

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»  
Химико-технологический институт

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по науке  
В.В. Кружаев  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2016 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА  
ТЕХНОЛОГИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

Перечень сведений об образовательной программе	Учетные данные
<b>Образовательная программа</b> Технология органических веществ	<b>Код ОП</b> 18.06.01
<b>Направление подготовки</b> Химическая технология	<b>Код направления и уровня подготовки</b> 18.06.01
<b>Уровень образования</b> Подготовка кадров высшей квалификации	
<b>Квалификация, присваиваемая выпускнику</b> Исследователь. Преподаватель - исследователь	<b>Реквизиты приказа Минобрнауки РФ об утверждении ФГОС ВО:</b> № 883 от 30.07.2014 г., изменения № 464 от 30.04.2015 г.
<b>ФГОС ВО</b>	

**СОГЛАСОВАНО**  
УПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ  
КАДРОВ ВЫСШЕЙ  
КВАЛИФИКАЦИИ

Екатеринбург  
2016

**Рабочая программа составлена авторами:**

№	ФИО	Ученая степень, ученое звание	Должность	Кафедра	Подпись
1	Бакулев В.А.	д.х.н., проф.	зав. кафедрой	технологии органического синтеза ХТИ	
2	Вараксин М.В.	к.х.н.	доцент	органической и биомолекулярной химии ХТИ	
3	Шабунина О.В.	к.х.н.	доцент	органической и биомолекулярной химии ХТИ	

**Рекомендована Учебно-методическим советом института**

Председатель учебно-методического совета  
ХТИ

А.Б. Даринцева

**Согласовано:**

Начальник ОПНПК

О.А. Неволлина

## 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЦИПЛИНЫ

Программа дисциплины составлена в соответствии с Федеральными государственными образовательными стандартами высшего образования (ФГОС ВО):

Шифр направления	Название направления/направленности	Реквизиты приказа Министерства образования и науки Российской Федерации об утверждении и вводе в действие ФГОС ВО	
		Дата	Номер приказа
18.06.01	Химическая технология / Технология органических веществ	30.07.2014 с изменениями от 30.04.2015	883 изменения 464

### Цели, задачи и место дисциплины в структуре учебной деятельности

Дисциплина «Технология органических веществ» относится к вариативной части ООП направления аспирантуры.

*Цели дисциплины:* Основной целью дисциплины является формирование у аспирантов профессиональных компетенций в области технологии органических веществ.

Изучение дисциплины предполагает выполнение *следующей задачи:*

- формирование знаний основных методов получения органических веществ, технологических принципах и аппаратурном оформлении процессов органического синтеза.

В результате изучения курса обучающийся должен:

*Знать:*

- методы синтеза органических соединений;
- основные закономерности и механизмы реакций в органической химии;
- общие принципы химико-технологических процессов органического синтеза;
- основные приемы оценки эффективности химико-технологических процессов, относящейся к производству органических веществ.

*Уметь:*

- планировать и реализовывать схему многостадийного органического синтеза,
- применять аналитические методы контроля технологических процессов и идентификации органических соединений;
- проводить структурную и параметрическую оптимизацию химико-технологических процессов;
- осуществлять подбор технологического оборудования.

*Владеть:*

- знаниями, необходимыми для разработки, проектирования, эксплуатации и совершенствования технологических процессов;
- правилами безопасной работы в технологической лаборатории и на производстве;
- методами оптимизации химико-технологических процессов;
- навыками работы с научной литературой с целью определения направления исследования и решения специализированных задач.

В результате освоения данной дисциплины аспирант должен овладеть следующими компетенциями:

**универсальными компетенциями (УК):**

- способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);
- способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки (УК-2);
- готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач (УК-3);

**общефессиональными компетенциями (ОПК):**

- способность и готовность к организации и проведению фундаментальных и прикладных научных исследований в области химических технологий (ОПК-1);
- владение культурой научного исследования в области химических технологий, в том числе с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий (ОПК-2);
- способность и готовность к использованию лабораторной и инструментальной базы для получения научных данных (ОПК-5);
- готовность к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования (ОПК-6).

