

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ТЮМЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»



УТВЕРЖДАЮ  
Директор института химии  
*Г.А. Кремлева* /Г.А. Кремлева/  
2 марта 2020 г.

**ТЕРМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ**

Рабочая программа  
для обучающихся по направлению подготовки 04.06.01 Химические науки  
профиль (направленность) программы: Физическая химия  
очная и заочная форма обучения

Монина Людмила Николаевна, Андреев Олег Валерьевич. Термический анализ. Рабочая программа для обучающихся по направлению подготовки 04.06.01 Химические науки, профили (направленности) программы: Физическая химия, форма обучения очная и заочная. Тюмень, 2020.

Рабочая программа дисциплины (модуля) опубликована на сайте ТюмГУ: Термический анализ [электронный ресурс] / Режим доступа: <https://www.utmn.ru/sveden/education/#>.

## 1. Пояснительная записка

### 1.1. Цели и задачи дисциплины

Целью изучения дисциплины «Термический анализ» является применение данных термического анализа к изучению различных объектов.

#### Задачи:

- формирование системы понятий, используемых в термическом анализе;
- понимание важности и возможностей термического анализа;
- применять данные термического анализа к изучению фазовых равновесий и построению фазовых диаграмм;
- освоение теории термического анализа;
- детальное изучение аппаратуры для проведения термического анализа;
- подбор условий съемки термических зависимостей различных объектов

Дисциплина относится к Блоку 1, вариативная часть, дисциплины по выбору (Б1.В.ДВ.1). Преподается в 4 и 5 семестрах.

В учебном плане аспирантуры дисциплине «Термический анализ» предшествует курс «Состав, структура, свойства соединений в системах 3d-, 4f-, p-, (F, S, O) элементов», «Закономерности фазовых равновесий в системах соединений редкоземельных элементов». Преподается параллельно с дисциплиной «Физическая химия». Перед началом обучения студент должен: знать основы термического анализа и его возможности при определении термических свойств соединений; расчетные методы, позволяющие прогнозировать данные термического анализа; уметь проводить выборку литературы, в том числе с использованием библиографических баз данных.

### 1.2 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения данной дисциплины

Код и наименование компетенции	Компонент (знаниевый/функциональный)
ПК-4 Способность к самостоятельному проведению научно-исследовательской работы и получению научных результатов, удовлетворяющих установленным требованиям к содержанию диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук по направленности (научной специальности)	Знает этапы самостоятельной научно-исследовательской работы, в рамках которой используется термический анализ (ТА); требования техники безопасности при работе на установках термического анализа; какие трудности могут возникнуть и как их разрешить при самостоятельной работе на установках; требования к оформлению результатов термического анализа; технические требования к графическому изображению термических зависимостей; диссертационные советы по защите диссертаций по направлению исследования и технические требования к работам, предоставляемым в совет
	Умеет самостоятельно подбирать методики пробоподготовки образцов к ТА, условия съемки термограмм в зависимости от свойств фаз; использовать комплексный подход при объяснении полученных термических зависимостей; формулировать этапы дальнейшей работы по изучению проб образцов методами термического анализа; составлять план проведения термического исследования двух-, трехкомпонентных систем;

	<p>обобщать результаты термических исследований; выявлять отличия и закономерности в характере, температуре, теплоте фазовых превращений на примере изучения сульфидных, фторидных оксидных систем <math>ns^2</math>-, 3d-, 4f-элементов</p>
<p>ПК-5 Способность использовать современную научную аппаратуру и методы, используемые при выполнении научных исследований в области физической химии (газовая и жидкостная хроматография, ИК-, УФ-, ЯМР-спектроскопия и масс-спектрометрия, электронная микроскопия, рентгенофазовый анализ, физико-химический анализ; методы математического моделирования и статистической обработки данных)</p>	<p>Знает конструктивные особенности, возможности различных приборов для ТА; методику пробоподготовки к ТА</p> <p>Умеет самостоятельно проводить ТА, формулировать выводы, делать заключения, выдвигать рекомендации по дальнейшей работе по изучению образцов методами ТА; анализировать результаты термических исследований, сопоставлять их</p>
<p>ПК-6 Способность грамотно представлять результаты научных исследований (научные статьи, доклады и презентации, научные отчеты, кандидатская диссертация) в соответствии с принятыми в физической химии нормами и правилами</p>	<p>Знает основные правила представления графического материала, табличных, расчетных и теоретических данных в соответствии с принятыми в физической химии нормами и правилами</p> <p>Умеет грамотно представлять результаты научных исследований (как теоретических, так и экспериментальных) в соответствии с принятыми в физической химии нормами и правилами; критически анализировать имеющиеся достижения и формулировать проблемы современных термических исследований; оценивать уровень термических исследований, а также представления результатов ТА применительно к различным объектам в России и за рубежом; формулировать актуальные тематики исследований с использованием аппаратуры для ТА; обобщать результаты исследований, представлять их в виде публикаций, презентаций, отчетов</p>



## 2. Структура и объем дисциплины

Таблица 1

Вид учебной работы	Всего часов (академические часы)	Часов в семестре (академические часы)	
		4 семестр	5 семестр
<b>Общий объем</b> <b>зач. ед.</b> <b>час</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>2</b>
	<b>180</b>	<b>108</b>	<b>72</b>
<b>Из них:</b>			
<b>Часы аудиторной работы (всего):</b>			
Лекции	32	16	16
Практические занятия	22	16	6
Лабораторные / практические занятия по подгруппам			
<b>Часы внеаудиторной работы, включая самостоятельную работу обучающегося</b>	<b>126</b>	<b>76</b>	<b>50</b>
Вид промежуточной аттестации (зачет, диф. зачет, кандидатский экзамен)		Зачёт	Зачёт

## 3. Система оценивания

По окончании каждого семестра обучения обучающимся сдается зачет в формате устного собеседования. Зачётное занятие является обязательным для всех. Обучающийся при ответе может воспользоваться записями, сделанными в ходе подготовки ответа. Зачет принимается лектором дисциплины.

Зачетное задание содержит 3 вопроса. Аспиранту задаются 2 теоретических вопроса и 1 вопрос на анализ любой выбранной статьи из базы WoS, Scopus, e-library по тематике практических занятий.

Процедура проведения зачета предусматривает дополнительные вопросы, ответы на которые обучающийся даст без времени на подготовку. Результаты зачетного занятия оцениваются по системе «зачтено/не зачтено».

Отметка «зачтено» выставляется, если обучающийся дает полный ответ на все 3 вопроса, ориентируется в материале дисциплины, на дополнительные вопросы отвечает правильно, развернуто; имеющиеся небольшие неточности исправляет быстро.

Отметка «не зачтено» ставится в том случае, если обучающийся не дает ответа на вопросы; если полный ответ получен только на один из вопросов; если ответы на все три вопроса поверхностные, односложные, аспирант не демонстрирует владение материалом дисциплины, не ориентируется в основных понятиях, нарушается логика изложения; ошибочные ответы самостоятельно не исправляются; в ответе содержатся существенные ошибки в определениях, присутствует фрагментарность.

#### 4. Содержание дисциплины

##### 4.1. Тематический план дисциплины

№ п/п	Наименование тем и/или разделов	Объем дисциплины (модуля), час.				
		Всего	Виды аудиторной работы (академические часы)			Иные виды контактной работы
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные/практические занятия по подгруппам	
4 семестр						
1.	Развитие и терминология термического анализа. Датчики температуры	23	4	2	0	0
2.	Виды термического анализа. Устройство установок, виды регистраций и их графическое представление	25	6	4	0	0
3.	Калибровка прибора. Количественные определения из термических записей	27	4	8	0	0
4.	Математическое описание термической и дифференциально-термической зависимостей	33	2	2	0	4
5 семестр						
5.	Теория термического анализа	12	4	0	0	0
6.	Термический анализ модельной системы эвтектического типа	12	4	2	0	0
7.	Определение теплот фазовых превращений	12	4	2	0	0
8.	Аппаратура для проведения термического анализа	12	2	0	0	0
9.	Области применения термического анализа	24	2	2	0	4
Итого (часов)		180	32	22	0	8

##### 4.2. Содержание дисциплины по темам

###### 4 семестр

###### Тема 1. Развитие и терминология термического анализа. Датчики температуры.

История становления и развития термического анализа. Терминология термического анализа, предложенная международной организацией по термическому анализу (ICTA). Формулировки основных понятий в термическом анализе. Виды датчиков температуры. Объемные датчики - термометры. Термопреобразователи сопротивления -терморезисторы.

Термоэлектрические преобразователи термопары. Виды термопар. Оптические датчики температуры.

## **Тема 2. Виды термического анализа. Устройство установок, виды регистраций и их графическое представление.**

Виды термического анализа: прямой термический анализ (ПТА), дифференциальный термический (ДТА), дифференциально-сканирующая калориметрия (ДСК). Температурная и дифференциальная термопары. Электронная регистрация сигналов. Математические методы преобразований сигналов и виды графического представления результатов. Физический смысл характерных точек дифференциальных термических зависимостей. Влияние различных факторов на температурные характеристики термических зависимостей. Различие удельной теплопроводности образца и эталона. Различие в теплоемкости образца и эталона. Масса образца и его форма. Скорость нагрева. Влияние примесей.

## **Тема 3. Калибровка прибора. Количественные определения из термических записей.**

Рекомендации по выбору градуировочных реперов и их масс. Методика калибровки приборов. Количественные определения из термических записей. Длина горизонтального участка на температурной кривой (длительность процесса). Высота пика. Площадь пика. Ассиметрия термического эффекта. Методы определения температур фазовых превращений. Длина дифференциальной кривой в выбранном температурном интервале.

## **Тема 4. Математическое описание термической и дифференциальной термической зависимостей.**

Уравнение теплообмена между пробой и окружающей средой. Численные методы решения уравнений теплопередачи. Характер тепловыделений во времени и вид пика теплового эффекта. Проявление теплового эффекта на термической и дифференциальной термической зависимостях. Математическое описание пика от начала его проявления до точки максимума, от точки максимума до точки окончания. Идентифицирование слабых тепловых эффектов на термической зависимости.

### **5 семестр**

## **Тема 5. Теория термического анализа.**

Простейшая модель термоаналитической ячейки. Ячейка с одним термоизоляционным слоем. Универсальная модель термоаналитической ячейки. Участок кривой ДТА, соответствующий фазовому превращению. Квазистационарный участок кривой ДТА. Уравнение движения фронта превращения. Продолжительность процесса фазового превращения. Высота пика. Конечный участок термического эффекта. Площадь пика.

## **Тема 6. Термический анализ модельной системы эвтектического типа.**

Виды термических и дифференциальных термических зависимостей для модельной фазовой диаграммы эвтектического типа. Степень свободы фазового превращения и вид пика теплового эффекта. Методы определения температур эвтектики и температуры ликвидуса. Аппроксимация результатов экспериментов.

## **Тема 7. Определение теплот фазовых превращений.**

Характеристики прибора, тигли, выбор массы пробы для определений. Объект исследований и выбор реперов. Градуировка прибора по теплотам фазовых превращений. Уравнение аппроксимации. Выбор условий проведения экспериментов по определению теплот фазовых превращений. Применение треугольника Таммана для определения теплоты фазового превращения в системе.

## **Тема 8. Аппаратура для проведения термического анализа.**

Оборудование фирмы Netzsch. Дифференциальные сканирующие калориметры. Термогравиметрические анализаторы. Динамический механический анализатор. Оборудование фирмы Mettler Toledo. Дифференциальный сканирующий калориметр. Термогравиметрический анализатор. Термомеханический анализатор. Динамический механический анализатор. Оборудование для термоанализа компании TA Instruments. Дифференциальный сканирующий калориметр Q-серии. Термогравиметрический анализатор.



Q-серии. Оборудование фирмы SETARAM Instrumentation. Дифференциальные сканирующие калориметры. Термогравиметрические анализаторы. Термомеханический анализатор.

#### Тема 9. Области применения термического анализа.

Области применения ДТА и ДСК: металлургия, строительные материалы, лекарственные вещества и фармацевтическая продукция, полимерные материалы, неорганические системы, научные исследования. Области применения термогравиметрии (ТГ). Области применения дилатометрического анализа (ДМА).

#### Планы практических занятий.

1. Терминология термического анализа. Разновидности термопар.
2. Виды термического анализа.
3. Калибровка прибора. Количественный термический анализ.
4. Математическое описание термической и дифференциальной термической зависимостей.
5. Термический анализ систем эвтектического типа.
6. Определение теплот фазовых превращений.
7. Области применения термического анализа.

#### 5. Учебно-методическое обеспечение и планирование самостоятельной работы обучающихся

Таблица 3

№ темы	Темы	Формы СРС, включая требования к подготовке к занятиям
1.	Развитие и терминология термического анализа. Датчики температуры	Чтение обязательной и дополнительной литературы. Проработка лекций. Самостоятельное изучение заданного материала. Подготовка к практическим заданиям. Подготовка устных сообщений по материалам научных статей по тематике занятия. Работа в базах e-library, Scopus, WoS. Подготовка к зачетному занятию
2.	Виды термического анализа. Устройство установок, виды регистраций и их графическое представление	
3.	Калибровка прибора. Количественные определения из термических записей	
4.	Математическое описание термической и дифференциально-термической зависимостей	
5.	Теория термического анализа	
6.	Термический анализ модельной системы эвтектического типа	
7.	Определение теплот фазовых превращений	
8.	Аппаратура для проведения термического анализа	
9.	Области применения термического анализа	

Формы контроля самостоятельной работы:

- чтение обязательной и дополнительной литературы – проверка и анализ конспектов лекций и учебной литературы, устные опросы и контрольные задания;
- подготовка устных сообщений – заслушивание и обсуждение устных сообщений по проработке материала занятия в базах e-library, Scopus, WoS.

Качество освоения учебного материала оценивается по умению студента использовать теоретические знания при выполнении практических заданий, по степени проработанности всех аспектов задания, оформлению материала, соблюдению установленных сроков представления работы на проверку, степени самостоятельности, творческой активности, наличию элементов новизны и оригинальности подхода при выполнении заданий.

## **6. Промежуточная аттестация по дисциплине**

### **6.1 Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации по дисциплине**

По окончании курса обучающимся сдается зачет в формате устного собеседования. Зачётное занятие является обязательным для всех. Обучающийся при ответе может воспользоваться записями, сделанными в ходе подготовки ответа. Зачет принимается лектором дисциплины.

