

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Национальный исследовательский университет

Новосибирский государственный университет

Научно-образовательный центр «Энергоэффективный катализ»

**ГЛУБОКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ИСКОПАЕМЫХ  
УГЛЕВОДОРОДНЫХ РЕСУРСОВ: ГАЗА, НЕФТИ И  
ТВЕРДЫХ ГОРЮЧИХ ИСКОПАЕМЫХ**

**Общая структура учебного курса, программа лекционного  
курса, семинарских занятий, примеры тем курсовых работ,  
экзаменационных вопросов.**

Учебно-методический комплекс  
для магистрантов и аспирантов Научно-образовательного центра  
«Энергоэффективный катализ» (НОЦ ЭК)

Новосибирск, 2014

Дисциплина «Глубокая переработка ископаемых углеводородных ресурсов: газа, нефти и твердых горючих ископаемых» является частью ООП магистров специальности «020100 Химия» и кадров высшей квалификации по специальностям «020004 Физическая химия» и «020015 Кинетика и катализ». Предлагаемый учебно-методический комплекс предназначен для магистрантов и аспирантов Научно-образовательный центра «Энергоэффективный катализ» НГУ и Института катализа СО РАН. Пособие содержит программу лекционного курса, программу семинарских занятий, список рекомендованной литературы, примеры тем курсовых работ и экзаменационных вопросов.

Составитель:

д.х.н., в.н.с. ОХиБ НИЧ Хасин А.А.

Рецензент:

Учебно-методический комплекс подготовлен в рамках  
совместного Научно-образовательного центра  
энергоэффективного катализа  
Новосибирского государственного университета и  
Института катализа им. Г.К. Борескова

© Новосибирский государственный  
университет, 2014

## **Аннотация**

Дисциплина «Глубокая переработка ископаемых углеводородных ресурсов: газа, нефти и твердых горючих ископаемых» является частью цикла образовательных программ (ООП) подготовки магистров по направлению подготовки «020100 химия», а также кадров высшей квалификации по специальностям «020004 Физическая химия» и «020015 Кинетика и катализ». Дисциплина реализуется в федеральном государственном образовательном бюджетном учреждении высшего профессионального образования Новосибирский государственный университет (НГУ) Научно-образовательным центром «Энергоэффективный катализ».

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с технологическими процессами глубокой переработки природного и попутного нефтяного газов, нефти и твердых горючих ископаемых в ценные химические продукты. Курс подразделяется на два основных блока, первый из которых рассматривает процессы получения из природного и попутного газов или твердых горючих ископаемых смеси СО и водорода (синтез-газа) и синтеза на его основе, второй обсуждает процессы превращения жидких углеводородов нефтяного и синтетического происхождения. В программу курса входит обсуждение химической природы ископаемых углеводородных ресурсов, вариантов технологических схем процессов их переработки, особенностей технологических режимов осуществления и аппаратного оформления этих процессов, характеристик получаемых целевых и побочных продуктов, а также оценки энергоэффективности различных вариантов переработки углеводородных ресурсов и связанных с ними экологических рисков. Для наиболее важных процессов обсуждаются природа используемых катализаторов, особенности их структуры и

процессы её генезиса, механизмы протекания каталитических процессов.

Дисциплина нацелена на формирование у магистранта или аспиранта общекультурных компетенций: ОК-1, ОК-2; профессиональных компетенций: ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-6, ПК-7, ПК-8, ПК-9, ПК-10.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, семинарские занятия, практические занятия (курсовые работы), самостоятельная работа студента, коллоквиумы, экзамен.

В программу дисциплины входят следующие виды контроля:

Текущий контроль. В течение каждого из двух семестров магистранты и аспиранты проходят промежуточный коллоквиум, на которых проводят защиту курсовой работы.

Курсовая работа является введением в научно-исследовательскую работу и имеет целью привить студенту навыки самостоятельного планирования и выполнения эксперимента, работы с оригинальной литературой – монографиями, статьями в научных журналах, работы с реферативной литературой, а также представления материала в форме научного отчета и научного доклада. Курсовая работа может представлять аналитический обзор научно-технической литературы, либо содержать результаты самостоятельной экспериментальной работы (в том числе – численного эксперимента) по одной из тем изучаемого в текущем семестре раздела. Полученные результаты магистрант или аспирант докладывает в течение 15-20 мин (защита курсовой работы) на открытом коллоквиуме.