**профессиональными компетенциями (ПК):**

**научно-исследовательская деятельность в области химической технологии:**

- 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) 05.17.04 Технология органических веществ (ПК-1);
- готовность представлять научные результаты по теме диссертационной работы в виде публикаций в рецензируемых научных изданиях, докладов на научных конференциях, рецензировать и редактировать научные статьи в области технологии органических веществ (ПК-2);
- способность и готовность осуществлять деятельность, направленную на подготовку и получение научных грантов и заключения контрактов по НИР в области в области технологии органических веществ (ПК-3).

**преподавательская деятельность по образовательным программам высшего образования:**

- способность и готовность к педагогической деятельности в области профессиональной подготовки в образовательных организациях высшего образования, дополнительного профессионального образования, профессиональных образовательных организациях (ПК-4);
- способность осуществлять разработку образовательных программ и учебно-методических материалов (ПК-5).

## Структура и распределение учебного времени

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е. / 108 час.

Наименования дисциплин, составляющих модуль	Семестр	Объем времени, отведенный на освоение дисциплин модуля						
		Аудиторные занятия час.				Самостоятельная работа час.	Аттестация по дисциплине (зачет, экзамен)	Всего час/з.е
		Всего	лекции	практические занятия	лабораторные работы			
Технология органических веществ	6	4	4			104	экзамен	108/3
Всего на освоение		4	4			104		108/3

### 2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ п/п	Наименование разделов и тем дисциплины	Содержание
P1	Теоретические основы органической химии и механизмы реакций органических соединений	<p>Определение понятия «механизм реакции». Факторы, от которых зависит осуществление элементарного акта между реагирующими частицами: электронные (возникновение реакционных центров) и пространственные (доступность реакционных центров).</p> <p>Классификация реагентов. Нуклеофильные, электрофильные и радикальные реагенты. Их особенности и основные типы.</p> <p>Классификация реакций. Классификация по химическому характеру (реакции замещения, присоединения, отщепления, молекулярные перегруппировки) и по характеру изменения связей.</p> <p>Реакции замещения. Общая характеристика. Особенности ароматических соединений. Правило Хюккеля. Ароматические карбокатионы и карбоанионы. Гетероциклические соединения.</p> <p>Электрофильное замещение; <math>\pi</math>- и <math>\sigma</math>-комплексы. Механизм и кинетика реакций электрофильного замещения.</p> <p>Ориентация при электрофильном замещении. Влияние заместителей на распределение электронной плотности в основном и переходном состояниях. Относительная константа скорости. Пространственное влияние заместителей.</p> <p>Нуклеофильное замещение. Особенности нуклеофильного замещения у ненасыщенного и насыщенного атомов углерода. Особенности реакций нуклеофильного замещения в ароматических соединениях.</p> <p>Механизм реакций - мономолекулярный, бимолекулярный (присоединение-отщепление), ариновый, ион-радикальный.</p> <p>Радикальное замещение. Механизм реакции. Влияние различных факторов. Соотношение изомеров. Образование и устойчивость радикалов. Радикальные реакции, протекающие по цепным механизмам.</p> <p>Реакции присоединения. Общая характеристика. Реакции нуклеофильного, электрофильного и радикального присоединения. Правило Марковникова и эффект Караша.</p> <p>Реакции отщепления (элиминирования). Общая характеристика. Бимолекулярное и мономолекулярное отщепление.</p>
P2	Методы получения органических соединений	<p>Галогенирование. Прямое галогенирование, основные методы и их сравнительная оценка. Использование галогенводородов, механизм и региоспецифичность реакции.</p> <p>Применение серо- и фосфорорганических галоидных соединений.</p>

Замена атома галогена на другие атомы и группы. Замена на гидроксильную группу, циан-группу и др.

Сульфирование. Введение сульфогруппы в алифатические и ароматические соединения. Сульфохлорирование. Сульфамиды, их получение и свойства. Сульфаниламидные препараты. Замена сульфогруппы на другие атомы и группы.