Зачетное задание содержит 3 вопроса. Аспиранту задаются 2 теоретических вопроса и один вопрос на анализ любой выбранной статьи из базы WoS, Scopus, e-library по тематике практических занятий.

Процедура проведения зачета предусматривает дополнительные вопросы, ответы на которые обучающийся дает без времени на подготовку. Результаты зачетного занятия оцениваются по системе «зачтено/не зачтено».

Отметка «зачтено» выставляется, если обучающийся дает полный ответ на все 3 вопроса, ориентируется в материале дисциплины, на дополнительные вопросы отвечает правильно, развернуто; имеющиеся небольшие неточности исправляет быстро.

Отметка «не зачтено» ставится в том случае, если обучающийся не дает ответа на вопросы; если полный ответ получен только на один из вопросов; если ответы на все три вопроса поверхностные, односложные, аспирант не демонстрирует владение материалом дисциплины, не ориентируется в основных понятиях, нарушается логика изложения; ошибочные ответы самостоятельно не исправляются; в ответе содержатся существенные ошибки в определениях, присутствует фрагментарность.

#### **Вопросы для самоконтроля и подготовки к зачетному занятию в 4 семестре (формируют первый и второй вопрос зачетного задания)**

1. История становления и развития термического анализа.
2. Терминология термического анализа, предложенная международной организацией по термическому анализу (ICTA).
3. Формулировки основных понятий в термическом анализе.
4. Виды датчиков температуры.
5. Термоэлектрические преобразователи - термопары. Виды термопар.
6. Виды термического анализа: прямой термический анализ, дифференциально-термический, дифференциально-сканирующая калориметрия.
7. Температурная и дифференциальная термопары. Электронная регистрация сигналов.
8. Математические методы преобразований сигналов и виды графического представления результатов.
9. Физический смысл характерных точек дифференциально термических зависимостей.
10. Факторы, влияющие на вид дифференциально-термической зависимости.
11. Рекомендации по выбору градуировочных реперов и их масс.
12. Методика калибровки приборов.
13. Методы определения температур фазовых превращений.

#### **Вопросы для самоконтроля и подготовки к зачетному занятию в 5 семестре (формируют первый и второй вопрос зачетного задания)**

1. Модели термоаналитической ячейки.
2. Характеристики пика дифференциально-термической зависимости.
3. Виды термических и дифференциально-термических зависимостей для модельной фазовой диаграммы эвтектического типа.
4. Степень свободы фазового превращения и вид пика теплового эффекта.
5. Методы определения температур эвтектики и температуры ликвидуса.
6. Характеристики прибора, тиглей, выбор массы пробы для определений.
7. Градуировка прибора по теплотам фазовых превращений.



8. Выбор условий проведения экспериментов по определению теплот фазовых превращений.

9. Применение треугольника Таммана для определения теплоты фазового превращения в системе.

10. Виды оборудования фирмы Netzsch.

11. Дифференциальные сканирующие калориметры Netzsch.

12. Виды оборудования фирмы Mettler Toledo.

13. Виды оборудования фирмы TA Instruments.

14. Виды оборудования фирмы SETARAM Instrumentation.

15. Области применения ДТА, ТГ, ДСК, дилатометрии.

16. Термический анализ объектов строительной индустрии.

17. Термический анализ минералов

18. Особенности термического анализа жидкостей.

19. Термический анализ и построение фазовых диаграмм.

6.2 Критерии оценивания компетенций:

Таблица 4

Карта критериев оценивания компетенций

6.2 Критерии оценивания компетенций:

Таблица 4

Карта критериев оценивания компетенций

№ п/п	Код и наименование компетенции	Оценочные материалы	Критерии оценивания
<p>ПК-4</p> <p>Способность к самостоятельному проведению научно-исследовательской работы и получению научных результатов, удовлетворяющих установленным требованиям к содержанию диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук по специальности (научной специальности)</p>	<p><b>Знает</b></p> <p>этапы самостоятельной научно-исследовательской работы, в рамках которой используется термический анализ (ТА); требования техники безопасности при работе на установках термического анализа; какие трудности могут возникнуть и как их разрешить при самостоятельной работе на установках; требования к оформлению результатов термического анализа; технические требования к графическому изображению термических зависимостей; диссертационные советы по защите диссертаций по направлению исследования и технические требования к работам, предоставляемых в совет</p> <p><b>Умеет</b></p> <p>самостоятельно подбирать методики пробоподготовки образцов к ТА, условия съемки термограмм в зависимости от свойств фаз; использовать комплексный подход при объяснении полученных термических зависимостей; формулировать этапы дальнейшей работы по изучению проб образцов методами термического анализа; составлять план проведения термического исследования двух-, трехкомпонентных систем; обобщать результаты термических исследований; выявлять отличие и закономерности в характере, температуре, теплоте фазовых превращений на примере изучения сульфидных, фторидных оксидных систем <math>ps^2</math>-, <math>3d</math>-, <math>4f</math>-элементов</p>	<p>Устные опросы на лекционных и практических занятиях; индивидуальные практические задания, работа с научно-метрическими базами, работа на установках, зачетное задание и устное собеседование</p>	<p>Компетенции сформирована: при правильности и полноте ответов на теоретические вопросы, при глубине понимания вопроса и правильности выполнения предложенных заданий. Шкала критериев согласно требованиям п.4.29 "Положения о текущем контроле успеваемости и</p>

<p>ПК-5 Способность использовать современную аппаратуру и методы, используемые при выполнении научных исследований в области физической химии (газовая и жидкостная хроматография, ИК-, УФ-, ЯМР-спектроскопия и масс-спектрометрия, электронная микроскопия, рентгенофазовый анализ, физико-химический анализ; методы математического моделирования и статистической обработки данных)</p>	<p>Знает конструктивные особенности, возможности различных приборов для ГА; методику пробоподготовки к ГА</p> <p>Умеет самостоятельно проводить ГА, формулировать выводы, делать заключения, выдвигать рекомендации по дальнейшей работе по изучению образцов методами ГА; анализировать результаты термических исследований, сопоставлять их</p>	<p>промежуточной аттестации обучающихся ФГАОУ ВО "ТюмГУ"</p>
<p>ПК-6 Способность грамотно представлять результаты научных исследований (научные статьи, доклады и презентации, научные отчеты, кандидатская диссертация) в соответствии с принятыми в физической химии нормами и правилами</p>	<p>Знает основные правила представления графического материала, табличных, расчетных и теоретических данных в соответствии с принятыми в физической химии нормами и правилами</p> <p>Умеет грамотно представлять результаты научных исследований (как теоретических, так и экспериментальных) в соответствии с принятыми в физической химии нормами и правилами; критически анализировать имеющиеся достижения и формулировать проблемы современных термических исследований; оценивать уровень термических исследований, а также представления результатов ГА применительно к различным объектам в России и за рубежом; формулировать актуальные тематики исследований с использованием аппаратуры для ГА; обобщать результаты исследований, представлять их в виде публикаций, презентаций, отчетов</p>	



## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

### 7.1 Основная литература:

1. Фазовые равновесия в системах сульфидов 3d-, 4f-элементов : монография / О. В. Андреев, В. Г. Бамбуров, Л. Н. Молина [и др.]. — Тюмень : ТюмГУ, 2015. — 312 с. — ISBN 978-5-7691-2429-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/109678> (дата обращения: 10.02.2020).

2. Русейкина, Анна Валерьевна. Физико-химический анализ систем Cu<sub>2</sub>S-EuS-Ln<sub>2</sub>S<sub>3</sub>, структура и свойства EuLnCuS<sub>3</sub>: учебное пособие / А. В. Русейкина, О. В. Андреев; М-во образования и науки РФ, Тюм. гос. ун-т, Ин-т химии. — Тюмень: Изд-во Тюм. гос. ун-та, 2016. — 2-Лицензионный договор № 472/2017-05-02. — Доступ по паролю из сети Интернет (чтение). — URL: [https://library.utmn.ru/dl/PPS/Rusejkina\\_Andreev\\_472\\_UP\\_2016.pdf](https://library.utmn.ru/dl/PPS/Rusejkina_Andreev_472_UP_2016.pdf) (дата обращения: 10.02.2020)

### 7.2 Дополнительная литература:

1. Термический анализ (теория и практика) : учебное пособие / С. И. Нифталиев, И. В. Кузнецова, Л. В. Лыгина, И. А. Саранов. — Воронеж : Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2018. — 56 с. — ISBN 978-5-00032-370-0. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/88455.html>. — Режим доступа: для авторизир. Пользователей (дата обращения: 10.02.2020)

2. Павличенко, Л. А. Термический анализ двухкомпонентных систем : учебно-методическое пособие / Л. А. Павличенко, Г. В. Булидорова, Ю. Г. Галяметдинов. — Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2013. — 104 с. — ISBN 978-5-7882-1379-8. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/62306.html> (дата обращения: 10.02.2020). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

3. Термический анализ в изучении полимеров : учебное пособие / О. Т. Шипина, В. К. Мингазова, В. А. Петров, А. В. Косточко. — Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2014. — 99 с. — ISBN 978-5-7882-1538-9. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/62010.html> (дата обращения: 10.02.2020). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

### 7.3 Интернет-ресурсы:

- eLIBRARY – Научная электронная библиотека <http://www.elibrary.ru/>
- Базы библиографических данных: <http://www.scopus.com/>,
- Единое окно доступа к образовательным ресурсам: <http://window.edu.ru/window/>
- Химический портал: [www.ChemPort.ru](http://www.ChemPort.ru)
- БМК ТюмГУ: <http://www.tmnlib.ru/jirbis/>
- Вестник ТюмГУ: <http://vestnik.utmn.ru/>

### 7.4. Современные базы данных и информационные справочные системы:

1. American Chemical Society. ФГБУ «Государственная публичная научно-техническая библиотека России». <https://www.acs.org/content/acs/en.html>
2. Cambridge University Press. ФГБУ «Государственная публичная научно-техническая библиотека России». <https://www.cambridge.org/core>
3. Royal Society of Chemistry. «ФГБУ Государственная публичная научно-техническая библиотека России». <https://pubs.rsc.org/>

4. Журналы издательства Wiley. ФГБУ «Государственная публичная научно-техническая библиотека России». <https://onlinelibrary.wiley.com>
5. Clarivate Analytics – Web of Science Core Collection. Государственная публичная научно-техническая библиотека России». [https://apps.webofknowledge.com/WOS\\_GeneralSearch\\_input.do?product=WOS&search\\_mode=GeneralSearch&SID=C2ivzMxspGLnBiQvQWN&preferencesSaved=](https://apps.webofknowledge.com/WOS_GeneralSearch_input.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&SID=C2ivzMxspGLnBiQvQWN&preferencesSaved=)
6. Межвузовская электронная библиотека (МЭБ). <https://icdlib.nspu.ru/>
7. Национальная электронная библиотека. <https://rusneb.ru/>

**8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю) (при необходимости):**

**Лицензионное ПО:**

- Платформа для электронного обучения Microsoft Teams:

**Свободно распространяемое ПО, в том числе отечественного производства:**

Использование типовых компьютерных программ (Excel, Word, PowerPoint) для решения вычислительных задач, составления отчетов и презентаций.

**9. Технические средства и материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Все лекции и семинарские занятия обеспечены мультимедийными презентациями и видеофильмами. Для чтения лекций и проведения семинарских занятий имеются аудитории, оснащенных мультимедийной техникой (компьютер, проектор и др.).

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ТюмГУ



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ТЮМЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»



УТВЕРЖДАЮ

Директор института химии  
*Г.А. Кремлева* /Г.А. Кремлева/

2 марта 2020 г.

**ПОСТРОЕНИЕ ФАЗОВЫХ ДИАГРАММ**

Рабочая программа  
для обучающихся по направлению подготовки 04.06.01 Химические науки  
профиль (направленность) программы: Физическая химия  
очная и заочная форма обучения

Монина Людмила Николаевна, Андреев Олег Валерьевич. Построение фазовых диаграмм. Рабочая программа для обучающихся по направлению подготовки 04.06.01 Химические науки, профили (направленности) программы: Физическая химия, форма обучения очная и заочная. Тюмень, 2020.

Рабочая программа дисциплины (модуля) опубликована на сайте ТюмГУ: Построение фазовых диаграмм [электронный ресурс] / Режим доступа: <https://www.utmn.ru/sveden/education/#>.

## 1. Пояснительная записка

### 1.1. Цели и задачи дисциплины

Целью изучения дисциплины «Построение фазовых диаграмм» является формирование у аспирантов на основе получаемых знаний творческих и одновременно рациональных подходов к научно-исследовательскому изучению объектов в системах сульфидов, фторидов, фторсульфидов, оксидов  $ns^2$ -,  $3d$ -,  $4f$ -элементов.

Задачи изучения дисциплины заключаются в:

1. Формировании и углублении системы знаний у аспирантов по основным разделам дисциплины.
2. Выработке понятийного аппарата.
3. Следовании правилам построения фазовых диаграмм.
4. закреплении знаний по построению фазовых диаграмм различного типа взаимодействия при использовании экспериментальных методов, расчетных и прогностических.
5. Формировании комплексного подхода при изучении фазовых равновесий и построении фазовых диаграмм трехкомпонентных систем.

Дисциплина относится к Блоку 1, вариативная часть, дисциплины по выбору (Б1.В.ДВ.1). Преподается в 4 и 5 семестрах.

В учебном плане аспирантуры дисциплине «Построение фазовых диаграмм» предшествует курс «Состав, структура, свойства соединений в системах  $3d$ -,  $4f$ -,  $p$ -, (F, S, O) элементов», «Закономерности фазовых равновесий в системах соединений редкоземельных элементов». Преподается параллельно с дисциплиной «Физическая химия». Перед началом обучения студент должен: знать положение  $3d$ -,  $4f$ -,  $ns^2$  элементов в таблице Менделеева, их электронное строение, стехиометрические законы и их применение в химии редкоземельных соединений, методики прогнозирования состава и структуры соединений с участием редкоземельных элементов; методы физико-химического анализа для установления состава, структуры и свойств сложных соединений; уметь объяснять смену структур сложных сульфидов, фторидов в рядах систем с участием лантаноидов, объяснять закономерности смены типа фазовых диаграмм.