По окончании осеннего семестра магистранты и аспиранты сдают дифференцированный зачёт.

Итоговый контроль. Две успешно защищенных на коллоквиумах курсовых работы и успешная сдача

дифференцированного зачета может привести к получению им итоговой оценки «автоматом» («отлично» и «хорошо»), но не выше, чем минимальная из промежуточных оценок. Итоговую оценку по дисциплине обучающийся может получить на устном экзамене в конце семестра, где, в том числе, студент имеет возможность либо повысить оценку, полученную им «автоматом».

## 1. Цели и задачи курса

Основной целью изучения дисциплины является приобретение учащимися представлений о современных технологических схемах глубокой переработки углеводородных ресурсов, об основных химических процессах, их термодинамике и механизме, используемых аппаратах и катализаторах, факторах, влияющих на направление протекания процессов, составе и свойствах получаемых продуктов, методах повышения энергоэффективности и экономической эффективности процессов.

Для достижения этой цели выделяются задачи курса:

1. получение учащимися систематических знаний о
  - химической природе и составе углеводородных ископаемых ресурсов и об используемых в промышленности
  - перспективных направлениях глубокой переработки углеводородных ресурсов;
  - химических и технологических особенностях процессов;
  - механизме основных каталитических стадий и природе используемых катализаторов;
  - экологических проблемах, связанных с процессами переработки углеводородных ресурсов, и методах их решения;
  - принципах технико-экономической оценки эффективности процессов переработки углеводородных ресурсов.

**2. формирование у учащихся навыков** составления технологической блок-схемы процесса, проведения оценки массового и энергетического баланса на уровне общих балансов по стадиям, оценки эффективности процесса.

**3. формирование у учащихся навыков** работы с научно-технической и патентной литературой для поиска информации о современных технологических решениях в области глубокой переработки углеводородных ресурсов.

## **2. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина «Глубокая переработка ископаемых углеводородных ресурсов: газа, нефти и твердых горючих ископаемых» является частью ООП (вариативная часть) по направлению подготовки «020100 ХИМИЯ», уровень подготовки – «магистр», а также частью программы подготовки кадров высшей квалификации по специальностям «020004 Физическая химия» и «020015 Кинетика и катализ».

Дисциплина «Глубокая переработка ископаемых углеводородных ресурсов: газа, нефти и твердых горючих ископаемых» опирается на следующие дисциплины базовой части данной ООП:

- Философские проблемы химии;
- Поиск химической информации в базах данных STN;
- Горячие точки современной химии;
- Физические методы определения строения веществ;
- Иностранный язык (работа с научной литературой в международных журналах).

Для изучения дисциплины желательно сочетание её с одной или несколькими дисциплинами вариативной части данной ООП, так как дисциплина «Глубокая переработка ископаемых углеводородных ресурсов: газа, нефти и твердых горючих ископаемых» отчасти опирается на эти дисциплины, а также результаты освоения данной дисциплины используются при их изучении:

020100.68.14. специальность Кинетика и катализ

Кинетика гетерогенных каталитических реакций

Аналитические методы в катализе

Инженерная химия каталитических процессов

Катализ

Катализ, окружающая среда и устойчивое развитие цивилизации

Научные основы приготовления катализаторов

Применение ЭВМ в каталитических исследованиях

Термодинамика функционирующего катализатора

020100.68.02. специальность Аналитическая химия.

Методы разделения и концентрирования

Мониторинг объектов окружающей среды

020100.68.18. специальность Химия окружающей среды, химическая экспертиза и экологическая безопасность

Аналитическая химия природных объектов

Геохимия

Математическое моделирование переноса и трансформации веществ

Экологическая экспертиза

### **3. Компетенции, формируемые в результате освоения курса**

#### **а) общекультурными компетенциями (ОК):**

- способностью ориентироваться в условиях производственной деятельности и адаптироваться в новых условиях (ОК-1);
- умением принимать нестандартные решения (ОК-2);
- владением иностранным (прежде всего английским) языком в области профессиональной деятельности и межличностного общения (ОК-3);
- пониманием принципов работы и умением работать на современных научных приборах и оборудовании при проведении научных исследований (ОК-6).