Нитрование. Введение нитрогруппы в алифатические и ароматические соединения. Реагенты, условия проведения реакции. Превращения нитрогруппы. Примеры использования реакции нитрования в синтезе биологически активных соединений.

Нитрозирование. Реагенты и условия проведения реакции. Применение реакции нитроирования, синтез пирамидона и анальгина. Нитрозирование по атому азота. Диазометан и диазопарафины.

Диазотирование. Механизм реакции и условия проведения. Свойства диазосоединений, их анализ. Реакции азосочетания. Использование реакций азосочетания. Превращения диазогруппы. Синтез пиразолонов. Дезаминирование, способ Грисса и новые модификации. Реакция Зандмейера. Замена диазогруппы на другие заместители.

Окисление. Общие закономерности. Реакции окисления по атому углерода. Окисление металлных и метиленовых групп до первичных и вторичных спиртов, альдегидов и кетонов, карбоновых кислот. Наиболее распространенные реагенты, условия проведения реакций. Реакции окисления и каталитического дегидрирования. Окисление кратных связей углерод-углерод. Реагенты для окисления двойных и тройных связей. Расщепление гликолей. Окислительное расщепление вторичных спиртов и кетонов.

Восстановление. Типы реакций восстановления. Гидрирование. Катализаторы, их получение и свойства. Гидрогенолиз. Образование новых связей при гидрировании.

Реакции восстановления в результате передачи гидрид-иона.

Нуклеофильные гидриды. Комплексные гидриды. Примеры восстановления. Восстановление с помощью металлорганических соединений. Реактивы Гриньяра. Восстановление под действием металлов (Na, Mg, Zn). Условия проведения реакций, механизм, стереохимия.

Окислительно-восстановительные реакции. Реакции Оппенгауэра—Мейервейна—Пондорфа. Условия проведения и механизм. Реакция Канниццаро—Тищенко.

Реакции элементоорганических соединений (ЭОС). Классификация ЭОС. Методы синтеза и свойства. Особенности магний-, цинк-, кадмий-, алюминий-, литийорганических соединений. Использование ЭОС в тонком органическом синтезе.

Ацилирование. Реакция Фриделя—Крафтса, условия проведения. Примеры использования в химии биологически активных соединений. Формилирование ароматических соединений.

Использование защитных групп в тонком органическом синтезе и химии биологически активных соединений. Защиты С-Н-связей в ацетиленовых и ароматических соединениях. Защита N-H связей. Образование новой N-C-связи. Производные уретанового синтеза. Алкильные и арильные производные. Силильные защиты. Защиты гидроксильной группы. Защиты карбоксильной группы. Способы получения различных эфиров, их устойчивость и методы деблокирования. Защита тиолов путем введения защитных групп за счет модификации сульфгидрильного заместителя. Методы защиты