### 1.2 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения данной дисциплины

Код и наименование компетенции	Компонент (знания/функциональный)
ПК-4 Способность к самостоятельному проведению научно-исследовательской работы и получению научных результатов, удовлетворяющих установленным требованиям к содержанию диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук по направленности (научной специальности)	Знает этапы самостоятельной работы, как начинать научное исследование по построению фазовых диаграмм, какие трудности могут возникнуть и как их разрешить при самостоятельном исследовании; требования к оформлению результатов работы; технические требования к графическому изображению фазовых диаграмм; диссертационные советы по защите диссертаций по направлению исследования и технические требования к работам, предоставляемых в совет
	Умеет самостоятельно подбирать методы, условия в зависимости от свойств исходных компонентов системы и промежуточных фаз, использовать комплексный подход при объяснении фазовых равновесий и полученного типа



	<p>фазовой диаграммы; с привлечением теоретических аспектов объяснять тип взаимодействий в системах, формулировать этапы дальнейшей работы по построению фазовых диаграмм</p>
<p>ПК-5 Способность использовать современную научную аппаратуру и методы, используемые при выполнении научных исследований в области физической химии (газовая и жидкостная хроматография, ИК-, УФ-, ЯМР-спектроскопия и масс-спектрометрия, электронная микроскопия, рентгенофазовый анализ, физико-химический анализ; методы математического моделирования и статистической обработки данных)</p>	<p>Знает методы физико-химического анализа (ФХА), которые позволяют построить фазовые диаграммы; возможности методов ФХА при исследовании характера и типа равновесий; методику пробоподготовки к анализам, аппаратуру</p> <p>Умеет самостоятельно проводить анализы, формулировать выводы, делать заключения, выдвигать рекомендации по дальнейшей работе по изучению фазовых равновесий; анализировать результаты научно-исследовательской работы; критически систематизировать литературные данные по темам дисциплины, наиболее близко относящиеся в тематике научно-исследовательской работы</p>
<p>ПК-6 Способность грамотно представлять результаты научных исследований (научные статьи, доклады и презентации, научные отчеты, кандидатская диссертация) в соответствии с принятыми в физической химии нормами и правилами</p>	<p>Знает основные правила представления графического материала, табличных, расчетных и теоретических данных в соответствии с принятыми в физической химии нормами и правилами</p> <p>Умеет грамотно представлять результаты научных исследований (как теоретических, так и экспериментальных) в соответствии с принятыми в физической химии нормами и правилами; критически анализировать имеющиеся достижения и формулировать проблемы современных исследований; оценивать уровень исследований фазовых равновесий в системах соединений редкоземельных элементов; формулировать актуальные тематики исследований; творчески подходить к исследованию фазовых равновесий; выделить конкретный объект исследований, сформулировать цель и задачи исследований; рационально планировать процесс изучения объекта исследований; обобщать результаты исследований; применять основные законы химии к обсуждению полученных результатов; сопоставлять полученные результаты с имеющимися данными по фазовым равновесиям в системах соединений редкоземельных соединений; обобщать результаты исследований, представлять их в виде публикаций, презентаций, отчетов</p>

## 2. Структура и объем дисциплины

Таблица 1

Вид учебной работы	Всего часов (академические часы)	Часов в семестре (академические часы)	
		4 семестр	5 семестр
Общий объем зач. ед. час	5	3	2
	180	108	72
Из них:			
<b>Часы аудиторной работы (всего):</b>			
Лекции	32	16	16
Практические занятия	22	16	6
Лабораторные / практические занятия по подгруппам			
<b>Часы внеаудиторной работы, включая самостоятельную работу обучающихся</b>	<b>126</b>	<b>76</b>	<b>50</b>
Вид промежуточной аттестации (зачет, диф. зачет, кандидатский экзамен)		Зачёт	Зачёт

## 3. Система оценивания

По окончании каждого семестра обучения обучающимся сдается зачет в формате устного собеседования. Зачётное занятие является обязательным для всех. Обучающийся при ответе может воспользоваться записями, сделанными в ходе подготовки ответа. Зачет принимается лектором дисциплины.

Зачетное задание содержит 3 вопроса. Аспиранту задаются 2 теоретических вопроса и 1 вопрос на анализ любой выбранной статьи из базы WoS, Scopus, e-library по тематике практических занятий.

Процедура проведения зачета предусматривает дополнительные вопросы, ответы на которые обучающийся дает без времени на подготовку. Результаты зачетного занятия оцениваются по системе «зачтено/не зачтено».

Отметка «зачтено» выставляется, если обучающийся дает полный ответ на все 3 вопроса, ориентируется в материале дисциплины, на дополнительные вопросы отвечает правильно, развернуто; имеющиеся небольшие неточности исправляет быстро.

Отметка «не зачтено» ставится в том случае, если обучающийся не даст ответа на вопросы; если полный ответ получен только на один из вопросов; если ответы на все три вопроса поверхностные, односложные, аспирант не демонстрирует владение материалом дисциплины, не ориентируется в основных понятиях, нарушается логика изложения; ошибочные ответы самостоятельно не исправляются; в ответе содержатся существенные ошибки в определениях, присутствует фрагментарность.

## 4. Содержание дисциплины

### 4.1. Тематический план дисциплины

№ п/п	Наименование тем и/или разделов	Объем дисциплины (модуля), час.				
		Всего	Виды аудиторной работы (академические часы)			Иные виды контактной работы
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные/практические занятия по подгруппам	
	4 семестр					



1.	Основные понятия, виды фазовых диаграмм	23	4	2	0	0
2.	Правила построения фазовых диаграмм	25	4	4	0	0
3.	Трёхкомпонентная диаграмма состояния эвтектического типа	27	4	6	0	0
4.	Моделирование фазовых равновесий в двухкомпонентной системе эвтектического типа	33	4	4	0	4
5 семестр						
5.	Построение фазовых диаграмм двухкомпонентных систем эвтектического типа	14	4	-	0	0
6.	Построение фазовой диаграммы двухкомпонентной системы эвтектического типа с ограниченными твёрдыми растворами	16	4	2	0	0
7.	Построение фазовой диаграммы двухкомпонентной системы с точкой инконгруэнтного плавления в области твёрдого раствора	16	4	2	0	0
8.	Построение фазовой диаграммы двухкомпонентной системы с инконгруэнтно плавящемся соединением	26	4	2	0	4
Итого (часов)		180	32	22	0	8

#### 4.2. Содержание дисциплины по темам

##### 4 семестр

##### Тема 1. Основные понятия, виды фазовых диаграмм.

Система, виды систем. Компонент. Понятие фазы. Виды концептраций. Мольная доля, весовые концентрации. Виды фазовых диаграмм. Координаты диаграммы однокомпонентной системы. Концентрационная ось двойной системы. Концентрационный треугольник Гиббса. Фигуративная точка. Методы вычисления концентраций в фигуративной точке в двойных и

тройных системах. Зависимости «состав – свойства». Виды свойств. Геометрическое изображение фазовых диаграмм двух компонентных систем.

### **Тема 2. Правила построения фазовых диаграмм.**

Правило фаз Гиббса. Принцип соответствия. Принцип непрерывности. Правило Скренемакерса. Правило сочетания полей фаз, находящихся в равновесии (правило Палатника). Применение правил к фазовым диаграммам эвтектического типа двойных и тройных систем.

### **Тема 3. Трёхкомпонентная диаграмма состояния эвтектического типа.**

Геометрия трёхкомпонентная диаграмма состояния эвтектического типа: ось компонентов; бинарные системы эвтектического типа; призма трёхкомпонентной системы. Поверхности первичной кристаллизации компонентов системы. Линии движения двойных эвтектик в тройную эвтектику. Линейчатые поверхности, формирование поверхностей. Плоскость тройной эвтектики.

### **Тема 4. Моделирование фазовых равновесий в двухкомпонентной системе эвтектического типа.**

Применение правила фаз Гиббса к двухкомпонентным системам эвтектического типа. Вычисление координат эвтектики по уравнениям Ефимова-Воздвиженского, Кордеса, Васильева. Компьютерная программа моделирования положения эвтектики в системе. Способы вычисления положения линии ликвидус. Выбор экспериментальных составов для построения фазовой диаграммы системы. Кристаллизация образцов из расплава. Морфология эвтектической смеси фаз. Мелкодисперсные и крупнодисперсные эвтектики. Влияние условий получения образцов на форму и размер зёрен. Зёрненный состав доэвтектических и заэвтектических образцов. Закономерности изменения зёрненного состава. Дисперсность зёрненного состава образцов околоэвтектических составов.

## **5 семестр**

### **Тема 5. Построение фазовых диаграмм двухкомпонентных систем эвтектического типа.**

Подготовка проб к дифференциально-термическому анализу (ДТА). Выбор условий проведения ДТА. Методики определения температуры эвтектики и температуры ликвидуса. Построение треугольника Таммана. Составление балансного уравнения плавления эвтектики. Графическое представление фазовой диаграммы эвтектического типа. Примеры фазовых диаграмм: построение фазовой диаграммы системы  $\text{Cu}_2\text{S} - \text{SrS}$ .

### **Тема 6. Построение фазовой диаграммы двухкомпонентной системы эвтектического типа с ограниченными твёрдыми растворами.**

Фазовая диаграмма двухкомпонентной системы эвтектического типа с взаимной растворимостью компонентов. Методы определения положения линии сольвуса: отжига и закалки, ДТА. Кинетика твёрдофазного распада. Микроструктура образцов, охлаждённых из области первичного твёрдого раствора. Двухкомпонентные системы эвтектического типа и квазибинарные разрезы. Фазовая диаграмма системы  $\text{Cu}_2\text{S} - \text{CaS}$ .

### **Тема 7. Построение фазовой диаграммы двухкомпонентной системы с точкой инконгруэнтного плавления в области твёрдого раствора.**

Ограниченный твёрдый раствор с точкой инконгруэнтного плавления. Методы определения точки максимума плавления. Кристаллизация образцов из расплава. Равновесные и неравновесные состояния образцов. Микроструктура образцов, охлаждённых из расплава. Термический анализ образцов. Построение треугольника Таммана. Кинетика твёрдофазных реакций распада, образования твёрдого раствора. Методы определения положения линии сольвуса. Фазовые диаграммы систем  $\text{Cu}_2\text{S} - \text{MgS}$ ,  $\text{Cu}_2\text{S} - \text{EuS}$ .

### **Тема 8. Построение фазовой диаграммы двухкомпонентной системы с инконгруэнтно плавящимся соединением.**

Химические соединения. Статистика составов соединений. Положение на фазовой диаграмме инконгруэнтно плавящихся соединений. Микроструктура образцов системы. Дифференциально-термический анализ образцов системы. Построение ветвей треугольника

Таммана. Определение положения эвтектики методами физико-химического анализа. Составление балансного уравнения плавления соединения. Методы определения теплоты плавления соединения с incongruentным характером плавления. Фазовые диаграммы систем  $\text{Cu}_2\text{S} - \text{Ln}_2\text{S}_3$  с incongruentно плавящемся соединением  $\text{CuLnS}_2$ .

#### Планы практических занятий

1. Классификация фазовых диаграмм.
2. Правила построения фазовых диаграмм.
3. Многообразие трёхкомпонентных систем эвтектического типа.
4. Моделирование и построение фазовых диаграмм двухкомпонентных систем эвтектического типа.
5. Построение фазовых диаграмм с областями гомогенности.
6. Построение фазовой диаграммы двухкомпонентной системы с точкой incongruentного плавления в области твёрдого раствора.
7. Построение фазовой диаграммы двухкомпонентной системы с incongruentно плавящемся соединением.

#### 5. Учебно-методическое обеспечение и планирование самостоятельной работы обучающихся

Таблица 3

№ темы	Темы	Формы СРС, включая требования к подготовке к занятиям
1.	Основные понятия, виды фазовых диаграмм	Чтение обязательной и дополнительной литературы. Проработка лекций. Самостоятельное изучение заданного материала. Подготовка к практическим заданиям. Подготовка устных сообщений по материалам научных статей по тематике занятия. Работа в базах e-library, Scopus, WoS. Подготовка к зачетному занятию
2.	Правила построения фазовых диаграмм	
3.	Трёхкомпонентная диаграмма состояния эвтектического типа	
4.	Моделирование фазовых равновесий в двухкомпонентной системе эвтектического типа	
5.	Построение фазовых диаграмм двухкомпонентных систем эвтектического типа	
6.	Построение фазовой диаграммы двухкомпонентной системы эвтектического типа с ограниченными твёрдыми растворами	
7.	Построение фазовой диаграммы двухкомпонентной системы с точкой incongruentного плавления в области твёрдого раствора	
8.	Построение фазовой диаграммы двухкомпонентной системы с incongruentно плавящемся соединением	

Формы контроля самостоятельной работы:

- чтение обязательной и дополнительной литературы – проверка и анализ конспектов лекций и учебной литературы, устные опросы и контрольные задания;
- подготовка устных сообщений – заслушивание и обсуждение устных сообщений по проработке материала занятия в базах e-library, Scopus, WoS.

Качество освоения учебного материала оценивается по умению студента использовать теоретические знания при выполнении практических заданий, по степени проработанности всех аспектов задания, оформлению материала, соблюдению установленных сроков представления работы на проверку, степени самостоятельности, творческой активности, наличию элементов новизны и оригинальности подхода при выполнении заданий.



## **6. Промежуточная аттестация по дисциплине**

### **6.1 Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации по дисциплине**

По окончании курса обучающимся сдается зачет в формате устного собеседования. Зачётное занятие является обязательным для всех. Обучающийся при ответе может воспользоваться записями, сделанными в ходе подготовки ответа. Зачет принимается лектором дисциплины.

Зачетное задание содержит 3 вопроса. Аспиранту задаются 2 теоретических вопроса и один вопрос на анализ любой выбранной статьи из базы WoS, Scopus, e-library по тематике практических занятий.

Процедура проведения зачета предусматривает дополнительные вопросы, ответы на которые обучающийся даст без времени на подготовку. Результаты зачетного занятия оцениваются по системе «зачтено/не зачтено».

Отметка «зачтено» выставляется, если обучающийся дает полный ответ на все 3 вопроса, ориентируется в материале дисциплины, на дополнительные вопросы отвечает правильно, развернуто; имеющиеся небольшие неточности исправляет быстро.