#### **б) профессиональными компетенциями (ПК):**

*в научно-исследовательской деятельности:*

- наличием представления об актуальных направлениях исследований в современной теоретической и экспериментальной химии (синтез и применение веществ в наноструктурных технологиях, исследования в критических условиях, химия жизненных процессов, химия и экология и другие) (ПК-1);
- знанием основных этапов и закономерностей развития химической науки, пониманием объективной необходимости возникновения новых направлений, наличием представления о системе фундаментальных химических понятий и методологических аспектов химии, форм и методов научного познания, их роли в общеобразовательной профессиональной подготовке химиков (ПК-2);



- владением теорией и навыками практической работы в избранной области химии (в соответствии с профильной направленностью магистерской диссертации) (ПК-3);
- умением анализировать научную литературу с целью выбора направления исследования по предлагаемой научным руководителем теме и самостоятельно составлять план исследования (ПК-4);
- способностью анализировать полученные результаты, делать необходимые выводы и формулировать предложения (ПК-5);
- наличием опыта профессионального участия в научных дискуссиях (ПК-6);
- умением представлять полученные в исследованиях результаты в виде отчетов и научных публикаций (стендовые доклады, рефераты и статьи в периодической научной печати) (ПК-7);

*в научно-педагогической деятельности:*

- пониманием принципов организации преподавания химии в образовательных учреждениях высшего профессионального образования (ПК-8);
- владением методами подбора материала, преподавания и основами управления процессом обучения в образовательных учреждениях высшего профессионального образования (ПК-9);

*в организационно-управленческой деятельности:*

- способностью определять и анализировать проблемы, планировать стратегию их решения (ПК-10);

По окончании изучения курса обучающийся должен:

**иметь представление** о химической природе и составе углеводородных ископаемых ресурсов; об используемых в промышленности и перспективных направлениях глубокой переработки углеводородных ресурсов; о химических и

технологических особенностях процессов; о механизме основных каталитических стадий и природе используемых катализаторов; об экологических проблемах, связанных с процессами переработки углеводородных ресурсов, и методах их решения; о принципах технико-экономической оценки эффективности процессов переработки углеводородных ресурсов;

**знать** основные технологические стадии процессов глубокой переработки природного газа, твердых горючих ископаемых и нефти в компоненты моторных топлив и ценные химические продукты, технологические условия их осуществления, требования к сырью и состав продуктов;

**уметь** для произвольно выбранного маршрута переработки составить технологическую блок-схему процесса, провести оценку массового и энергетического баланса на уровне общих балансов по стадиям, на основании открытых данных в научно-технической и патентной литературе предложить технологическое оформление процесса и возможных лицензиаров, оценить термическую и углеродную эффективность процесса.

#### **4. Виды учебной работы и образовательные технологии, используемые при их реализации**

Преподавание курса ведется в виде чередования лекционных и семинарских занятий. Лекции проходят с применением электронно-лекционного курса «Глубокая переработка ископаемых углеводородных ресурсов: газа, нефти и твердых горючих ископаемых». Семинарские занятия происходят в форме дискуссий преподавателя с учащимися по заданным преподавателем или предложенным самими учащимися после завершения лекции

задачам, а также по оставшимся невыясненным на лекциях вопросам. В промежутке между лекцией и семинарским занятием, учащиеся самостоятельно изучают выносимые на семинар вопросы, после чего на семинарском занятии проходит их обсуждение. Один из вопросов, обсуждавшихся на семинаре, учащийся детально исследует экспериментально или теоретически, результаты этого исследования оформляет в виде курсовой работы и представляет на открытом коллоквиуме (защите курсовой работы) в конце семестра виде 20-30 минутного доклада с последующим обсуждением преподавателем, остальными учащимися и всеми присутствующими. Предварительное обсуждение этой темы на семинаре в ходе семестра позволяет всем учащимся активно воспринимать и участвовать в работе коллоквиума.

## 5. Структура и содержание дисциплины

### 5.1. Структура курса

Общая трудоемкость курса – 288 часов или 8 зачетных единиц.

Наименование разделов и тем	Количество часов				
	Лекции	Семинары и коллоквиумы	Лабораторные и курсовые работы	Самостоятельная работа	Экзамен
1. Ископаемые углеводородных ресурсы и основные целевые продукты их переработки	6	6		9	
2. Основные процессы газохимии	28	28	17	42	
3. Основные процессы переработки нефти	20	20	12	30	
4. Основные процессы углехимии	14	14	5	21	
<b>Итого по курсу:</b>	<b>68</b>	<b>68</b>	<b>34</b>	<b>112</b>	<b>6</b>

## **5.2. Программа лекционного курса и семинарских занятий**

### **Осенний семестр**

#### **Раздел 1. ИСКОПАЕМЫЕ УГЛЕВОДОРОДНЫХ РЕСУРСЫ И ОСНОВНЫЕ ЦЕЛЕВЫЕ ПРОДУКТЫ ИХ ПЕРЕРАБОТКИ**

**Тема 1.** Генезис ископаемых углеводородных ресурсов. Катагенез органических останков. Диаграмма ван-Кревелена состава керогенов. 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.