		<p>альдегидов и кетонов. Защита кратных углерод-углеродных связей. Реакции конденсации. Типы реакций. Взаимодействие карбонильных соединений с С-Н-кислотами.</p> <p>Нуклеофильные и электрофильные перегруппировки. Образование положительного заряда на атоме углерода за счет поляризации двойной связи, отщепления галогена, гидроксила, диазогруппы. Положительный заряд на атоме азота, способы образования. Перегруппировки при образовании заряда на кислороде. Перегруппировки аллильного типа. Радикальные, нуклеофильные и электрофильные перегруппировки. Перенос остатка с углерод на углерод, с гетероатома на углерод.</p> <p>Использование новых реагентов в тонком органическом синтезе. Реагенты на полимерных носителях, их применение и преимущества. Примеры использования новых реагентов в химии природных соединений.</p>
Р3	Принципы технологии органического синтеза	<p>Основные направления развития органического синтеза (ОС) как отрасли. Специфика и системные закономерности этой отрасли. Экологическая характеристика отрасли и ее отдельных производств. Проблемы, стоящие перед отраслью органического синтеза. Общие подходы к созданию безотходных энергосберегающих производств и перспективы развития последних. Ключевые принципы, используемые при создании безотходных производств и их классификация.</p> <p>Химические принципы. Создание малостадийных химических производств. Разработка методов получения продуктов из доступного и дешевого сырья. Разработка высокоэффективных процессов. Применение «сопряженных» методов получения продуктов. Разработка технологий, позволяющих достигать высоких конверсий. Совмещение нескольких реакций, направленных на получение одного и того же целевого продукта.</p> <p>Технологические принципы. Использование рециркуляции по компонентам и потокам. Применение совмещенных процессов. Полнота выделения продуктов из реакционной смеси. Разработка процессов с низким энергопотреблением. Полнота использования энергии системы. Разработка технологии с минимальным расходом воды и использованием ее кругооборота. Полнота использования газовых потоков и очистка газовых выбросов. Применение аппаратов и технологических линий большой единичной мощности. Применение непрерывных процессов. Полнота использования жидких и твердых отходов. Высокая степень автоматизации. Обеспечение высокой надежности и стабильности работы химико-технологической системы.</p>
Р4	Физико-химические основы процессов органического синтеза	<p>Основы термодинамики химических процессов и фазовых равновесий. Термодинамические закономерности химических и фазовых равновесий для реальных многокомпонентных систем. Характеристические функции, химические потенциалы. Понятие активности и коэффициентов активности, методы их расчета и экспериментального определения для реальных газов и жидкостей (растворов). Принципы расчета фазовых и химических равновесий для реальных многокомпонентных систем и сложных реакций. Закон действия масс. Стехиометрический анализ сложных реакций. Степень завершенности реакции.</p> <p>Термодинамический анализ важнейших реакций органического синтеза (хлорирования, окисления, гидрирования и дегидрирования, гидратации и дегидратации, этерификации и гидролиза, карбонилирования и алкилирования и др.) и выбор условий их</p>

		<p>проведения.</p> <p>Математическое моделирование фазовых равновесий жидкость-пар, жидкость-жидкость, жидкость- жидкость-пар, жидкость-твердое тело. Явления азеотропии, хемиазеотропии и полиазеотропии.</p> <p>Предельные законы фазового равновесия (законы Рауля и Дальтона). Анализ статики многофазных реакционных систем с избирательным обменом с внешней средой. Основные понятия термодинамико-топологического анализа структура диаграмм фазового равновесия.</p> <p>Кинетика, механизм и катализ органических реакций. Активные частицы (промежуточные соединения) в органическом синтезе. Ионы, радикалы, карбены, ион-радикалы, комплексы металлов, металлоорганические соединения. Основы теории реакционной способности органических соединений. Связь кинетики с термодинамикой. Принцип Белла—Эванса—Поляни. Уравнения Бренстеда, Гаммета, Тафта, Поляни— Семенова. Правила отбора элементарных стадий при выдвигении гипотез о механизме реакций. Гетеролитические и гомолитические механизмы. Нуклеофильные и электрофильные реакции замещения, присоединения и отщепления в органическом синтезе. Кинетика и механизм этих реакций. Влияние среды. Кислотный и основной катализ в гетеролитических реакциях. Протонные и апротонные кислоты. Промышленные катализаторы. Механизм реакций и особенности кинетики процессов гидратации, дегидратации, алкилирования, полимеризации, гидролиза, этерификации, крекинга.</p> <p>Радикально-цепные процессы в промышленном органическом синтезе. Механизм, инициаторы, катализаторы, ингибиторы. Кинетические модели реакций хлорирования, окисления, пиролиза и полимеризации.</p> <p>Металлокомплексный катализ в промышленном органическом синтезе. Строение комплексов металлов. Природа и механизм основных стадий каталитических реакций с участием металлокомплексов.</p> <p>Особенности кинетики реакций в случае металлокомплексного катализа. Катализаторы и механизм реакции карбонилирования метанола, процесса оксосинтеза, процессов окисления олефинов кислородом и гидропероксидами, процессов гидрирования и полимеризации, метатезиса олефинов.</p> <p>Гетерогенный катализ в промышленном органическом синтезе.</p>
P5	Химические реакторы для процессов органического синтеза	<p>Идеальные реакторы. Основные модели реальных реакторов. Экспериментальное определение структуры потоков и набор моделей химического реактора. Классификация химических реакторов. Особенности использования кинетических моделей химического процесса при построении математических моделей реактора. Принципы расчета размеров реакторов, состава продуктов и селективности по кинетическим данным с учетом модели реактора и уравнений теплового баланса.</p> <p>Выбор типов реакторов с учетом их производительности, селективности реакций, тепловых и кинетических характеристик процесса. Принципы оптимизации параметров процесса по термодинамическим и кинетическим данным, использование экономических критериев оптимальности. Характеристика конструкций, материальных потоков, теплового режима и выбор варианта технологического оформления реакционного узла для основных гомогенных, гетерогенно-каталитических и гетерофазных процессов промышленного органического синтеза. Применение реакторов с псевдооживленным слоем контакта, секционированных</p>