Отметка «не зачтено» ставится в том случае, если обучающийся не дает ответа на вопросы; если полный ответ получен только на один из вопросов; если ответы на все три вопроса поверхностные, односложные, аспирант не демонстрирует владение материалом дисциплины, не ориентируется в основных понятиях, нарушается логика изложения; ошибочные ответы самостоятельно не исправляются; в ответе содержатся существенные ошибки в определениях, присутствует фрагментарность.

#### **Вопросы для самоконтроля и подготовки к зачетному занятию в 4 семестре (формируют первый и второй вопрос зачетного задания)**

1. Система, виды систем. Компонент. Понятие фазы. Фигуративная точка
2. Виды концентраций. Мольная доля, весовые концентрации.
3. Виды фазовых диаграмм.
4. Графическое отображение концентраций в двухкомпонентной системе.
5. Зависимости «состав – свойства». Виды свойств.
6. Геометрическое изображение фазовых диаграмм двух компонентных систем.
7. Координатные оси фазовых диаграмм одно, двух, трёхкомпонентных систем.
8. Концентрационный треугольник Гиббса.
9. Правило фаз Гиббса.
10. Принцип соответствия. Принцип непрерывности.
11. Правило Скренамакёра.
12. Правило сочетания полей фаз, находящихся в равновесии (правило Палатника).
13. Представление трёхкомпонентной фазовой диаграммы в виде призмы.
14. Поверхности первичной кристаллизации компонентов в фазовой диаграмме трёхкомпонентной системы эвтектического типа.
15. Линии движения двойных эвтектик в тройную эвтектику.
16. Линейчатые поверхности, формирование поверхностей. Плоскость тройной эвтектики.
17. Вычисление координат эвтектики по уравнениям Ефимова-Воздвиженского, Кордеса, Васильева.
18. Компьютерная программа моделирования положения эвтектики в системе. Способы вычисления положения линии ликвидус.
19. Выбор экспериментальных составов для построения фазовой диаграммы двойной системы эвтектического типа.
20. Кристаллизация образцов из расплава в двойной системе эвтектического типа.
21. Зёрнистый состав доэвтектических и заэвтектических образцов. Влияние условий получения образцов на форму и размер зёрен.

22. Закономерности изменения зёрненного состава литых образцов в системе эвтектического типа. Дисперсность зёрненного состава образцов около эвтектических составов. **Вопросы для самоконтроля и подготовки к зачетному занятию в 5 семестре (формируют первый и второй вопрос зачетного задания)**

1. Подготовка проб к дифференциальному термическому анализу (ДТА).
2. Методики определения температуры эвтектики и температуры ликвидуса.
3. Построение треугольника Таммана. Составление балансного уравнения плавления эвтектики.
4. Графическое представление фазовой диаграммы эвтектического типа. Данные физико-химического анализа по фазовой диаграммы системы  $\text{Cu}_2\text{S} - \text{SrS}$ .
5. Фазовая диаграмма двухкомпонентной системы эвтектического типа с взаимной растворимостью компонентов.
6. Методы определения положения линии сольвуса.
7. Кинетика твёрдофазного распада первичного твёрдого раствора.
8. Микроструктура образцов, охлаждённых из области первичного твёрдого раствора.
9. Двухкомпонентные системы эвтектического типа и квазибинарные разрезы.
10. Фазовая диаграмма системы  $\text{Cu}_2\text{S} - \text{CaS}$ .
11. Ограниченный твёрдый раствор с точкой инконгруэнтного плавления.
12. Методы определения координат точки максимума плавления.
13. Кристаллизация образцов из расплава в системе с точкой инконгруэнтного плавления в области твёрдого раствора. Микроструктура образцов.
14. Равновесные и неравновесные состояния образцов при кристаллизации.
15. Термический анализ образцов в системе с точкой инконгруэнтного плавления в области твёрдого раствора.
16. Построение треугольника Таммана.
17. Методы определения положения линии сольвуса.
18. Фазовые диаграммы систем  $\text{Cu}_2\text{S} - \text{MgS}$ ,  $\text{Cu}_2\text{S} - \text{EuS}$ .
19. Химические соединения. Стагистика составов соединений.
20. Положение на фазовой диаграмме инконгруэнтно плавящихся соединений.
21. Микроструктура образцов системы с образованием инконгруэнтно плавящегося соединения.
22. Дифференциально-термический анализ образцов системы с образованием инконгруэнтно плавящегося соединения.
23. Построение ветвей треугольника Таммана с образованием инконгруэнтно плавящегося соединения.
24. Определение положения эвтектики методами физико-химического анализа.
25. Составление балансного уравнения плавления соединения.
26. Методы определения теплоты плавления соединения с инконгруэнтным характером плавления.
27. Фазовые диаграммы систем  $\text{Cu}_2\text{S} - \text{Ln}_2\text{S}_3$  с инконгруэнтно плавящемся соединением  $\text{CuLnS}_2$ .



## 6.2 Критерии оценивания компетенций:

Таблица 4

Карта критериев оценивания компетенций

№ п/п	Код и наименование компетенции	Оценочные материалы	Критерии оценивания
<p>ПК-4</p> <p>Способность к самостоятельному проведению научно-исследовательской работы и получению научных результатов, удовлетворяющих установленным требованиям к содержанию диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук по направлению (научной специальности)</p>	<p><b>Знает</b></p> <p>этапы самостоятельной работы, как начинать научное исследование по построению фазовых диаграмм, какие трудности могут возникнуть и как их разрешить при самостоятельном исследовании; требования к оформлению результатов работы; технические требования к графическому изображению фазовых диаграмм; диссертационные советы по защите диссертаций по направлению исследования и технические требования к работам, предоставляемых в совет</p> <p><b>Умеет</b></p> <p>самостоятельно подбирать методы, условия в зависимости от свойств исходных компонентов системы и промежуточных фаз, использовать комплексный подход при объяснении фазовых равновесий и полученного типа фазовой диаграммы; с привлечением теоретических аспектов объяснить тип взаимодействия в системах, формулировать этапы дальнейшей работы по построению фазовых диаграмм</p>	<p>Устные опросы на лекционных и практических занятиях; индивидуальные практические задания, устные сообщения по работе с библиографическими базами данных, зачетное задание и устное собеседование</p>	<p>Компетенции сформирована: при правильности и полноте ответов на теоретические вопросы, при глубине понимания вопроса и правильности выполнения предложенных заданий.</p> <p>Шкала критериев согласна требованиям п.4.29 "Положения о текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся"</p>
<p>ПК-5</p> <p>Способность использовать современную научную аппаратуру и методы, используемые при выполнении научных исследований в области физической химии (газовая и жидкостная хроматография, ИК-, УФ-, ЯМР-спектроскопия и масс-спектрометрия, электронная микроскопия, рентгенофазовый</p>	<p><b>Знает</b></p> <p>методы физико-химического анализа (ФХА), которые позволяют построить фазовые диаграммы; возможности методов ФХА при исследовании характера и типа равновесий; методику пробоподготовки к анализам, аппаратуру</p> <p><b>Умеет</b></p> <p>самостоятельно проводить анализы, формулировать выводы, делать заключения, выдвигать рекомендации по дальнейшей работе по изучению фазовых равновесий; анализировать результаты научно-исследовательской работы; критически систематизировать литературные данные по темам</p>		

<p>анализ, физико-химический анализ; методы математического моделирования и статистической обработки данных)</p> <p>ПК-6</p> <p>Способность представлять результаты научных исследований (научные статьи, доклады и презентации, научные отчеты, кандидатская диссертация) в соответствии с принятыми в физической химии нормами и правилами</p>	<p>дисциплины, наиболее близкие относящиеся в тематике научно-исследовательской работы</p> <p>Знает</p> <p>основные правила представления графического материала, табличных, расчетных и теоретических данных в соответствии с принятыми в физической химии нормами и правилами</p> <p>Умеет</p> <p>грамотно представлять результаты научных исследований (как теоретических, так и экспериментальных) в соответствии с принятыми в физической химии нормами и правилами; критически анализировать имеющиеся достижения и формулировать проблемы современных исследований; оценивать уровень исследований фазовых равновесий в системах соединений редкоземельных элементов; формулировать актуальные тематики исследований; творчески подходить к исследованию фазовых равновесий; выделить конкретный объект исследований, сформулировать цель и задачи исследования; рационально планировать процесс изучения объекта исследований; обобщать результаты исследований; применять основные законы химии к обсуждению полученных результатов; сопоставлять полученные результаты с имеющимися данными по фазовым равновесиям в системах соединений редкоземельных соединений; обобщать результаты исследований, представлять их в виде публикаций, презентаций, отчетов</p>	<p>ФГАОУ "ТюмГУ"</p> <p>ВО</p>
--	---	------------------------------------



## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

### 7.1 Основная литература:

1. Фазовые равновесия в системах сульфидов 3d-, 4f-элементов : монография / О. В. Андреев, В. Г. Бамбуров, Л. Н. Моница [и др.]. — Тюмень : ТюмГУ, 2015. — 312 с. — ISBN 978-5-7691-2429-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/109678> (дата обращения: 10.02.2020).

2. Лупейко, Т. Г. Моделирование фазовых систем : монография / Т. Г. Лупейко, П. И. Тарасов, В. Н. Зяблин. — Ростов-на-Дону : Издательство Южного федерального университета, 2010. — 176 с. — ISBN 978-5-9275-0765-8. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/47013.html> (дата обращения: 10.02.2020). — Режим доступа: для авторизир. Пользователей

3. Колядо, А. В. Фазовые равновесные состояния в системах из некоторых n-алканов и циклододекана : монография / А. В. Колядо, А. А. Шамитов, И. К. Гаркушин. — Самара : Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2017. — 104 с. — ISBN 978-5-7964-1996-0. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/90969.html> (дата обращения: 10.02.2020). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

### 7.2 Дополнительная литература:

1. Немиллов, С. В. Научные основы материаловедения стекол : учебное пособие / С. В. Немиллов. — 2-е изд. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 360 с. — ISBN 978-5-8114-2905-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/104852> (дата обращения: 10.02.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Анализ диаграммы фазового равновесия сплавов системы «ЖЕЛЕЗО – ЦЕМЕНТИТ» / составители Н. В. Тарасова. — Липецк : Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2012. — 27 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/22856.html> (дата обращения: 10.02.2020). — Режим доступа: для авторизир. Пользователей

3. Однокомпонентные системы. Фазовые равновесия и методы исследования : учебное пособие / И. К. Гаркушин, О. В. Лаврентьева, А. Г. Назмутдинов [и др.]. — Самара : Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2017. — 140 с. — ISBN 978-5-7964-2021-8. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/90661.html> (дата обращения: 10.02.2020). — Режим доступа: для авторизир. Пользователей

4. Русейкина, А.В. Структура соединений  $\text{EuLnCuS}_3$  ( $\text{Ln}=\text{La-Nd, Sm}$ ), фазовые диаграммы систем  $\text{Cu}_2\text{S-EuS}$ ,  $\text{EuS-Ln}_2\text{S}_3$ ,  $\text{EuS-Ln}_2\text{S}_3\text{-Cu}_2\text{S}$  ( $\text{Ln}=\text{La, Nd, Gd}$ ), термодинамические характеристики фазовых превращений: автореф. дис. ... канд. хим. наук : 02.00.04 : защищена 07.12.2011 [Электронный ресурс] / А. В. Русейкина ; науч. рук. О. В. Андреев; Тюм. гос. ун-т. - Защищена 07.12.2011. - Тюмень, 2011. - 21 с.; 20 см. 20 см. — Свободный доступ из сети Интернет (чтение). — <URL:<https://library.utmn.ru/dl/abstract/02.00.04/3647.pdf>> (дата обращения 10.02.2020).

5. Соловьева, А. В. Закономерности фазовых равновесий в системах A1S - FeS, A1S - FeS - Ln<sub>2</sub>S<sub>3</sub>, A1S - Cu<sub>2</sub>S - Ln<sub>2</sub>S<sub>3</sub> (A11 = Mg, Sr, Ba; Ln = La - Lu): автореф. дис. ... канд. хим. наук : 02.00.04 : защищена 11.05.2012 [Электронный ресурс] / А. В. Соловьева ; науч. рук. О. В. Андреев; Тюм. гос. ун-т. - Защищена 11.05.2012. - Тюмень, 2012. - 22 с. — Свободный



доступ из сети Интернет (чтение). — <URL:<https://library.utmn.ru/dl/abstract/02.00.04/3882.pdf>>  
(дата обращения 10.02.2020)

### 7.3 Интернет-ресурсы:

- eLIBRARY – Научная электронная библиотека [http:// www.elibrary.ru/](http://www.elibrary.ru/)
- Базы библиографических данных: [http:// www.scopus.com/](http://www.scopus.com/),
- Единое окно доступа к образовательным ресурсам: <http://window.edu.ru/window/>
- Химический портал: [www.ChemPort.ru](http://www.ChemPort.ru)
- БМК ТюмГУ: <http://www.tmnlib.ru/jirbis/>
- Вестник ТюмГУ: <http://vestnik.utmn.ru/>

### 7.4. Современные базы данных и информационные справочные системы:

1. American Chemical Society. ФГБУ «Государственная публичная научно-техническая библиотека России». <https://www.acs.org/content/acs/cn.html>
2. Cambridge University Press. ФГБУ «Государственная публичная научно-техническая библиотека России». <https://www.cambridge.org/core>
3. Royal Society of Chemistry. «ФГБУ Государственная публичная научно-техническая библиотека России». <https://pubs.rsc.org/>
4. Журналы издательства Wiley. ФГБУ «Государственная публичная научно-техническая библиотека России». <https://onlinelibrary.wiley.com>
5. Clarivate Analytics – Web of Science Core Collection. Государственная публичная научно-техническая библиотека России. [https://apps.webofknowledge.com/WOS\\_GeneralSearch\\_input.do?product=WOS&search\\_mode=GeneralSearch&SID=C2ivzMxspGLnBiQvQWN&preferencesSaved=](https://apps.webofknowledge.com/WOS_GeneralSearch_input.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&SID=C2ivzMxspGLnBiQvQWN&preferencesSaved=)
6. Межвузовская электронная библиотека (МЭБ). <https://icdlib.nspu.ru/>
7. Национальная электронная библиотека. <https://rusneb.ru/>

### 8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю) (при необходимости):

#### Лицензионное ПО:

- Платформа для электронного обучения Microsoft Teams:

#### Свободно распространяемое ПО, в том числе отечественного производства:

Использование типовых компьютерных программ (Excel, Word, PowerPoint) для решения вычислительных задач, составления отчетов и презентаций.