*Вопросы для самостоятельной работы и обсуждения на семинаре:*

*1а. Экологические риски добычи полезных углеводородных ресурсов*

*1б. Политика штрафных санкций за факельное сжигание попутного нефтяного газа.*

*1в. Газовые клатраты, их мировые запасы и перспективы разработки технологии добычи и использования.*

**Тема 2.** 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.

*Вопросы для самостоятельной работы и обсуждения на семинаре:*

*2а. Перспективы развития альтернативных источников сырья для химической промышленности (биомасса: водоросли, растительные*

*масла, вода, углекислый газ).*

*2б. Биодизель – современное состояние технологии, её преимущества и недостатки.*

## **Раздел 2. ОСНОВНЫЕ ПРОЦЕССЫ ГАЗОХИМИИ**

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

*Вопросы для самостоятельной работы и обсуждения на семинаре:*

*3а. Процесс Siluria – реально ли эффективное использование окислительной димеризации метана в промышленности?*

*3б. Каталитический волокнистый углерод – области применения, оценка перспективного объема спроса на КВУ.*

**Тема 4.** 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.

*Вопросы для самостоятельной работы и обсуждения на семинаре:*

*4а. Альтернативные некаталитические пути получения синтез-газа, возможность и эффективность плазмахимического превращения метана в синтез-газ.*

**Тема 5.** Методы очистки синтез-газа. Требования к чистоте синтез-газа для его использования в последующих синтезах. Очистка от сажи и механических примесей. Удаление серы. Удаление кислых газов. Очистка от соединений азота.

*Вопросы для самостоятельной работы и обсуждения на семинаре:*

**Тема 6.** Паровая конверсия CO (Water gas shift reaction). Производство водорода из синтез-газа в нитке синтеза аммиака. Термодинамика процесса. Стадии высокотемпературной и низкотемпературной паровой конверсии CO. Используемые катализаторы на основе железа и меди. Использование паровой конверсии CO и обратной реакции для регулирования состава синтез-газа. Производство чистого водорода для топливных элементов.

*Вопросы для самостоятельной работы и обсуждения на семинаре:*  
ба. Альтернативные процессы получения водорода, в том числе выделения водорода методами короткоциклового адсорбции, мембранные методы. Получение водорода термоллизом воды.

бб. Изотермические аппараты паровой конверсии CO

бв. Процессы тонкой очистки водорода от CO для использования в ТЭ с протоннообменной мембраной.

**Тема 7.** Синтез аммиака и его дальнейшее использование. Карбамид, карбамид-формальдегидные концентрат и смолы. Основные процессы и их промышленная реализация.

*Вопросы для самостоятельной работы и обсуждения на семинаре:*

**Тема 8.** Синтез метанола. Термодинамика процесса. Катализатор, его структура. Механизм процесса, роль CO<sub>2</sub>. Технологическая схема процесса синтеза метанола, схема реактора, примеры промышленной реализации.

*Вопросы для самостоятельной работы и обсуждения на семинаре:*  
8а. *Возможность и эффективность малотоннажных процессов синтеза метанола в удаленных районах (на нефтяных месторождениях). Особенности технологических схем малотоннажных установок синтеза метанола.*

**Тема 9.** Процессы переработки метанола в ценные химические продукты – особенности процессов, аппаратов и используемых катализаторов, примеры промышленной реализации. Окисление метанола в формальдегид. Дегидратация метанола в ДМЭ и ДММ (метилаль). Процессы метанол–в-олефины (МТО) и метанол–в-пропилен (МТР).

*Вопросы для самостоятельной работы и обсуждения на семинаре:*  
9а. *Современный рынок формальдегида и пути его использования.*  
9б. *Как можно использовать ДМЭ? Характеристики ДМЭ как моторного топлива, его соответствие стандартам.*

**Тема 10.** Процессы переработки метанола в ценные химические продукты (часть 2). Процессы метанол в бензин (Mobil процесс и его модернизация EMRE, TIGAS). Процессы метанол–в-олефины (МТО) и метанол–в-пропилен (МТР).