		аппаратов, оптимизация потоков в реакторах. Вопросы утилизации тепла реакций и горячих потоков, энергетический и эксергетический КПД реакторных установок. Реакторы с совмещением химического и разделительного процессов.
P6	Теоретические основы и практика использования разделительных и реакционно-массообменных процессов в промышленности органического синтеза	<p>Научные основы типовых методов очистки сырья от вредных примесей и его осушки. Особенности схем подготовки сырья на примере процессов хлорирования, окисления, гидрирования и др.</p> <p>Научные основы разделения реальных многокомпонентных смесей методами ректификации, экстракции, экстрактивной и азеотропной ректификации, жидкостной экстракции, абсорбции, адсорбции, хемосорбции и др.</p> <p>Сравнительная оценка и выбор методов разделения многокомпонентных смесей, технологических схем разделения и аппаратуры для них. Оптимизация процессов разделения и технологических схем. Понятие разделительного комплекса функционального действия.</p> <p>Применение анализа статики для выделения оптимальных вариантов организации реакционно-ректификационных процессов.</p> <p>Методы очистки сточных вод, отходящих газов в промышленности органического синтеза.</p>
P7	Применение ЭВМ при создании, проектировании и управлении производством	<p>Математическое описание процессов химического превращения, кинетических моделей. Математические модели химических реакторов. Расчет их параметров с помощью ЭВМ.</p> <p>Математическое моделирование фазовых равновесий жидкость-пар, жидкость-жидкость, жидкость- жидкость-пар, в том числе с химической реакцией.</p> <p>Моделирование с помощью ЭВМ различных массообменных аппаратов, технологических комплексов. Основы моделирования совмещенных реакционно-ректификационных процессов и аппаратов для их осуществления.</p> <p>Роль ЭВМ в автоматизации исследований и проектировании технологических установок, а также в управлении ими.</p>
P8	Перспективы развития промышленности органического синтеза	<p>Основные концепции развития промышленности органического синтеза. Пути экономии материальных, энергетических и людских ресурсов, снижение капитальных затрат. Решение задач по охране окружающей среды и технике безопасности. Различные способы совмещения, позволяющие решить эти вопросы. Широкое использование принципов создания безотходных технологий при разработке промышленных процессов органического синтеза.</p> <p>Историческое развитие, современное состояние, перспективы и пути совершенствования основных процессов органического синтеза на базе исследования общесистемных закономерностей и методы повышения их экономической эффективности.</p>