### 9. Технические средства и материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Все лекции и семинарские занятия обеспечены мультимедийными презентациями и видеофильмами. Для чтения лекций и проведения семинарских занятий имеются аудитории, оснащенных мультимедийной техникой (компьютер, проектор и др.).

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ТюмГУ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ТЮМЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»



УТВЕРЖДАЮ

И.о. директора Института химии

*Т.А. Кремлева* Т.А. Кремлева

2 марта 2020 года

**ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫЙ НЕФТЕХИМИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ**

Рабочая программа

для обучающихся по направлению

04.06.01 Химические науки

Направленность: физическая химия, органическая химия

Аспирантура

форма обучения: очная





Паничев С.А., Кремлева Т.А. Экологически безопасный нефтехимический синтез. Рабочая программа для обучающихся по направлению 04.06.01 Химические науки. Направленность: физическая химия, органическая химия. Форма обучения: очная. Тюмень, 2020, 11 стр.

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО, утверждено Приказ Минобрнауки России от 30 июля 2014 года №869.

Рабочая программа дисциплины (модуля) опубликована на сайте ТюмГУ: Нефтехимия [электронный ресурс] / Режим доступа: <https://www.utmn.ru/sveden/education/#>.

## 1. Пояснительная записка

**Цель дисциплины:** обзор и анализ основных экологических проблем, связанных с основными процессами нефтехимического синтеза, что полезно для эффективного освоения основной профессиональной образовательной программы послевузовского профессионального образования (аспирантура) по направлению 04.06.01 Химические науки и подготовки кандидатской диссертации.

**Задачи дисциплины:** освоение аспирантами следующих вопросов:

- источники экологической опасности в нефтепереработке;
- методы контроля экологической опасности в нефтепереработке;
- методы повышения экологической безопасности нефтехимических процессов.

### 1.1. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Экологически безопасный нефтехимический синтез» является факультативной и входит в блок ФТД учебных планов всех профилей по направлению 04.06.01 Химические науки.

Освоение дисциплины «Экологически безопасный нефтехимический синтез» необходимо для повышения эрудиции выпускников аспирантуры и выполнения диссертационного исследования.

Для успешного освоения данной дисциплины обучающиеся должны владеть теоретическими представлениями в области нефтехимического синтеза, а также в области экологии и рационального природопользования.

По результатам освоения курса аспиранты должны:

**Знать:** теоретические основы нефтехимии (строение и реакционная способность органических молекул, механизмы нефтехимических реакций, основы органического анализа), основные принципы организации промышленной переработки нефтяного сырья, экологические проблемы и способы их преодоления.

**Уметь:** собирать и анализировать научную, технологическую и статистическую информацию; планировать научные исследования в области нефтехимии, обрабатывать экспериментальные данные, подготавливать к публикации статьи и тезисы докладов.

### 1.2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения данной дисциплины (модуля)

Код и наименование компетенции	Компонент (знаниевый/функциональный)
УК-1 Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	Знает способы анализа и оценки современных научных достижений в области физической (органической) химии, способы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях
	Умеет проводить критический анализ и оценку современных научных достижений в области выбранного научного направления, способен к генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач физической (органической) химии, а также в междисциплинарных областях



ОПК-1 Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	Знает основные приемы осуществления научной исследовательской деятельности в соответствующей профессиональной области (физическая химия/органическая химия) с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий
	Умеет самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области (физическая химия/органическая химия) с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий

## 2. Структура и объем дисциплины

Таблица 1

Вид учебной работы		Всего часов	Часов в семестре
			3 семестр
<b>Общая трудоемкость</b>	зач. ед.	2	2
	час	72	72
Из них:			
<b>Часы аудиторной работы (всего):</b>		22	22
Лекции		12	12
Практические занятия		10	10
Лабораторные / практические занятия по подгруппам		0	0
<b>Часы внеаудиторной работы, включая самостоятельную работу обучающегося</b>		72	72
Вид промежуточной аттестации (зачет, диф. зачет, кандидатский экзамен)			Зачет

## 3. Система оценивания

Критерии оценивания работы обучающихся:

- 1) Качество освоения учебного материала (умение аспиранта использовать теоретические знания при выполнении практических задач);
- 2) Проработанность всех аспектов задания, оформление материала в соответствии с требованиями, соблюдение установленных сроков представления работы на проверку;
- 3) Степень самостоятельности, творческой активности, инициативности аспирантов, наличие элементов новизны в процессе выполнения заданий.

Для получения зачета обучающиеся должны освоить теоретические основы инструментальных методов исследования, подготовить реферат и презентацию по нему, выполнить текущие контрольные работы и ответить на вопросы к зачету.

### 4.1. Тематический план дисциплины

Таблица 2

№ п/п	Наименование тем и/или разделов	Объем дисциплины (модуля), час.		
		Всего	Виды аудиторной работы (академические часы)	Иные виды контакт



			Лекции	Практические занятия	Лабораторные/практические занятия по подгруппам	ной работы
1	2	3	4	5	6	7
1	Источники экологической опасности в нефтехимии	24	4	3	0	0
2	Методы определения нефтяных загрязнений и экологический мониторинг. Количественная оценка опасных воздействий.	24	4	3	0	0
3	Основные направления и методы снижения экологического риска	24	4	4	0	0
5	Зачет	0	0	0	0	2
	<b>Итого часов</b>	<b>72</b>	<b>12</b>	<b>10</b>	<b>0</b>	<b>2</b>

#### 4.2. Содержание дисциплины (модуля) по темам

##### Планы лекционных занятий

##### Тема 1. Источники экологической опасности в нефтехимии

Выделение в атмосферу попутных углеводородных и растворенных ( $N_2$ ,  $CO_2$ ,  $H_2S$  и др.) газов. Буровые шламы. Химические реагенты, используемые для повышения нефтеотдачи пласта.

Разливы нефти и нефтепродуктов на водных и грунтовых поверхностях.

Побочные продукты при химической переработке нефти (газовые выбросы, сточные воды, продукты осмоления, кубовые остатки и др.).

Аварийные выбросы.

##### Тема 2. Количественная оценка опасных воздействий и анализ риска

Токсичность. Экотоксиканты. Методы оценки воздействия на организм человека, классы опасности химических веществ. ПДК, методы установления ПДК, типы ПДК. Пороговая концентрация острого и хронического действия. Совместное действие токсических веществ. Аддитивное воздействие. Синергизм и антагонизм. ПДВ. Первичное и вторичное загрязнения.

Экологическое нормирование. Предельно-допустимая экологическая нагрузка, критерии оценки. Диагностика и эффективный химико-аналитический контроль объектов



окружающей среды. Биоиндикация. Особенности биоиндикации. Общие экологические требования к производствам. Определения безотходной технологии.

Экологическая экспертиза проектов. Основы безопасной работы производств. Аварии на химически опасных объектах (ХОО), основные причины возникновения аварийных ситуаций. Надежность оборудования. Потенциально опасные процессы. Предупреждение аварийных ситуаций. Понятие об экологическом паспорте предприятия. Категории опасности предприятий. Основные подходы к экологизации производственных процессов.

### **Тема 3. Основные направления и методы снижения экологического риска от загрязнения окружающей среды**

Методы очистки производственных выбросов в атмосферу. Пути предотвращения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. Методы предотвращения загрязнения гидросферы, очистка сточных вод. Методы ликвидации вредных последствий. Принципы создания комплексных малоотходных технологий. Разработка замкнутых циклов использования природных ресурсов. Научные предпосылки реализации концепции устойчивого развития общества.

### **Тема 4. Методы определения нефтяных загрязнений и экологический мониторинг**

Аналитические методы контроля за состоянием окружающей среды. Приоритетные контролируемые параметры окружающей среды. Концепция и структура системы мониторинга, принципы ее функционирования. Роль мониторинга в анализе и предупреждении опасного развития последствий глобальных антропогенных воздействий.

Лабораторные методы определения нефтяных загрязнений в объектах окружающей среды (воздух, вода, почвы).

## **Планы практических занятий**

### **Тема 1. Источники экологической опасности в нефтехимии (4 час.).**

Выделение в атмосферу попутных углеводородных и растворенных ( $N_2$ ,  $CO_2$ ,  $H_2S$  и др.) газов. Буровые шламы. Химические реагенты, используемые для повышения нефтеотдачи пласта. Разливы нефти и нефтепродуктов на водных и грунтовых поверхностях. Побочные продукты при химической переработке нефти (газовые выбросы, сточные воды, продукты осмоления, кубовые остатки и др.). Аварийные выбросы.

### **Тема 2. Количественная оценка опасных воздействий и анализ риска (4 час.).**

Токсичность. Экотоксиканты. Методы оценки воздействия на организм человека, классы опасности химических веществ. ПДК, методы установления ПДК, типы ПДК. Пороговая концентрация острого и хронического действия. Совместное действие токсических веществ. Аддитивное воздействие. Синергизм и антагонизм. ПДВ. Первичное и вторичное загрязнения.

Экологическое нормирование. Предельно-допустимая экологическая нагрузка, критерии оценки. Диагностика и эффективный химико-аналитический контроль объектов окружающей среды. Биоиндикация. Особенности биоиндикации.

Общие экологические требования к производствам. Экологическая экспертиза проектов. Основы безопасной работы производств. Аварии на химически опасных объектах (ХОО), основные причины возникновения аварийных ситуаций. Надежность оборудования. Потенциально опасные процессы. Предупреждение аварийных ситуаций. Понятие об экологическом паспорте предприятия. Категории опасности предприятий. Основные подходы к экологизации производственных процессов.



### **Тема 3. Основные направления и методы снижения экологического риска от загрязнения окружающей среды (8 час.).**

Методы очистки производственных выбросов в атмосферу. Пути предотвращения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. Методы предотвращения загрязнения гидросферы, очистка сточных вод. Методы и ликвидации вредных последствий. Принципы создания комплексных малоотходных технологий. Разработка замкнутых циклов использования природных ресурсов.

### **Тема 4. Методы определения нефтяных загрязнений и экологический мониторинг (8 час.).**

Аналитические методы контроля за состоянием окружающей среды. Приоритетные контролируемые параметры окружающей среды. Концепция и структура системы мониторинга, принципы ее функционирования. Роль мониторинга в анализе и предупреждении опасного развития последствий глобальных антропогенных воздействий. Лабораторные методы определения нефтяных загрязнений в объектах окружающей среды (воздух, вода, почвы).

#### **Образцы средств для проведения текущего контроля**

##### **Оценочное средство 1. Устный опрос**

Проводится по теоретическому материалу на практических занятиях. Для подготовки необходимо проработать лекцию и прочитать рекомендуемую литературу по теме. Устный опрос может проводиться в форме индивидуального собеседования или собеседования в малых группах по вопросам.

##### ***Вопросы для самоконтроля***

1. Охарактеризовать потенциальную экологическую опасность указанного предприятия нефтедобычи или нефтехимии.
2. Указать основные причины разливов нефти.
3. Указать основные причины аварийных выбросов на предприятиях нефтехимии.

##### ***Вопросы для самоконтроля***

1. Охарактеризовать токсичность основных компонентов нефтей и нефтепродуктов (алканы и циклоалканы, арены, смолы и асфальтены).
2. Перечислить возможные экологические риски для конкретного предприятия нефтедобычи или нефтепереработки, дать их количественную оценку.
3. Дать сравнительную оценку потенциальной опасности для нескольких однотипных нефтехимических производств.

##### ***Вопросы для самоконтроля***

1. Перечислить основные способы борьбы с выбросами в атмосферу.
2. Перечислить основные способы борьбы с загрязнениями природных вод.
3. Перечислить основные способы борьбы с загрязнениями почв.
4. Перечислить принципы создания комплексных малоотходных технологий

##### ***Вопросы для самоконтроля***

1. Перечислить основные лабораторные методы определения нефтяных загрязнений в объектах окружающей среды (воздух, вода, почвы).
2. Дать сравнительный анализ нескольких лабораторных методов определения нефтяных загрязнений в объектах окружающей среды в отношении их точности и чувствительности.



## Оценочное средство 2. Реферат

### Примерная тематика рефератов

1. Экологические проблемы добычи и транспортировки нефти
2. Разливы нефти и нефтепродуктов
3. Проблема утилизации попутных газов
4. Аварии на предприятиях нефтехимии: причины и последствия
5. Методы утилизации производственных отходов на нефтехимических производствах
6. Токсичность основных компонентов нефти
7. Методы количественного определения нефтяных загрязнений в объектах окружающей среды
8. Методы экологического мониторинга на предприятиях нефтедобычи и нефтепереработки
9. Безотходные технологии в нефтехимии

## 5. Учебно-методическое обеспечение и планирование самостоятельной работы обучающихся

Таблица 3

№ темы	Темы	Формы СРС, включая требования к подготовке к занятиям
1.	Источники экологической опасности в нефтехимии	Работа с литературой, источниками, собеседование
2.	Количественная оценка опасных воздействий. Анализ риска.	Работа с литературой, источниками, собеседование. Доклад на семинаре
3.	Основные направления и методы снижения экологического риска от загрязнения окружающей среды	Работа с литературой, источниками, собеседование
4.	Методы определения нефтяных загрязнений и экологический мониторинг	Работа с литературой, источниками, собеседование Доклад на семинаре

**Чтение обязательной и дополнительной литературы**, предусмотренной рабочей программой дисциплины. Контроль – на практическом занятии в устной или письменной форме при обсуждении теоретических вопросов.

**Проработка лекций** предполагает присутствие обучаемого на лекционных занятиях и конспектирование материала, подготовка презентаций усвоенного лекционного материала. Контроль – на практическом занятии в устной или письменной форме при обсуждении теоретических вопросов.

### Критерии оценки самостоятельной работы аспирантов:

- 1) качество освоения учебного материала (умение студента использовать теоретические знания при выполнении практических задач);
- 2) проработанность всех аспектов задания, оформление материала в соответствии с требованиями, соблюдение установленных сроков представления работы на проверку;
- 3) степень самостоятельности, творческой активности, инициативности студентов, наличие элементов новизны в процессе выполнения заданий.

Итоги работы аспирантов подводятся во время контрольных недель, сроки которых определяются графиком учебного процесса.



## 6. Промежуточная аттестация по дисциплине (модулю)

### 6.1 Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

Форма проведения промежуточной аттестации – зачет. Зачет проводится устно в форме собеседования по прилагаемому ниже примерному перечню вопросов.

#### Перечень контрольных вопросов для зачета

1. Основные источники экологической опасности в нефтедобыче.
2. Основные источники экологической опасности в нефтепереработке.
3. Методы количественной оценки опасных воздействий и анализа риска.
4. Экотоксиканты, их токсичность.
5. Методы оценки воздействия экотоксикантов на организм человека.
6. Классы опасности химических веществ. ПДК, методы установления ПДК, типы ПДК. Пороговая концентрация острого и хронического действия. Совместное действие токсических веществ. Аддитивное воздействие. Синергизм и антагонизм. ПДВ. Первичное и вторичное загрязнение.
7. Экологическое нормирование. Предельно-допустимая экологическая нагрузка, критерии оценки.
8. Диагностика и эффективный химико-аналитический контроль объектов окружающей среды.
9. Биоиндикация. Особенности биоиндикации.
10. Общие экологические требования к производствам.
11. Экологическая экспертиза проектов. Основы безопасной работы производств.
12. Аварии на химически опасных объектах (ХОО), основные причины возникновения аварийных ситуаций. Потенциально опасные процессы. Предупреждение аварийных ситуаций.
13. Понятие об экологическом паспорте предприятия. Категории опасности предприятий.
14. Основные подходы к экологизации производственных процессов.
15. Методы очистки производственных выбросов в атмосферу.
16. Пути предотвращения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу.
17. Методы предотвращения загрязнения гидросферы, очистка сточных вод.
18. Методы ликвидации вредных последствий.
19. Принципы создания комплексных малоотходных технологий. Разработка замкнутых циклов использования природных ресурсов.
20. Аналитические методы контроля за состоянием окружающей среды.
21. Приоритетные контролируемые параметры окружающей среды.
22. Концепция и структура системы мониторинга, принципы ее функционирования. Роль мониторинга в анализе и предупреждении опасного развития последствий глобальных антропогенных воздействий.
23. Лабораторные методы определения нефтяных загрязнений в объектах окружающей среды (воздух, вода, почва).

### 6.2 Критерии оценивания компетенций:

Таблица 4

Карта критериев оценивания компетенций

№ п/п	Код и наименование компетенции	Оценочные материалы	Критерии оценивания
-------	--------------------------------	---------------------	---------------------



1	<p>УК-1 Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях</p>	<p>устный ответ, реферат, презентация</p>	<p><b>Оценка «удовлетворительно»</b> имеет представление о способах анализа и оценки современных научных достижений, оценке уровня исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях</p> <p><b>Оценка «хорошо»</b> знает о наиболее распространенных и общепринятых способах анализа и оценки современных научных достижений, оценке уровня исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях, владеет навыками экспериментальной работы в выбранной области знаний</p> <p><b>Оценка «отлично»</b> знает современные, оптимальные способы анализа и оценки современных научных достижений, способен к самостоятельной оценке уровня исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях, уверенно владеет навыками экспериментальной работы в выбранной области знаний</p>
	<p>ОПК-1 Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий</p>	<p>устный ответ, реферат, презентация</p>	<p><b>Оценка «удовлетворительно»</b> знает основные приемы ведения научно-исследовательской деятельности в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий, умеет применять эти знания на практике</p> <p><b>Оценка «хорошо»</b> знает о современных, надежных способах ведения научно-исследовательской деятельности в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий, умеет самостоятельно применять эти знания на практике</p> <p><b>Оценка «отлично»</b> знает современные, оптимальные способы ведения научно-исследовательской деятельности в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий, умеет самостоятельно применять эти знания на практике, может обоснованно выбирать</p>



## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

### 7.1 Основная литература:

1. Соромотин, Андрей Владимирович  
Воздействие добычи нефти на таежные экосистемы Западной Сибири : моногр. / А. В. Соромотин ; Тюм. гос. ун-т. – Тюмень : Изд-во Тюм. гос. ун-та, 2010. – 320 с. ; 20 см. – (Тюменский государственный университет - региону и стране). – Библиогр. : с. 294-320. – ISBN 978-5-400-00339-4 : 347.60 р.
2. Полихлорбифенилы: проблемы экологии, анализа и химической утилизации / Т. И. Горбунова [и др.] ; отв. ред. В. Н. Чарушин; Ин-т орган. синтеза УрО РАН. - Москва: Красанд; Екатеринбург: УрО РАН, 2011. - 400 с.
3. Промышленная экология. Часть 2. Технологические системы производства : учебное пособие / составители В. И. Гвоздовский. — Самара : Самарский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2011. — 116 с. — ISBN 978-5-9585-0386-5. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/20506.html> (дата обращения: 13.01.2020). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

### 7.2 Дополнительная литература:

1. Тетельмин, В. В. Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе : [учеб. пособие] / В. В. Тетельмин, В. А. Язев. - Москва; Долгопрудный: Интеллект, 2009. - 352 с.
2. Лозановская И.Н., Орлов Д.С., Садовникова Л.К. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении. М.: Высшая школа. 2006.
3. Джирард, Дж. Е. Основы химии окружающей среды : [учеб. пособие] : пер. с англ. / Дж. Е. Джирард. - Москва: Физматлит, 2008. - 640 с.
4. Долгоносков, Б. М.. Механизмы и кинетика деструкции органического вещества в водной среде / Б. М. Долгоносков, Т. Н. Губернаторова. - Москва: Красанд, 2011. - 208 с.
5. Современные проблемы экологии и природопользования : учебно-методическое пособие / Т. Г. Зеленская, И. О. Лысенко, Е. Е. Степаненко, С. В. Окрут. — Ставрополь : Ставропольский государственный аграрный университет, 2013. — 124 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/47355.html> (дата обращения: 13.01.2020). — Режим доступа: для авторизир. пользователей
6. Гвоздовский, В. И. Промышленная экология. Часть 1. Природные и техногенные системы : учебное пособие / В. И. Гвоздовский. — Самара : Самарский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2008. — 268 с. — ISBN 978-5-9585-0291-2. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/20505.html> (дата обращения: 13.01.2020). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

### 7.3 Интернет-ресурсы:

1. <http://www.nglib.ru/index.jsp> - портал научно-технической информации «Нефть и газ»
2. <http://elibrary.ru/defaultx.asp> - научная электронная библиотека,
3. <http://www.twirpx.com/> - информационно-технический сайт «Все для студента»
4. <http://window.edu.ru/>
5. Oil Gas Journal - [www.ogj.com](http://www.ogj.com)
6. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" – Информационный портал "Студенту вуза" – <http://studentu-vuza.ru/>;
7. Минеральные ресурсы России. Экономика и управление - [www.geoinform.ru](http://www.geoinform.ru)
8. Нефтегазовая вертикаль - [www.ngv.ru](http://www.ngv.ru)

9. Нефть и капитал - [www.oilcapital.ru](http://www.oilcapital.ru)
10. Нефть России. Oil of Russia - [www.press.lukoil.ru](http://www.press.lukoil.ru)
11. Нефтяное хозяйство - [www.oil-industry.ru](http://www.oil-industry.ru)

**8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю):**

Использование типовых компьютерных программ (Excel, Word, PowerPoint) для решения вычислительных задач, составления отчетов и презентаций

Программы для осуществления дистанционного проведения занятий: Microsoft Teams, Zoom и т.п.

**9. Технические средства и материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

- Работа с Интернетом
- Работа с информационным порталом БМК ТюмГУ

Учебные аудитории, оснащенные мультимедийным оборудованием, с возможностью демонстрации видео, с выходом в Интернет, позволяющие работать в дистанционном режиме.





МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ТЮМЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»



УТВЕРЖДАЮ  
Директор Института химии

Т.А. Кремлева Т.А. Кремлева  
02 марта 20 202

**МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ**

Рабочая программа

для обучающихся по направлению подготовки 04.06.01 Химические науки  
профиль (направленность) программы: Физическая химия, Органическая химия  
очные формы обучения

Андреев Олег Валерьевич. Методы повышения нефтеотдачи. Рабочая программа для обучающихся по направлению подготовки 04.06.01 Химические науки, профиль (направленность) программы: Физическая химия, Органическая химия, очные формы обучения. Тюмень, 2020.

Рабочая программа дисциплины (модуля) опубликована на сайте ТюмГУ: Методы борьбы с коррозией [электронный ресурс] / Режим доступа: <https://www.utmn.ru/sveden/education/#>.

## 1. Пояснительная записка

Целью изучения дисциплины «Методы повышения нефтеотдачи» является формирование у аспирантов системы понятий о характеристиках нефтяных коллекторов; о методах воздействия на призабойную зону пласта для повышения нефтеотдачи; о химических реагентах, применяемых в нефтегазодобывающей промышленности.

Задачи изучения дисциплины заключаются в формировании у аспирантов системы знаний по дисциплине и освоению основных разделов дисциплины:

1. физические характеристики коллекторов нефти, газа и воды;
2. основные методы воздействия на призабойную зону пласта с целью интенсификации притока нефти;
3. изоляция и ограничение притока попутно добываемой воды в нефтяные скважины.

### 1.1. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Курс «Методы повышения нефтеотдачи» относится к факультативным дисциплинам. Для изучения курса требуются знания по неорганической химии (строение молекул и их реакционная способность, механизмы реакций), физической химии (химическое равновесие, кинетика химических реакций, термодинамика, физико-химия дисперсных систем (межфазная граница, поверхностное натяжения, ПАВы, гелеобразование).

### 1.2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения данной дисциплины

Код и наименование компетенции	Компонент (знания/функциональный)
ОНК-1 Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	Знает основные понятия, теоретические и практические представления о физико-химических процессах добычи и очистки нефти; способы повышения нефтеотдачи; средства борьбы с отложениями солей.
	Умеет пользоваться научной и справочной литературой, критически систематизировать литературные данные по тематическим разделам; пользоваться основными понятиями об основных методах физико-химического воздействия на призабойную зону пласта с целью интенсификации притока нефти.
УК-1 Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	Знает цели и принципы основных методов повышения нефтеотдачи и критерии их применимости; современные научные достижения в изучаемой области.
	Умеет разрабатывать и содержательно аргументировать стратегию решения проблемной ситуации на основе системного и междисциплинарного подходов; выделять и систематизировать основные идеи в научных текстах.



## 2. Структура и объем дисциплины

Таблица 1

Вид учебной работы	Всего часов (академические часы)	Часов в семестре (академические часы)
		3 семестр
<b>Общий объем</b>	зач. ед. час	2
		72
Из них:		
<b>Часы аудиторной работы (всего):</b>		
Лекции		12
Практические занятия		10
Лабораторные / практические занятия по подгруппам		
<b>Часы внеаудиторной работы, включая самостоятельную работу обучающегося</b>		
		50
Вид промежуточной аттестации (зачет, диф. зачет, кандидатский экзамен)		
		зачет

## 3. Система оценивания

Баллы начисляются обучающимся за работу на практическом занятии от 0 до 10 баллов.

При проведении промежуточной аттестации результаты, полученные обучающимся, переводятся следующим образом:

- от 0 до 70 баллов – «не зачтено».
- от 71 до 100 баллов – «зачтено».

Обучающиеся, не набравшие необходимого количества баллов в течение семестра сдают устный зачет по вопросам.

## 4. Содержание дисциплины

### 4.1. Тематический план дисциплины

Таблица 2

№ п/п	Наименование тем и/или разделов	Объем дисциплины (модуля), час.				
		Всего	Виды аудиторной работы (академические часы)			Иные виды контактно й работы
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные/ практические занятия по подгруппам	
1.	Физические характеристики коллекторов нефти, газа и воды	24	4	2	0	0
2.	Основные методы воздействия на призабойную зону пласта с целью интенсификации притока нефти	24	4	4	0	0
3.	Изоляция и ограничение притока полутно добываемой воды в нефтяные скважины	24	4	4	0	0
Итого (часов)		72	12	10	0	0

#### 4.2. Содержание дисциплины по темам

##### Тема 1. Физические характеристики коллекторов нефти, газа и воды.

Пористость горной породы; коэффициенты пористости. Проницаемость горной породы. Классификация горных пород. Качественный минеральный состав терригенных горных пород. Нефтяной коллектор. Закон фильтрации Дарси. Внутрипоровое давление.

##### Тема 2. Основные методы воздействия на призабойную зону пласта с целью интенсификации притока нефти.

Нефтяной пласт. Физические методы воздействия на призабойную зону пласта. Внутрипластовое горение. Физико-химические методы воздействия, термохимическая обработка. Химические методы: солянокислотная обработка, глинокислотная обработка. Типы проведения кислотных обработок. Взаимодействия кислотных растворов с горной породой. Комбинированные технологии воздействия. Понятие нефтеотдачи. Поверхностное натяжение. Классификация и механизм действия ПАВов. Применение поверхностно-активных веществ для увеличения нефтеотдачи пластов. Классификация полимеров. Сшитые полимерные системы. Полимерное загущение воды для увеличения нефтеотдачи. Механизм гелеобразования. Закачка в пластовую систему и механизм действия серной кислоты. Гипсообразование и коррозия при закачке серной кислоты. Закачка в пластовую и механизм действия оксида углерода (II). Эффект вытеснения. Эффект изменения межфазного натяжения, изменения вязкости и изменения проницаемости коллекторов. Объемный эффект. Гидратообразование.

##### Тема 3. Изоляция и ограничение притока попутно добываемой воды в нефтяные скважины.

Обводнения добывающих скважин. Составы селективного и неселективного действия. Водоизолирующие составы. Тампонажные материалы для селективной и неселективной изоляции.

#### 5. Учебно-методическое обеспечение и планирование самостоятельной работы обучающихся

Таблица 3

№ темы	Темы	Формы СРС, включая требования к подготовке к занятиям
1.	Физические характеристики коллекторов нефти, газа и воды	Работа с учебной литературой и лекционным материалом; подготовка к опросу
2.	Основные методы воздействия на призабойную зону пласта с целью интенсификации притока нефти	Работа с учебной литературой и лекционным материалом; подготовка к опросу
3.	Изоляция и ограничение притока попутно добываемой воды в нефтяные скважины	Работа с учебной литературой и лекционным материалом; подготовка к опросу

Для самостоятельного изучения теоретического материала аспирантами используются учебники и учебные пособия в приведённом ниже списке литературы. Трудоемкость самостоятельного изучения теоретического материала составляет 50 часов.

#### 6. Промежуточная аттестация по дисциплине (модулю)

При проведении промежуточной аттестации результаты, полученные обучающимся, переводятся следующим образом:

- от 0 до 70 баллов – «не зачтено».
- от 71 до 100 баллов – «зачтено».

Обучающиеся, не набравшие необходимого количества баллов в течение семестра сдают устный зачет по вопросам.



## 6.1 Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации по дисциплине Вопросы для самоконтроля, подготовки к самостоятельной работе и к зачету:

1. Геологическое строение нефтяных месторождений.
2. Понятие нефтяного коллектора, его характеристики.
3. Геолого-физические характеристики пласта.
4. Минералы, образующие нефтяной коллектор.
5. Горные породы.
6. Изверженные, осадочные, метаморфические горные породы.
7. Проницаемость, пористость горной породы, внутреннее давление.
8. Коэффициенты полной и открытой пористости.
9. Влияние физических свойств коллекторов на условия фильтрации флюидов.
10. Терригенные и карбонатные горные пород. Качественный минеральный состав.
11. Абсолютная, фазовая, и относительная проницаемости горной породы.
12. Закон фильтрации Дарси.
13. Внутрипоровое давление.
14. Внутрипластовое горение и изменение свойств пластовой системы.
15. Призабойная зона пласта.
16. Цели воздействия на предзабойную зону пласта.
17. Методы воздействия на ПЗП с целью интенсификации притока нефти.
18. Физические методы воздействия: виброобработка, электрогидравлический метод, тепловая обработка.
19. Физико-химические методы воздействия.
20. Термохимические обработки.
21. Воздействие на призабойную зону пласта химическими реагентами.
22. Солянокислотная и глинокислотная обработка пласта.
23. Реакции взаимодействия кислот с горной породой. Расчёт реагентов.
24. Основные типы проведения кислотных обработок.
25. Простые кислотные обработки.
26. Кислотные ванны.
27. Кислотные обработки под давлением.
28. Кислотоструйные обработки.
29. Химизм взаимодействия кислотных растворов с горной породой.
30. Приемы комбинирования технологий кислотного воздействия: с использованием поверхностно-активных веществ, с предварительной выборочной изоляцией призабойной зоны и с использованием растворителей.
31. Применение растворителей для обработки призабойной зоны пласта. Органические растворители.
32. Понятие нефтеотдачи.
33. Тепловые методы воздействия на пластовую систему. Паротепловой метод воздействия на пласт.
34. Физико-химические методы, повышающие эффективность заводнения нефтяных пластов. Методы повышающие коэффициент заводнения, коэффициент охвата пласта заводнением.
35. Водопоглотители. Основные причины обводнения. Требования к применяемым составам селективного и неселективного действия.
36. Классификация водоизолирующих составов.
37. Тампонажные материалы для селективной и неселективной изоляции.
38. Методы повышающие коэффициент вытеснения
39. Применение поверхностно-активных веществ для увеличения нефтеотдачи пластов.
40. Строение поверхностно-активных веществ и механизм их действия.
41. Процессы адсорбции поверхностно-активных веществ на поверхности раздела фаз.



42. Влияние поверхностно-активных веществ на количественные характеристики смачивания.
43. Механизм вытеснения нефти ПАВами.
44. Классификация ПАВ по характеру взаимодействия с пластовыми системами.
45. Применение мицеллярных растворов для повышения нефтеотдачи пластов.
46. Устойчивость, вязкость и плотность мицеллярных растворов.
47. Использование полимеров для увеличения нефтеотдачи пластов.
48. Классификация полимеров. Общая характеристика применяемых полимеров.
49. Полимерное загущение воды для увеличения нефтеотдачи.
50. Полиакриламидный полимер в гранулированном и гелеобразном состоянии.
51. Реагенты Пушер – 500 и CS – 6.
52. Сшитые полимерные системы, применяемые для повышения эффективности заводнения.
53. Факторы, влияющие на выбор реагентов для получения сшитых полимерных систем.
54. Время гелеобразования.
55. Механизм гелеобразования систем полиакриламид – ацетат хрома.

## 6.2 Критерии оценивания компетенций:

Таблица 4

Карта критериев оценивания компетенций

№ п/п	Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций, соотношенные с планируемыми результатами обучения	Оценочные материалы	Критерии оценивания
1	ОПК-1 Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	<p>Знает основные понятия, теоретические и практические представления о физико-химических процессах добычи и очистки нефти; способы повышения нефтеотдачи; средства борьбы с отложениями солей.</p> <p>Умеет пользоваться научной и справочной литературой, критически систематизировать литературные данные по тематическим разделам; пользоваться основными понятиями об основных методах физико-химического воздействия на призабойную зону пласта с целью интенсификации притока нефти.</p>	<p>Устные опросы</p> <p>Письменные опросы</p>	<p>Компетенция сформирована: при правильности и полноте ответов на теоретические вопросы, при глубине понимания вопроса и правильности выполнения предложенных заданий.</p> <p>Шкала критериев согласно требованиям п.4.29 "Положения о текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся ФГАОУ ВО "ТюмГУ".</p>

2	УК-1 Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	Знает цели и принципы основных методов повышения нефтеотдачи и критерии их применимости; современные научные достижения в изучаемой области. Умеет разрабатывать и содержательно аргументировать стратегию решения проблемной ситуации на основе системного и междисциплинарного подходов; выделять и систематизировать основные идеи в научных текстах.	Устные опросы Письменные опросы	Компетенция сформирована: при правильности и полноте ответов на теоретические вопросы, при глубине понимания вопроса и правильности выполнения предложенных заданий. Шкала критериев согласно требованиям п.4.29 "Положения о текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся ФГАОУ ВО "ТюмГУ".
---	--	---	------------------------------------	---

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

### 7.1 Основная литература:

1. Серебряков, А. О. Промысловые исследования залежей нефти и газа: учебное пособие / А. О. Серебряков, О. И. Серебряков. — Санкт-Петербург: Лапь, 2016. — 240 с. — ISBN 978-5-8114-1943-2. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/71731> (дата обращения: 13.01.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Ладенко, А. А. Теоретические основы разработки нефтяных и газовых месторождений: учебное пособие / А. А. Ладенко, О. В. Савенок. - Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2020. - 244 с. - ISBN 978-5-9729-0445-7. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1168610> (дата обращения: 13.01.2020). — Режим доступа: по подписке.

### 7.2 Дополнительная литература:

1. Долгих, Л. Н. Техника и технология испытания пластов при бурении нефтяных и газовых скважин: учебное пособие / Л. Н. Долгих, С. Е. Чернышов. — Пермь: Пермский государственный технический университет, 2007. — 43 с. — ISBN 978-5-88151-747-2. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/105536.html> (дата обращения: 13.01.2020). — Режим доступа: для авторизир. пользователей
2. Снарёв, А.И. Расчеты машин и оборудования для добычи нефти и газа: учебно-практическое пособие [Электронный ресурс] / А.И. Снарёв. - изд. 3-е, доп. - Москва: Инфра-Инженерия, 2010. - 232 с. - ISBN 978-5-9729-0025-1. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/520451> (дата обращения: 13.01.2020). — Режим доступа: по подписке.

### 7.3 Интернет-ресурсы:

<http://elibrary.ru> - Научная электронная библиотека ELIBRARY.RU



<http://window.edu.ru/unilib> - ЕДИНОЕ ОКНО доступа к электронным библиотекам вузов России.

<http://znanium.com> – Электронно-библиотечная система «znanium.com»

<http://virtuallib.intuit.ru> – Виртуальная библиотека «ИНТУИТ»

**8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю) (при необходимости):**

- Лицензионное ПО, в том числе отечественного производства:  
платформа для электронного обучения Microsoft Teams
- Свободно распространяемое ПО, в том числе отечественного производства:  
офисный пакет MS Office

**9. Технические средства и материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

- Учебные аудитории для проведения лекций и практических занятий (аудитории для проведения занятий лекционного и семинарского типа должны быть оснащены мультимедийным оборудованием; помещения для самостоятельной работы обучающихся должны быть оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ТюмГУ).

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ТЮМЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»



УТВЕРЖДАЮ  
Директор Института химии

*Т.А. Кремлева* Т.А. Кремлева  
*02 марта* 20\_\_

**МЕТОДЫ БОРЬБЫ С КОРРОЗИЕЙ**

Рабочая программа

для обучающихся по направлению подготовки 04.06.01 Химические науки  
профили (направленности) программы: Физическая химия, Органическая химия  
форма обучения очная

Шиблева Татьяна Григорьевна. Методы борьбы с коррозией. Рабочая программа для обучающихся по направлению подготовки 04.06.01 Химические науки, профили (направленности) программы: Физическая химия, Органическая химия, формы обучения очная. Тюмень, 2020.

Рабочая программа дисциплины (модуля) опубликована на сайте ТюмГУ: Методы борьбы с коррозией [электронный ресурс] // Режим доступа: <https://www.utmn.ru/sveden/education/#>.

© Тюменский государственный университет, 2020.

© Шиблева Т.Г., 2020.



## 1. Пояснительная записка

Коррозия, кроме громадных потерь металлов и материальных средств, вызывает также загрязнение окружающей среды, ухудшение природных ландшафтов. Отсюда вытекает необходимость поиска всё более совершенных и экономичных средств защиты материалов от разрушения коррозией. Поставленная задача может быть решена только при наличии высококвалифицированных специалистов-коррозионистов. Дисциплина «Методы борьбы с коррозией» посвящена изучению общетехнических вопросов коррозии, влиянию внешних и внутренних факторов на коррозию, а также рассмотрению различных методов защиты металлов и сплавов от коррозии в разных агрессивных средах.

**Цель обучения:** формирование у аспирантов представления о научных основах процесса коррозии металлов, видах коррозии и способах защиты от неё.

**Задачи обучения:** формирование у аспирантов:

- представления о научных основах процесса коррозии металлов;
- умения классифицировать коррозионные процессы;
- умения применять теоретические знания к решению практических и исследовательских задач;
- представления об экологическом аспекте процессов коррозии.
- практических навыков исследования коррозии металлов.

### 1.1. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Курс «Методы борьбы с коррозией» относится к факультативным дисциплинам. Содержание курса базируется на знаниях, приобретённых при изучении курса физической химии (разделы: химическая термодинамика, химическая кинетика, электрохимия), коллоидной химии (разделы: поверхностные явления и адсорбция), математики и физики.

### 1.2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения данной дисциплины

Код и наименование компетенции	Компонент (знаниевый/функциональный)
ОПК-1 Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	Знает основные понятия и теоретические представления о химической и электрохимической коррозии металлов, видах коррозии и способах защиты от неё.
	Умеет классифицировать процессы коррозии металлов и сплавов; пользоваться научной и справочной литературой по коррозии и защите металлов и сплавов от коррозии.
УК-1 Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	Знает цели, принципы, задачи и основные методы коррозионных исследований; взаимосвязь строения химических веществ и протекание химических процессов с их участием; современные научные достижения в области защиты металлов и сплавов от коррозии, основные коррозионностойкие конструкционные сплавы.
	Умеет находить наиболее эффективные, менее трудоёмкие и энергозатратные способы решения поставленной задачи по защите металлов и сплавов от коррозии; проводить расчёты защитного эффекта при изучении катодной и протекторной защиты; применять теоретические знания к решению практических и исследовательских задач.

## 2. Структура и объем дисциплины

Таблица 1

Вид учебной работы		Всего часов (академические часы)	Часов в семестре (академические часы)
			3 семестр
Общий объем	зач. ед. час	2	2
		72	72
Из них:			
<b>Часы аудиторной работы (всего):</b>			
Лекции		12	12
Практические занятия		10	10
Лабораторные / практические занятия по подгруппам			
<b>Часы внеаудиторной работы, включая самостоятельную работу обучающегося</b>		<b>50</b>	<b>50</b>
Вид промежуточной аттестации (зачет, диф. зачет, кандидатский экзамен)			зачет

## 3. Система оценивания

При оценке результатов освоения дисциплины студентами используется балльно-рейтинговая система. Баллы начисляются студентам за работу на практическом занятии от 0 до 10 баллов.

При проведении промежуточной аттестации результаты, полученные обучающимся, переводятся следующим образом:

- от 0 до 70 баллов – «не зачтено».
- от 71 до 100 баллов – «зачтено».

Обучающиеся, не набравшие необходимого количества баллов в течение семестра сдают устный зачет по вопросам.

## 4. Содержание дисциплины

### 4.1. Тематический план дисциплины

Таблица 2

№ п/п	Наименование тем и/или разделов	Объем дисциплины (модуля), час.				
		Всего	Виды аудиторной работы (академические часы)			Иные виды контактной работы
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные/практические занятия по подгруппам	
1.	Химическая коррозия металлов	14	2	2	0	0
2.	Электрохимическая коррозия металлов	23	4	4	0	0
3.	Виды коррозии	5	1	0	0	0
4.	Меры борьбы с коррозией металлов	23	4	4	0	0
5.	Методы коррозионных исследований	7	1	0	0	0
	Итого (часов)	72	12	10	0	0

## 4.2. Содержание дисциплины по темам

### Тема 1. Химическая коррозия металлов

#### 1. Термодинамика химической коррозии металлов

Термодинамическая возможность химической коррозии металлов. Расчет изменения энергии Гиббса. Определение возможности химической коррозии металлов по изменению энергии Гиббса. Реакционная способность металлов и термодинамическая устойчивость продуктов химической коррозии металлов.

#### 2. Пленки на металлах

Адсорбция окислителей на металлах. Образование пленки продуктов коррозии. Классификация пленок на металлах по толщине. Условие сплошности пленок на металлах. Массоперенос и электропроводность в пленках продуктов коррозии металлов. Образование дефектов в кристаллической решетке. Классификация продуктов коррозии металлов по типу проводимости.

#### 3. Кипетика химической коррозии металлов

Показатели химической коррозии металлов. Первичная стадия окисления металлов. Рост пористой пленки. Рост сплошной пленки. Тонкие пленки. Толстые пленки. Многослойные толстые пленки. Двухслойные однофазные пленки. Напряжения в защитных пленках и разрушение этих пленок.

#### 4. Окисление сплавов

Теория Вагнера – Хауфе. Теория А.А. Смирнова. Теория В.И. Тихомирова. Двойные оксиды в окалине. Внутреннее окисление сплавов. Окисление дискретно упрочненных металлов.

#### 5. Теория жаростойкого легирования

Теория уменьшения дефектности образующейся окалины. Теория образования защитного оксида легирующего элемента. Теория образования высокозащитных двойных оксидов. Жаростойкое легирование тугоплавких металлов. Поверхностное легирование.

#### 6. Влияние внешних и внутренних факторов на химическую коррозию металлов

Температура. Состав газовой среды. Давление газа. Высокотемпературная пассивация. Скорость движения газовой среды. Режим нагрева. Состав сплава. Структура металлов. Деформация металлов. Характер обработки поверхности металла.

#### 7. Химическая коррозия металлов в жидких средах

Коррозия металлов в неэлектролитах. Разрушение металлов в жидкометаллических теплоносителях. Взаимодействие твердых металлов с примесями в жидком металле. Кавитационно-эрозионное воздействие жидких металлов.

### Тема 2. Электрохимическая коррозия металлов

#### 1. Механизм электрохимической коррозии металлов

Химический и электрохимический механизмы растворения металлов в электролитах. Термодинамическая возможность электрохимической коррозии металлов. Катодные процессы при электрохимической коррозии металлов. Гомогенный и гетерогенный пути протекания электрохимической коррозии металлов. Коррозионные гальванические элементы и причины их возникновения. Схема и особенности электрохимического коррозионного процесса.

#### 2. Поляризация электродных процессов

Поляризация электродных процессов. Электрохимическая кинетика анодных и катодных процессов. Уравнения поляризационных кривых. Диффузионная кинетика и концентрационная поляризация. Вторичные процессы и продукты электрохимической коррозии металлов и их влияние на поляризацию.

#### 3. Анодный процесс электрохимической коррозии металлов

Анодная реакция ионизации металла. Анодные реакции, протекающие с участием металла и водного раствора. Диаграммы Пурбе. Участие анионов в анодном процессе. Стадийность реакций растворения металлов.

#### 4. Коррозионные процессы с кислородной деполяризацией



Термодинамическая возможность коррозии металлов с кислородной деполяризацией. Схема катодного процесса кислородной деполяризации. Перенапряжение ионизации кислорода. Диффузия кислорода. Смешанная поляризация. Особенности коррозии металлов с кислородной деполяризацией. Защита металлов от коррозии в нейтральных электролитах.

#### 5. Коррозионные процессы с водородной деполяризацией

Термодинамическая возможность коррозии металлов с водородной деполяризацией. Схема катодного процесса водородной деполяризации. Перенапряжение водорода. Концентрационная деполяризация. Особенности коррозии металлов с водородной деполяризацией. Защита металлов от коррозии в растворах кислот. Смешанная кислородно-водородная деполяризация.

#### 6. Расчет электрохимического коррозионного процесса

Термодинамическая возможность и движущая сила процесса. Коррозионные потери металла и коррозионный ток. Показатели электрохимической коррозии металлов. Аналитический расчет процесса. Графический расчет процесса. Контролирующий процесс. Характеристика контролирующего процесса. Основные практические случаи контроля электрохимических коррозионных процессов. Доля электрохимического механизма коррозионного процесса.

#### 7. Пассивность металлов

Определение пассивности металла. Характеристика пассивного состояния металла. Пассиваторы и депассиваторы. Теории пассивности металлов. Перепассивация металлов. Обобщенная анодная поляризационная кривая. Особенности коррозии металлов в условиях возможного возникновения пассивности. Повышение коррозионной стойкости металлов и сплавов на основе повышения их пассивности.

#### 8. Внутренние факторы электрохимической коррозии металлов

Термодинамическая устойчивость металлов. Положение металла в периодической системе элементов Д.И. Менделеева. Состояние поверхности металла. Кристаллографический фактор. Границы устойчивости твердых растворов. Структурная гетерогенность сплавов и величина зерна. Механический фактор.

#### 9. Внешние факторы электрохимической коррозии металлов

Водородный показатель pH раствора. Состав и концентрация нейтральных растворов. Ингибиторы электрохимической коррозии металлов. Стимуляторы электрохимической коррозии металлов. Скорость движения электролита. Температура. Давление. Контакт с другими металлами. Внешние токи. Блуждающие токи. Ультразвук. Облучение.

### **Тема 3. Виды коррозии металлов**

#### 1. Атмосферная коррозия металлов

Классификация и механизм атмосферной коррозии металлов. Концентрация влаги на поверхности корродирующего металла. Особенности атмосферной коррозии металлов и ее контролирующий процесс. Факторы атмосферной коррозии металлов. Методы защиты металлов от атмосферной коррозии.

#### 2. Подземная коррозия металлов

Почва и грунт как коррозионные электролиты. Механизм и классификация подземной коррозии металлов. Контролирующий фактор и особенности грунтовой коррозии металлов. Влияние различных факторов на грунтовую коррозию металлов. Кинетика грунтовой коррозии металлов. Коррозия металлов блуждающими токами. Методы борьбы с подземной коррозией металлов.

#### 3. Морская коррозия металлов

Механизм и особенности морской коррозии металлов. Влияние различных факторов на морскую коррозию металлов. Способы защиты металлов от коррозии в морской воде.

#### 4. Коррозия металлов в расплавленных солях

Электродные потенциалы в расплавленных солях. Механизм и особенности коррозии металлов в расплавленных солях. Влияние различных факторов на коррозию металлов в расплавленных солях. Защита от коррозии металлов в расплавленных солях.

5. Некоторые виды местной электрохимической коррозии металлов и сплавов  
Щелевая коррозия. Точечная (питтинговая) коррозия. Межкристаллитная коррозия.

#### **Тема 4. Меры борьбы с коррозией металлов**

1. Меры воздействия на металл.

Коррозионное легирование и термообработка. Металлические защитные покрытия. Нанесение металлических покрытий гальваническим методом. Химическое нанесение металлических покрытий. Неметаллические защитные покрытия. Неорганические покрытия. Покрытие металлов смолами, пластмассами и резиной. Покрытие металлов антикоррозионными смазками.

2. Защита металлов ингибиторами коррозии.

Ингибиторы для растворов. Ингибиторы атмосферной коррозии.

3. Электрохимическая защита металлических изделий.

Катодная защита. Анодная защита. Протекторная защита.

4. Меры воздействия на коррозионную среду.

Меры воздействия на газовую коррозионную среду. Меры воздействия на растворы электролитов.

#### **Тема 5. Методы коррозионных исследований**

1. Общая характеристика методов коррозионных исследований

Цель коррозионных исследований. Классификация методов коррозионных исследований. Показатели коррозии металлов. Десятибалльная шкала коррозионной стойкости металлов. Сравнительность коррозионных исследований.

### **5. Учебно-методическое обеспечение и планирование самостоятельной работы обучающихся**

Таблица 3

№ темы	Темы	Формы СРС, включая требования к подготовке к занятиям
1.	Химическая коррозия металлов	Работа с учебной литературой и лекционным материалом; подготовка к опросу
2.	Электрохимическая коррозия металлов	Работа с учебной литературой и лекционным материалом; подготовка к опросу
3.	Виды коррозии	Работа с учебной литературой и лекционным материалом; подготовка к опросу
4.	Меры борьбы с коррозией металлов	Работа с учебной литературой и лекционным материалом; подготовка к опросу
5.	Методы коррозионных исследований	Работа с учебной литературой и лекционным материалом; подготовка к опросу

Для самостоятельного изучения теоретического материала аспирантами используются учебники и учебные пособия в приведённом ниже списке литературы. Трудоёмкость самостоятельного изучения теоретического материала составляет 50 часов.

### **6. Промежуточная аттестация по дисциплине (модулю)**

При проведении промежуточной аттестации результаты, полученные обучающимся, переводятся следующим образом:

- от 0 до 70 баллов – «не зачтено».

- от 71 до 100 баллов – «зачтено».

Обучающиеся, не набравшие необходимого количества баллов в течение семестра сдают устный зачет по вопросам.



## 6.1 Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации по дисциплине

### Вопросы к зачету:

1. Химическая коррозия в жидких средах.
2. Особенности атмосферной коррозии металлов и её контролирующий процесс. Факторы, влияющие на атмосферную коррозию металлов.
3. Влияние внешних факторов на газовую коррозию металлов.
4. Контактная и биологическая коррозия металлов. Классификация и механизм атмосферной коррозии металлов.
5. Влияние внутренних факторов на газовую коррозию металлов.
6. Влияние кислотности, температуры и давления на электрохимическую коррозию металлов.
7. Теория жаростойкого легирования.
8. Влияние кристаллографического фактора, механического фактора, состава и концентрации коррозионной среды на электрохимическую коррозию металлов.
9. Влияние природы металла, состава, структуры сплава, состояния поверхности металла на электрохимическую коррозию.
10. Механизм химической коррозии металлов.
11. Плёнки на металлах. Кинетика химической коррозии.
12. Защита металлов от коррозии с кислородной деполяризацией. Особенности коррозии металлов в условиях возникновения пассивности. Повышение коррозионной стойкости металлов и сплавов на основе повышения их пассивности.
13. Показатели коррозии. Теории химической коррозии. Термодинамика химической коррозии. Адсорбция кислорода на металле.
14. Пассиваторы и депассиваторы. Теория пассивности металлов.
15. Водородная деполяризация.
16. Ингибиторы коррозии и антикоррозионные смазки.
17. Стационарные электродные потенциалы.
18. Контролирующий фактор и особенности грунтовой коррозии металлов. Агрессивность почвы. Методы борьбы с подземной коррозией металлов.
19. Коррозионные диаграммы.
20. Показатели коррозии металлов. Шкала коррозионной стойкости металлов.
21. Электрохимическая защита.
22. Кислородная деполяризация.
23. Кинетика электродных реакций.
24. Методы борьбы с коррозией металлов: воздействие на металл, воздействие на среду, воздействие на конструкцию.
25. Межкристаллитная и щелевая коррозия.
26. Диаграммы Турбе.
27. Термодинамика электрохимической коррозии металлов.
28. Методы защиты металлов от атмосферной коррозии. Почва и грунт как коррозионные электролиты. Механизм и классификация подземной коррозии металлов.
29. Проблема коррозии. Термодинамика и кинетика коррозии. Классификация коррозии.
30. Пассивность металлов.
31. Показатели коррозии. Теория химической коррозии металлов. Адсорбция кислорода на металле.
32. Защита металлов от коррозии с кислородной деполяризацией. Особенности коррозии металлов в условиях возникновения пассивности. Повышение коррозионной стойкости металлов и сплавов на основе повышения их пассивности.
33. Влияние кислотности, температуры и давления на электрохимическую коррозию металлов.



6.2 Критерии оценивания компетенций:

Таблица 4

Карта критериев оценивания компетенций

№ ш/п	Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций, соотнесенные с планируемыми результатами обучения	Оценочные материалы	Критерии оценивания
1	ОПК-1 Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	Знает основные понятия и теоретические представления о химической и электрохимической коррозии металлов, видах коррозии и способах защиты от неё. Умеет классифицировать процессы коррозии металлов и сплавов; пользоваться научной и справочной литературой по коррозии и защите металлов и сплавов от коррозии.	Устные опросы Письменные опросы	Компетенция сформирована: при правильности и полноте ответов на теоретические вопросы, при глубине понимания вопроса и правильности выполнения предложенных заданий. Шкала критериев согласно требованиям п.4.29 "Положения о текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся ФГАОУ ВО "ТюмГУ".
2	УК-1 Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	Знает цели, принципы, задачи и основные методы коррозионных исследований; взаимосвязь строения химических веществ и протекание химических процессов с их участием; современные научные достижения в области защиты металлов и сплавов от коррозии, основные коррозионностойкие конструкционные сплавы. Умеет находить наиболее эффективные, менее трудоёмкие и энергозатратные способы решения поставленной задачи по защите металлов и сплавов от коррозии; проводить расчёты защитного эффекта при изучении катодной и протекторной защиты; применять теоретические знания к решению практических и исследовательских задач.	Устные опросы Письменные опросы	Компетенция сформирована: при правильности и полноте ответов на теоретические вопросы, при глубине понимания вопроса и правильности выполнения предложенных заданий. Шкала критериев согласно требованиям п.4.29 "Положения о текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся ФГАОУ ВО "ТюмГУ".

## **7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

### **7.1 Основная литература:**

1. Физические методы в исследованиях осаждения и коррозии металлов: учебное пособие / С. С. Випоградова, Р. А. Кайдриков, А. Н. Макарова, Б. Л. Журавлев. — Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2014. — 144 с. — ISBN 978-5-7882-1505-1. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/62332.html> (дата обращения: 13.01.2020). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

### **7.2 Дополнительная литература:**

1. Повгородцева, О. Н. Коррозия металлов и методы защиты от коррозии: учебное пособие / О. Н. Новгородцева, Н. А. Рогожников. — Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2019. — 219 с. — ISBN 978-5-7782-3843-5. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/99349.html> (дата обращения: 13.01.2020). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

2. Коррозия и защита металлических конструкций и оборудования: учебное пособие / М. И. Жарский, Н. П. Иванова, Д. В. Куис, Н. А. Свидуневич. — Минск: Вышэйшая школа, 2012. — 303 с. — ISBN 978-985-06-2029-3. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/20220.html> (дата обращения: 13.01.2020). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

### **7.3 Интернет-ресурсы:**

<http://elibrary.ru> - Научная электронная библиотека ELIBRARY.RU

<http://window.edu.ru/unilib> - ЕДИНОЕ ОКНО доступа к электронным библиотекам вузов России.

<http://znanium.com> — Электронно-библиотечная система «znanium.com»

<http://virtuallib.intuit.ru> – Виртуальная библиотека «ИНТУИТ»

## **8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю) (при необходимости):**

- Лицензионное ПО, в том числе отечественного производства:
  - платформа для электронного обучения Microsoft Teams
- Свободно распространяемое ПО, в том числе отечественного производства:
  - офисный пакет MS Office

## **9. Технические средства и материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

- Учебные аудитории для проведения лекций и практических занятий (аудитории для проведения занятий лекционного и семинарского типа должны быть оснащены мультимедийным оборудованием; помещения для самостоятельной работы обучающихся должны быть оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ТюмГУ).