*Вопросы для самостоятельной работы и обсуждения на семинаре:*  
10а. *Полимеры и сополимеры этилена и пропилена. Свойства и состояние рынка.*

**Тема 11.** Низкотемпературный синтез Фишера-Тропша (СФТ). Катализаторы на основе железа и кобальта. Состав продуктов, распределение Андерсона-Шульца-Флори. Особенности процесса, влияние условий процесса на селективность, требования к катализатору и аппарату синтеза. Варианты реакторов синтеза Фишера-Тропша. Примеры промышленной реализации



суспензионных (Sasol), трубчатых (Shell) и микроканальных (Velocys) реакторов.

*Вопросы для самостоятельной работы и обсуждения на семинаре:*

*11а. Возможно ли использовать железо-содержащие катализаторы для СФТ в процессах переработки природного газа – опыт компании Rentech?*

*11б. Возможно ли получать продукты синтеза Фишера-Тропша с распределением, отличающимся от АШФ?*

*11в. Катализаторы синтеза Фишера-Тропша, роль промотирования благородными металлами.*

**Тема 12.** Основные и побочные продукты низкотемпературного синтеза Фишера-Тропша (СФТ). Схемы переработки синтетической нефти и твердых парафинов и характеристики получаемых конечных продуктов. Схемы очистки и утилизации реакционной воды.

*Вопросы для самостоятельной работы и обсуждения на семинаре:*

*12а. Возможно ли достижение требований ГОСТ на моторные топлива при переработке синтетической нефти, полученной по методу синтеза Фишера-Тропша?*

*12б. Как можно использовать твердые углеводороды, особенности твердых углеводородов, получаемых по методу СФТ, рынок твердых углеводородов и его прогноз.*

**Тема 13.** Схема завода переработки природного газа в жидкие углеводороды GTL (на базе примера завода СФТ). Состав завода, структура капитальных и операционных затрат. Энергоэффективность производства. Необходимость рекуперации тепла и рециркуляции непрореагировавшего синтез-газа. Инфраструктура, дополнительное оборудование и их доля в общей стоимости завода.

*Вопросы для самостоятельной работы и обсуждения на семинаре:*  
*13а. Позволит ли проведение синтеза Фишера-Тропша с низкой величиной параметра альфа распределения АШФ сэкономить на стадии гидрокрекинга – анализ предложений компании «Инфра технологии».*

*13б. Возможность строительства завода GTL СФТ на газовых месторождениях Восточной Сибири.*

**Тема 14.** Сжиженный природный газ, как альтернатива химическим путям переработки природного газа. Технологии сжижения, транспортировки и регазификации. Использование СПГ как моторного топлива.

*14а. Экономика транспортировки СПГ в сравнении с трубопроводным транспортом*

*14б. Применяемые и планируемые газотурбинные двигатели для автомобильного и железнодорожного транспорта.*

**Тема 15.** Сравнительный анализ различных вариантов переработки природного газа для месторождений различного масштаба. Особенности переработки попутного нефтяного газа, сланцевого газа, метана угольных пластов.

## **Весенний семестр.**

### **Раздел 3. ОСНОВНЫЕ ПРОЦЕССЫ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ**

**Тема 16.** Классификация нефти и нефтепродуктов, в том числе – моторных топлив, смазочных материалов, битумов.

**Тема 17.** Первичная переработка нефти и газового конденсата. Ректификация, ректификационные колонны. Атмосферно-вакуумная перегонка нефти (АВТ).

**Тема 18.** Термический крекинг. Пиролиз углеводородов. Термогидрокрекинг. Продукты термических процессов переработки нефтяного сырья. Нефтяной пек, нефтяной кокс.

**Тема 19.** Гидроочистка нефтяного сырья, современные катализаторы гидроочистки. Особенности гидроочистки различных дистиллятов, парафинов, нефтяных остатков. Технологические режимы процессов гидроочистки.

**Тема 20.** Каталитический гидрокрекинг. Механизм и, катализаторы гидрокрекинга. Промышленные технологические схемы гидрокрекинга. Легкий гидрокрекинг и гидроизомеризация. Процессы глубокого гидрокрекинга вакуумного газойля и нефтяных остатков

**Тема 21.** Каталитический крекинг нефтяного сырья, катализаторы, варианты организации слоя катализатора – движущийся, псевдооживленный. Производство пропилена.

**Тема 22.** Каталитический риформинг, термодинамика процесса, механизм и катализаторы риформинга. Аппараты риформинга с движущимся слоем катализатора. Изомеризация лёгких парафинов, катализаторы изомеризации. Производство МТБЭ. Процесс БИМТ.

**Тема 23.** Производство компонентов базовых масел: деасфальтизация, очистка, депарафинизация, доочистка. Поточные схемы производства базовых масел.

**Тема 24.** Варианты технологических схем современного НПЗ.

#### Раздел 4. ОСНОВНЫЕ ПРОЦЕССЫ УГЛЕХИМИИ

**Тема 25.** Классификация углей, химический состав углей и торфа, их физико-химические свойства и энергетические характеристики

**Тема 26.** Процессы пиролиза углей. Коксохимическое производство, основные процессы и продукты коксохимии.

**Тема 27.** Паровая газификация углей. Основные технологические процессы, используемые для газификации углей. Газификация в двойном кипящем слое.

**Тема 28.** Синтез Фишера-Тропша из синтез-газа, полученного газификацией угля. Железосодержащие катализаторы. Низкотемпературный и высокотемпературный синтез Фишера-Тропша. Состав продуктов высокотемпературного синтеза Фишера-Тропша.

**Тема 29.** Процессы химического синтеза из синтез-газа, полученного газификацией угля. Особенности технологических схем синтеза метанола и его переработки в ценные химические продукты в углехимических комплексах, примеры промышленной реализации.

**Тема 30.** Переработка бурых и низкосортных углей, торфа и биомассы. Особенности газификации. Современное состояние проблемы и перспективы развития технологии.

## **6. Примерный перечень вопросов для самостоятельной работы, обсуждения на семинарах и тем курсовых работ**

Самостоятельная работа предполагает более углубленное изучение вопросов, рассмотренных на лекциях, или изучение вопросов, не вошедших в лекционный курс, с последующим обсуждением их на семинарах. В течение каждого семестра, учащийся должен провести экспериментальное или теоретическое исследование одного из этих вопросов и представить курсовую работу по результатам этого исследования. Теоретическое исследование должно быть выполнено с использованием современной научно-технической и патентной литературы. Экспериментальное исследование (в том числе – численный эксперимент) проводится на базе оборудования кафедр и лабораторий, в которых учащийся выполняет дипломную работу, и, желательно, должно быть приближено по теме к теме дипломной работы учащегося.

Ниже представлены примеры вопросов для самостоятельной работы и обсуждения на семинарах (темы могут отличаться от предложенных, а также могут быть предложены самими учащимися):

### **Тема 1.**

*1а. Экологические риски добычи полезных углеводородных ресурсов*

*1б. Политика штрафных санкций за факельное сжигание попутного нефтяного газа.*

*1в. Газовые клатраты, их мировые запасы и перспективы разработки технологии добычи и использования.*

## **Тема 2.**

*2а. Перспективы развития альтернативных источников сырья для химической промышленности (биомасса: водоросли, растительные масла, вода, углекислый газ).*

*2б. Биодизель – современное состояние технологии, её преимущества и недостатки.*

## **Тема 3.**

*3а. Процесс Siluria – реально ли эффективное использование окислительной димеризации метана в промышленности?*

*3б. Каталитический волокнистый углерод – области применения, оценка перспективного объема спроса на КВУ.*

## **Тема 4.**

*4а. Альтернативные некаталитические пути получения синтез-газа, возможность и эффективность плазмахимического превращения метана в синтез-газ.*

## **Тема 6.**

*6а. Альтернативные процессы получения водорода, в том числе выделения водорода методами короткоциклового адсорбции, мембранные методы. Получение водорода термоллизом воды.*

*6б. Изотермические аппараты паровой конверсии СО.*

*6в. Процессы тонкой очистки водорода от СО для использования в ТЭ с протоннообменной мембраной.*

## **Тема 8.**

*8а. Возможность и эффективность малотоннажных процессов синтеза метанола в удаленных районах (на нефтяных*

*месторождениях). Особенности технологических схем малотоннажных установок синтеза метанола.*

### **Тема 9.**

*9а. Современный рынок формальдегида и пути его использования.*

*9б. Как можно использовать ДМЭ? Характеристики ДМЭ как моторного топлива, его соответствие стандартам.*

### **Тема 10.**

*10а. Полимеры и сополимеры этилена и пропилена. Свойства и состояние рынка.*

### **Тема 11.**

*11а. Возможно ли использовать железо-содержащие катализаторы для СФТ в процессах переработки природного газа – опыт компании *Rentech*?*

*11б. Возможно ли получать продукты синтеза Фишера-Тропша с распределением, отличающимся от АШФ?*

*11в. Катализаторы синтеза Фишера-Тропша, роль промотирования благородными металлами.*

### **Тема 12.**

*12а. Возможно ли достижение требований ГОСТ на моторные топлива при переработке синтетической нефти, полученной по методу синтеза Фишера-Тропша?*

*12б. Как можно использовать твердые углеводороды, особенности твердых углеводородов, получаемых по методу СФТ, рынок твердых углеводородов и его прогноз.*

### **Тема 13.**

*13а. Позволит ли проведение синтеза Фишера-Тропша с низкой величиной параметра альфа распределения АШФ сэкономить на стадии гидрокрекинга – анализ предложений компании «Инфра технологии».*

*13б. Возможность строительства завода GTL СФТ на газовых месторождениях Восточной Сибири.*

### **Тема 14.**

*14а. Экономика транспортировки СПГ в сравнении с трубопроводным транспортом*

*14б. Применяемые и планируемые газотурбинные двигатели для автомобильного и железнодорожного транспорта.*

## **6. Система контроля и оценки знаний обучающегося**

Текущий контроль. В течение каждого из двух семестров магистранты и аспиранты проходят промежуточный коллоквиум, на которых проводят защиту курсовой работы.

Курсовая работа является введением в научно-исследовательскую работу и имеет целью привить студенту навыки самостоятельного планирования и выполнения эксперимента, работы с оригинальной литературой – монографиями, статьями в научных журналах, работы с реферативной литературой, а также представления материала в форме научного отчета и научного доклада. Курсовая работа может представлять аналитический обзор научно-технической литературы, либо содержать результаты самостоятельной экспериментальной работы (в том числе – численного эксперимента) по одной из тем изучаемого в текущем



семестре раздела. Полученные результаты магистрант или аспирант докладывает в течение 20-30 мин (защита курсовой работы) на открытом коллоквиуме.

По окончании осеннего семестра магистранты и аспиранты сдают дифференцированный зачёт.

Итоговый контроль. Две успешно защищенных на коллоквиумах курсовых работы и успешная сдача дифференцированного зачета может привести к получению им итоговой оценки «автоматом» («отлично» и «хорошо»), но не выше, чем минимальная из промежуточных оценок. Итоговую оценку по дисциплине обучающийся может получить на устном экзамене в конце семестра, где, в том числе, студент имеет возможность либо повысить оценку, полученную им «автоматом».

## **7. Перечень примерных контрольных вопросов**

Формулировки контрольных вопросы на экзамене совпадают с формулировками тем, рассмотренных на лекциях. В предложенном экзаменуемому билете будет два вопроса: один из первого семестра (газохимия) и один из второго (нефтепереработки и углехимия).

## **8. Учебно-методическое обеспечение дисциплины**

(Список будет обновляться и расширяться)

### ***Основная литература***

М.М. Караваев. Технология синтетического метанола, М.: Химия, 1984.

В.М. Капустин, М.Г. Рудин, Химия и технология переработки нефти. М.: Химия, 2013.

- Е.Я. Мельников. Справочник азотчика. Книга 1, М.: Химия, 1986
- Б.К. Нефедов, Е.Д. Радченко, Р.Р. Алиев. Катализаторы процессов углубленной переработки нефти. М.: Химия, 1992.
- Р.А. Шелдон. Химические продукты на основе синтез-газа. М.: Химия, 1987.
- Г.Д. Шиллинг, Б. Бонн, У. Краус. Газификация угля. М.: Недра, 1986.
- Ю.Б. Ян, Б.К. Нефедов. Синтезы на основе оксидов углерода. М.: Химия, 1987.
- A. de Klerk. Fischer-Tropsch Refining. N.-Y.: Wiley, 2011.

### ***Дополнительная литература***

Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии. Часть 1. - М.:Химия, 1995 - 400 с.

### ***Интернет-ресурсы***

Fischer-Tropsch Archive, <http://www.fischer-tropsch.org/>  
Сеть патентной информации, <http://ru.espacenet.com/>