### 3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА УЧЕБНОГО ВРЕМЕНИ ДИСЦИПЛИНЫ ПО ТЕМАМ И ВИДАМ РАБОТ

Код раздела, темы	Тема, раздел дисциплины	Объем учебного времени, отведенный на освоение дисциплины з.е./час					
		Аудиторные занятия				Самостоятельная работа	Всего по разделам
		всего	в т.ч. лекции	в т.ч. семинар/ практ. занятия	в т.ч. лаб. раб		
P1	Теоретические основы органической химии и механизмы реакций органических соединений	0,5	0,5			13	13,5
P2	Методы получения органических соединений	0,5	0,5			13	13,5
P3	Принципы технологии органического синтеза	0,5	0,5			13	13,5
P4	Физико-химические основы процессов органического синтеза	0,5	0,5			13	13,5
P5	Химические реакторы для процессов органического синтеза	0,5	0,5			13	13,5
P6	Теоретические основы и практика использования разделительных и реакционно-массообменных процессов в промышленности органического синтеза	0,5	0,5			13	13,5
P7	Применение ЭВМ при создании, проектировании и управлении производством	0,5	0,5			13	13,5
P8	Перспективы развития промышленности органического синтеза	0,5	0,5			13	13,5
Итого по дисциплине		4	4	0	0	104	108

### 4. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНИВАНИЮ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Объективная оценка уровня соответствия результатов обучения требованиям к освоению ОП обеспечивается системой разработанных критериев (показателей) оценки освоения знаний, сформированности умений и опыта выполнения профессиональных задач.

Компоненты компетенций	Признаки уровня освоения компонентов компетенций		
	пороговый	повышенный	высокий
Знания	Аспирант демонстрирует знание-знакомство, знание-копию: узнает объекты, явления и понятия, находит в них различия, проявляет знание источников получения информации, может осуществлять самостоятельно	Аспирант демонстрирует аналитические знания: уверенно воспроизводит и понимает полученные знания, относит их к той или иной классификационной группе, самостоятельно систематизирует их,	Аспирант может самостоятельно извлекать новые знания из окружающего мира, творчески их использовать для принятия решений в новых и нестандартных ситуациях.

	репродуктивные действия над знаниями путем самостоятельного воспроизведения и применения информации.	устанавливает взаимосвязи между ними, продуктивно применяет в знакомых ситуациях.	
Умения	Аспирант умеет корректно выполнять предписанные действия по инструкции, алгоритму в известной ситуации, самостоятельно выполняет действия по решению типовых задач, требующих выбора из числа известных методов, в предсказуемо изменяющейся ситуации	Аспирант умеет самостоятельно выполнять действия (приемы, операции) по решению нестандартных задач, требующих выбора на основе комбинации известных методов, в непредсказуемо изменяющейся ситуации	Аспирант умеет самостоятельно выполнять действия, связанные с решением исследовательских задач, демонстрирует творческое использование умений (технологий)
Личностные качества	Аспирант имеет низкую мотивацию учебной деятельности, проявляет безразличное, безответственное отношение к учебе, порученному делу	Аспирант имеет выраженную мотивацию учебной деятельности, демонстрирует позитивное отношение к обучению и будущей трудовой деятельности, проявляет активность.	Аспирант имеет развитую мотивацию учебной и трудовой деятельности, проявляет настойчивость и увлеченность, трудолюбие, самостоятельность, творческий подход.

## 5. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

**Примерный перечень контрольных вопросов для подготовки к аттестации по дисциплине (проверяемые компетенции УК-1, УК-2, УК-3, ОПК-1, ОПК-2, ОПК-5, ОПК-6, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-5):**

- Классификация реагентов. Нуклеофильные, электрофильные и радикальные реагенты.
- Классификация реакций по химическому характеру (реакции замещения, присоединения, отщепления, молекулярные перегруппировки) и по характеру изменения связей.
- Электрофильное замещение;  $\pi$  - и  $\sigma$  -комплексы. Механизм и кинетика реакций электрофильного замещения.
- Нуклеофильное замещение. Особенности нуклеофильного замещения у ненасыщенного и насыщенного атомов углерода.
- Радикальное замещение. Механизм реакции. Влияние различных факторов. Соотношение изомеров. Образование и устойчивость радикалов. Радикальные реакции, протекающие по цепным механизмам.
- Реакции присоединения. Общая характеристика. Реакции нуклеофильного, электрофильного и радикального присоединения.
- Галогенирование. Прямое галогенирование, основные методы и их сравнительная оценка. Использование галогенводородов, механизм и региоспецифичность реакции.
- Окисление. Общие закономерности. Реакции окисления по атому углерода. Окисление металлических и метиленовых групп до первичных и вторичных спиртов, альдегидов и кетонов, карбоновых кислот.
- Восстановление. Типы реакций восстановления. Гидрирование. Катализаторы, их получение и свойства.

- Реакции элементоорганических соединений (ЭОС). Классификация ЭОС. Методы синтеза и свойства.
- Реакции конденсации. Типы реакций. Взаимодействие карбонильных соединений с С-Н-кислотами.
- Гетеролитические и гомолитические механизмы. Нуклеофильные и электрофильные реакции замещения, присоединения и отщепления в органическом синтезе.
- Сульфирование. Введение сульфогруппы в алифатические и ароматические соединения.
- Нитрование. Введение нитрогруппы в алифатические и ароматические соединения.
- Основные направления развития органического синтеза (ОС) как отрасли.
- Общие подходы к созданию безотходных энергосберегающих производств и перспективы развития последних.
- Основы термодинамики химических процессов и фазовых равновесий.
- Металлокомплексный катализ в промышленном органическом синтезе.
- Идеальные реакторы. Основные модели реальных реакторов.
- Основные концепции развития промышленности органического синтеза.
- Решение задач по охране окружающей среды и технике безопасности.

## **6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

### **6.1. Рекомендуемая литература**

#### **6.1.1. Основная литература**

1. Э. Преч, Ф. Бюльманн, К. Аффольтер. Определение строения органических соединений. М.: Мир, 2009. 440 с.
2. Л. Титце, Т. Айхер. Препаративная органическая химия. Реакции и синтезы в практикуме органической химии и научно-исследовательской лаборатории. М.: Мир, 2009. 566 с.
3. Ю. А. Пентин, Л. В. Вилко. Физические методы исследования в химии. М.: Мир, 2009. 688 с.
4. И. И. Грандберг, Н. Л. Нам. Органическая химия. М.: Юрайт, 2012. 608 с.
5. И. И. Грандберг, Н. Л. Нам. Практические работы и семинарские занятия по органической химии. М.: Юрайт, 2012. 352 с.
6. О.А. Реутов, А.Л. Курц, К. П. Бутин. Органическая химия. В 4 частях. Часть 1. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. 568 с.
7. О. А. Реутов, А. Л. Курц, К. П. Бутин. Органическая химия. В 4 частях. Часть 2. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. 624 с.
8. О. А. Реутов, А. Л. Курц, К. П. Бутин. Органическая химия. В 4 частях. Часть 3. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. 544 с.
9. О. А. Реутов, А. Л. Курц, К. П. Бутин. Органическая химия. В 4 частях. Часть 4. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. 728 с.
10. И. В. Боровлев. Органическая химия. Термины и основные реакции. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. 360 с.
11. В. Смит. Основы современного органического синтеза: Учебное пособие. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. 750 с.

#### **6.1.2. Дополнительная литература**

1. Ингольд К. Теоретические основы органической химии. М.: Мир, 1973.
2. Марч Дж. Органическая химия, Т. 1-4. М.: Мир, 1987.
3. Реутов О.А., Курц А.Л., Бутин К.П. Органическая химия. Ч. 1-4. М.: Изд-во МГУ, 1999.
4. Кери Ф., Сандберг Р. Углубленный курс органической химии. Кн. 1, 2. М.: Химия, 1981.
5. Сайкс П. Механизмы реакций в органической химии. Вводный курс. М.: Химия, 2000.
6. Джилкрист Т.Л. Химия гетероциклических соединений. М.: Мир, 1996.
7. Минкин В.И., Симкин Б.Я., Миняев Р.М. Теория строения молекул. Ростов-на-Дону: Феникс, 1997.

9. Потапов В.М. Стереохимия. М.: Химия, 1988.
10. Титце Л., Айхер Т. Препаративная органическая химия. Реакции и синтезы в практикуме органической химии и научно-исследовательской лаборатории. М.: Мир, 1999.
11. Органикум: Практикум по органической химии / Г. Беккер, В. Бергер и др. Т. 1, 2. М.: Мир, 1992.

### 6.1.3. Методические разработки

1. Основы теоретических представлений в органической химии. Кожевников Д.Н., Русинов В.Л., Чупахин О.Н., Уломский Е.Н. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2001. 36 с.
2. Интерактивное методическое пособие «Определение строения органических соединений с использованием методов ЯМР спектроскопии», опубликованное на сайте ХТФ УГТУ-УПИ (<http://www.htf.ustu.ru/method/NMR-test>).
3. Носова Э.В. Органическая химия веществ природного происхождения (учебное пособие). Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2008. 259 с.
4. Понизовский М.Г., Русинова Л.И. Органическая химия. Часть 1. Углеводороды (учебное пособие). Екатеринбург: УрФУ, 2010. 172 с.
5. Понизовский М.Г., Русинова Л.И., Носова Э.В., Русинов В.Л. Химия гетероциклических соединений (учебно-методический комплекс) (элект.)/  
[http://study.ustu.ru/umk/umk\\_view.asp?id=8041](http://study.ustu.ru/umk/umk_view.asp?id=8041). 2009. 1173 с.
6. Понизовский М.Г., Русинова Л.И. Органическая химия. Часть 2. Функциональные производные углеводородов (учебное пособие). Екатеринбург: УрФУ, 2010. 180 с.
7. Носова Э.В. Методы установления механизмов органических реакций (учебное пособие). Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2010. 114 с.
8. Хроматографические методы анализа: методические указания к лабораторному практикуму. И.С. Ковалев. Екатеринбург: УрФУ, 2010. 29 с.
9. Электронная абсорбционная и люминесцентная спектроскопия. Теория и практика: учебно-методическая разработка. Д.Н. Кожевников, А.М. Прохоров. Екатеринбург: УрФУ, 2010. 41 с.
10. Бельская Н.П., Ельцов О.С., Понизовский М.Г. Ядерный магнитный резонанс. Теория и практика (часть 1). Издательство УрФУ. 2012. 105с.

### 6.2. Электронные образовательные ресурсы

Зональная научная библиотека <http://lib.urfu.ru>

Каталоги библиотеки <http://lib.urfu.ru/course/view.php?id=76>

Электронный каталог <http://opac.urfu.ru>

Электронно-библиотечные системы <http://lib.urfu.ru/mod/resource/view.php?id=2330>

Электронные ресурсы свободного доступа <http://lib.urfu.ru/course/view.php?id=75>

Электронные ресурсы по подписке <http://lib.urfu.ru/mod/data/view.php?id=1379>

### 6.3. Программное обеспечение

Microsoft office (Word, Excel, Power point)

Adobe Reader

Пакет программ для научных исследований MATCAD.

### 6.4. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>;

Web of Science: <http://apps.webofknowledge.com>;

Scopus: <http://www.scopus.com>;

Reaxys: <http://reaxys.com>

Поисковая система EBSCO Discovery Service <http://lib.urfu.ru/course/view.php?id=141>

Федеральный институт промышленной собственности <http://www1.fips.ru>

Интеллектуальная поисковая система Нигма.РФ . режим доступа: <http://www.nigma.ru>

## **7. УЧЕБНО-МАТЕРИАЛЬНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Уральский федеральный университет имеет специальные помещения для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы и помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования. Специальные помещения укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления информации большой аудитории.

Уральский федеральный университет имеет материально-техническое обеспечение, необходимое для реализации программы аспирантуры, обеспечения дисциплин (модулей), научно-исследовательской работы и практик, в соответствии с требованиями к материально-техническому и учебно-методическому обеспечению направленности программы.

## ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ В ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Номер листа изменений	Номер протокола	Дата заседания	Всего листов в документе	Подпись ответственного за внесение изменений