется в форме вопросов к аспирантам в ходе лекций, консультаций и аннотационных отчетов аспирантов по научным исследованиям в области катализа. Цель текущего и рубежного контроля заключается в выработке у аспиранта необходимости самостоятельной работы по освоению материала дисциплины.

Итоговый контроль выполняется в форме зачета. Цель итогового контроля – проверка знаний и умений, предусмотренных целями и задачами изучения дисциплины, понимания взаимосвязей различных ее разделов и связей со знаниями некоторых разделов естественнонаучных, общепрофессиональных и специальных дисциплин. Итоговый контроль проводится после освоения дисциплины в форме ответов на вопросы по лекционной и практической части курса.

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ В РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ЗА
_____ / _____ УЧЕБНЫЙ ГОД

В рабочую программу курса «**Катализ и устойчивое развитие**» образовательной программы по _____ вносятся следующие дополнения и изменения: