

МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ  
ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ЛУГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ЛГПУ»)

Институт естественных наук

Кафедра химии и биохимии

УТВЕРЖДАЮ

Директор Института  
естественных наук

С.Ю. Гаврик

20 25 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Тонкий органический синтез новых препаратов для медицины и биологии

По направлению подготовки 04.04.01 Химия

Программа магистратуры Биохимия

Квалификация выпускника магистр

Форма обучения очная

Курс 1

Луганск, 2025

Рабочая программа учебной дисциплины является частью основной профессиональной образовательной программы для подготовки магистров по направлению подготовки 04.04.01 Химия и программе магистратуры Биохимия очной формы обучения.

Рабочая программа учебной дисциплины разработана в соответствии с ФГОС ВО – магистратура по направлению подготовки 04.04.01 Химия, утвержденным приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 13 июля 2017 г. № 655 (с изменениями и дополнениями), Профессиональным стандартом, утвержденным Приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации «Об утверждении профессионального стандарта» от 18 октября 2013 г. № 544н (с изменениями и дополнениями) и Профессиональным стандартом, утвержденным Приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации «Об утверждении профессионального стандарта» от 4 марта 2014 г. № 121н (с изменениями и дополнениями).


**СОСТАВИТЕЛЬ:**

доцент кафедры химии и биохимии ФГБОУ ВО «ЛГПУ», доктор педагогических наук,  
доцент Полупаненко Елена Геннадиевна.

Утверждена на заседании кафедры химии и биохимии  
Протокол от «10» сентября 2015 г. № 6  
Заведующий кафедрой химии и биохимии

 В.Д. Дяченко

Одобрена на заседании учебно-методической комиссии Института естественных наук  
Протокол от «13» сентября 2015 г. № 6  
Председатель учебно-методической комиссии  
Института естественных наук

 С.Н. Несторенко

**СОГЛАСОВАНО:**

директор Департамента образования

 В.В. Савенков

## Структура и содержание дисциплины

### 1. Цели и задачи учебной дисциплины

Цели изучения дисциплины: углубление знаний магистранта в области тонкого органического синтеза, его стратегии и тактики, построению скелета молекулы, введению и защите функциональных групп.

Задачи изучения дисциплины: формирование у магистрантов правильного представления об использовании современных химических реагентов и методов в тонком органическом синтезе.

### 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Учебная дисциплина «Тонкий органический синтез новых препаратов для медицины и биологии» входит в (Б1.В.ДВ.01.01) часть, формируемую участниками образовательных отношений, дисциплин подготовки студентов.

Необходимыми условиями для освоения дисциплины являются: знания общей и неорганической химии, физической и органической химии, а также умения прослушивать и осмысливать лекционный материал, навыки решения задач в ходе выполнения индивидуальных заданий по основным разделам курса.

Содержание дисциплины является логическим продолжением содержания дисциплин неорганическая, органическая, физическая химия и служит основой для освоения дисциплины «Анализ органических веществ» и «Современные тенденции развития органического синтеза».

### 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Код по ФГОС ВО	Индикатор достижения	Результаты обучения по дисциплине
Профессиональные		
ПК-1. Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках	ПК-1.1. Составляет общий план исследования и детальные планы отдельных стадий ПК-1.2. Выбирает экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов	Знает: - теоретические основы органического синтеза; - методы генерации углерод-углеродных и других химических связей; умеет: - планировать синтез сложного органического вещества; владеет навыками: - защиты функциональных групп при проведении синтеза.

#### 4. Структура и содержание учебной дисциплины

##### 4.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Объем часов / зачетных единиц	
	Очная форма	Очно-заочная форма / Заочная форма
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>90</b>	
<b>Обязательная аудиторная нагрузка (всего часов), в том числе:</b>	<b>(2,5 зач. ед)</b>	
Лекции	10	
Семинарские занятия		
Практические занятия	20	
Лабораторные работы		
Курсовая работа / курсовой проект		
Другие формы организации учебного процесса (контрольные работы, индивидуальные занятия, консультации и др.)		
<b>Самостоятельная работа студента (всего часов)</b>	<b>60</b>	
Форма аттестации	зачет	

#### 4. Структура и содержание дисциплины

##### 4.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Объем часов (зач. ед.)	
	Очная форма	Заочная форма
<b>Общая учебная нагрузка (всего)</b>	<b>90</b>	-
	<b>(2,5 зач. ед)</b>	
<b>Обязательная аудиторная учебная нагрузка (всего)</b>	<b>40</b>	-
<b>в том числе:</b>		
Лекции	10	-
Семинарские занятия	-	-
Практические занятия (в том числе интерактив)	30	-
Лабораторные работы	-	-
Контрольные работы (модули)	-	-
КСР	-	-
Курсовая работа (курсовой проект)	-	-
Другие формы и методы организации образовательного процесса ( <i>групповые дискуссии, ролевые игры, тренинг, компьютерные симуляции, интерактивные лекции, семинары, анализ деловых ситуаций и т.п.</i> )	-	-
<b>Самостоятельная работа студента (всего)</b>	<b>50</b>	-
Итоговая аттестация	зачет	-

##### 4.2. Содержание разделов дисциплины

**Тема 1. Тонкий органический синтез.** Введение. Цели тонкого органического синтеза. Проблема селективности органических реакций.

**Тема 2. Построение углеродного скелета молекулы.** Варьирование реагентов как способ управления селективностью реакции. Избирательная активация альтернативных реакционных центров субстрата. Электрофилы и нуклеофилы. Реакции ионов. Расчленение и синтоны. Донорные и акцепторные синтоны. Синтетические эквиваленты. Стабилизация органических ионов.

Принципы сборки C–C -связи. Электрофильные азот-углеродные реагенты. Реакция Манниха, Вильсмейера-Хака-Арнольда. Электрофильные алкены. Взаимодействие карбонильных соединений с нуклеофилами.  $\beta$ -Ненасыщенные карбонильные соединения. Карбены. Присоединение карбенов к алканам и алкенам.

Металлоорганические соединения. Органические соединения цинка, кадмия и магния. Органические соединения меди. Диалкиллитийкупраты. Реакция Ульмана. Взаимодействие этиленовых производных с иодаренами (реакция Хека). Реакции терминальных алкинов и их металлопроизводных. Взаимодействие терминальных алкинов с карбонильными соединениями, ацилхлоридами, иодалкенами и галогенаренами. Ацетиленовая конденсация (варианты Кастро, Саногашеры, Шварцберга). Димеризация алкинов и алканов. Удлинение углеродной цепи.

Активные метиленовые соединения, образующие стабилизированные карбанионы. Синтезы на основе ацетоуксусного и малонового эфиров. Реакции Штоббе, Кневенагеля, Дебнера.

Алкилирование и ацилирование соединений стабилизированных одной электроноакцепторной группой.  $\alpha$ -Алкилирование альдегидов и кетонов. Конденсация альдегидов и кетонов. Альдольная конденсация. Смешанная конденсация. Присоединение карбанионов к сопряженным структурам. Реакция Михаэля.

Не стабилизированные и стабилизированные илиды. Реакция Виттига, стерический контроль в реакции Виттига. 1,3-ди- и 1,3,5-третианы, реагенты для обращения полярности реакционного центра.

Алкены, арены и гетероарены в роли нуклеофилов. Реакции ацилирования и алкилирования по Фриделю-Крафтсу. Хлорметилирование. Алкилирование енаминов. Реакция Гаттермана и Гаттермана-Коха.

**Тема 3. Построение циклических структур.** Внутримолекулярная циклизация. Реакция Дикмана. Переходное состояние при внутримолекулярной циклизации. Правила Болдуина. Реакция Михаэля с внутримолекулярной конденсацией. Образование ароматических циклов. Бензол, нафталин, фенантрен, антрацен, пирен, тетрацен, пентацен. Образование средних и больших циклов. Реакция Торпа-Циглера, ацилоиновая конденсация.

Перициклические реакции. Отличительные особенности этого типа реакций. Граничные орбитали. Симметрия орбиталей. Реакции контролируемые симметрией орбиталей. Правила Вудварда-Гофмана.

Электроциклические реакции. Реакции, инициируемые нагреванием и светом. Стереоспецифичность электроциклических реакций. Конротаторное и дисротаторное вращение орбиталей. Факторы, определяющие электроциклические реакции: условия проведения реакции, структура  $\pi$ -электронной системы, направление замыкания цикла.

Реакции циклоприсоединения. Стереохимия реакций циклоприсоединения. Понятия супраповерхностного и антраповерхностного процессов. Реакция Дильса-Альдера: механизм реакции Дильса-Альдера. Региоселективность реакции Дильса-Альдера. Диенофилы с напряжением в цикле. Синтез Дильса-Альдера с раскрытием цикла в аддукте. Обращение цикла.

Перегруппировки. 1,2-Миграция. Сокращение цикла. Образование циклобутена. Синтез бициклодомасценона. Использование перегруппировки Бекмана в синтезе пумилиотоксина. Применение реакции Рамберга-Беклунда в синтезе циклических диенов. Получение малых циклов с использованием перегруппировки.

**Тема 4. Ретросинтетический анализ.** Реакции присоединения в ретросинтетическом анализе. Симметризирующий ретросинтез. Окислительный ретросинтез.

Защита функциональных групп в органическом синтезе.

#### 4.3. Лекции

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1	Введение. Цели тонкого органического синтеза. Проблема селективности органических реакций. Варьирование реагентов как способ управления селективностью реакции. Электрофилы и нуклеофилы. Принципы сборки C—C -связи. Электрофильные азот-углеродные реагенты. Реакция Манниха, Вильсмейера-Хака-Арнольда. Электрофильные алкены. Металлоорганические соединения. Органические соединения цинка, кадмия и магния. Органические соединения меди.	2	
2	Активные метиленовые соединения,	2	

	образующие стабилизированные карбанионы. Синтезы на основе ацетоуксусного и малонового эфиров. Реакции Штоббе, Кневенагеля, Дебнера.		
3	Альдольная конденсация. Смешанная конденсация. Присоединение карбанионов к сопряженным структурам. Реакция Михаэля. Не стабилизированные и стабилизированные илиды. Реакция Виттига, стерический контроль в реакции Виттига. Внутримолекулярная циклизация. Реакция Дикмана. Правила Болдуина. Образование ароматических циклов.	2	
4	Образование средних и больших циклов. Реакция Торпа-Циглера, ацилоиновая конденсация. Электроциклические реакции. Реакции, инициируемые нагреванием и светом. Стереоспецифичность электроциклических реакций. Реакции циклоприсоединения. Реакция Дильса-Альдера: механизм реакции Дильса-Альдера.	2	
5	Перегруппировки. 1,2-Миграция. Сокращение цикла. Использование перегруппировки Бекмана. Применение реакции Рамберга-Беклунда в синтезе циклических диенов. Реакции присоединения в ретросинтетическом анализе. Защита функциональных групп в органическом синтезе.	2	
<b>Итого:</b>		<b>10</b>	

**4.4. Практические (семинарские) занятия не предусмотрены учебным планом.**

#### **4.4. Лабораторные занятия**

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1	Введение. Цели тонкого органического синтеза. Проблема селективности органических реакций.	2	
2	Варьирование реагентов как способ управления селективностью реакции.	2	

	Электрофилы и нуклеофилы.		
3	Принципы сборки С–С -связи. Электрофильные азот-углеродные реагенты. Реакция Манниха, Вильсмейера-Хака-Арнольда. Электрофильные алкены.	2	
4	Металлоорганические соединения. Органические соединения цинка, кадмия и магния. Органические соединения меди.	2	
5	Реакция Ульмана. Взаимодействие этиленовых производных с иодаренами (реакция Хека). Реакции терминальных алкинов и их металлопроизводных.	2	
6	Активные метиленовые соединения, образующие стабилизированные карбанионы. Синтезы на основе ацетоуксусного и малонового эфиров. Реакции Штоббе, Кневенагеля, Дебнера.	2	
7	Альдольная конденсация. Смешанная конденсация. Присоединение карбанионов к сопряженным структурам. Реакция Михаэля. Не стабилизированные и стабилизированные илиды. Реакция Виттига, стерический контроль в реакции Виттига.	2	
8	Внутримолекулярная циклизация. Реакция Дикмана. Правила Болдуина. Образование ароматических циклов. Образование средних и больших циклов. Реакция Торпа-Циглера, ацилоиновая конденсация. Электроциклические реакции. Реакции, инициируемые нагреванием и светом. Стереоспецифичность электроциклических реакций.	2	
9	Реакции циклоприсоединения. Реакция Дильса-Альдера: механизм реакции Дильса-Альдера. Перегруппировки. 1,2-Миграция. Сокращение цикла.	2	
10	Использование перегруппировки Бекмана. Применение реакции Рамберга-Беклунда в синтезе циклических диенов. Реакции присоединения в	2	



	ретросинтетическом анализе. Защита функциональных групп в органическом синтезе.		
<b>Итого:</b>		<b>20</b>	

#### 4.6. Самостоятельная работа студентов

№ п/п	Название темы	Вид СРС	Объем часов	
			Очная форма	Заочная форма
1	Введение. Цели тонкого органического синтеза. Проблема селективности органических реакций.	выполнение домашнего задания	4	
2	Варьирование реагентов как способ управления селективностью реакции. Электрофилы и нуклеофилы.	выполнение домашнего задания	4	
3	Принципы сборки С–С-связи. Электрофильные азот-углеродные реагенты. Реакция Манниха, Вильсмейера-Хака-Арнольда. Электрофильные алкены.	выполнение домашнего задания	4	
4	Металлоорганические соединения. Органические соединения цинка, кадмия и магния. Органические соединения меди.	выполнение домашнего задания	4	
5	Реакция Ульмана. Взаимодействие этиленовых производных с иодаренами (реакция Хека). Реакции терминальных алкинов и их	выполнение домашнего задания	4	

	металлопроизводных.			
6	Активные метиленовые соединения, образующие стабилизированные карбанионы. Синтезы на основе ацетоуксусного и малонового эфиров. Реакции Штоббе, Кневенагеля, Дебнера.	выполнение домашнего задания	2	
7	Альдольная конденсация. Смешанная конденсация. Присоединение карбанионов к сопряженным структурам. Реакция Михаэля.	выполнение домашнего задания	2	
8	Не стабилизированные и стабилизированные илиды. Реакция Виттига, стерический контроль в реакции Виттига.	выполнение домашнего задания	2	
9	Внутримолекулярная циклизация. Реакция Дикмана. Правила Болдуина. Образование ароматических циклов.	выполнение домашнего задания	2	
10	Образование средних и больших циклов. Реакция Торпа-Циглера, ацилоиновая конденсация.	выполнение домашнего задания	2	
11	Электроциклические реакции. Реакции, инициируемые нагреванием и светом. Стереоспецифичность электроциклических реакций.	выполнение домашнего задания	6	
12	Реакции	выполнение	6	

	циклоприсоединения. Реакция Дильса-Альдера: механизм реакции Дильса-Альдера.	домашнего задания		
13	Перегруппировки. 1,2-Миграция. Сокращение цикла.	выполнение домашнего задания	6	
14	Использование перегруппировки Бекмана. Применение реакции Рамберга-Беклунда в синтезе циклических диенов.	выполнение домашнего задания	6	
15	Реакции присоединения в ретросинтетическом анализе. Защита функциональных групп в органическом синтезе.	выполнение домашнего задания	6	
<b>Итого</b>			<b>60</b>	

#### 4.7. Курсовые работы / проекты не предусмотрены

### 5. Методическое обеспечение, образовательные технологии.

С целью формирования и развития профессиональных навыков будущих преподавателей химии используются инновационные образовательные технологии при реализации различных видов аудиторной работы в сочетании с внеаудиторной. А именно, *информационные технологии*: использование электронных образовательных ресурсов (электронный конспект, размещенный во внутренней сети или т.п.) при подготовке к лекциям, практическим и лабораторным занятиям. *Работа в команде*: совместная работа студентов в группе при выполнении лабораторных работ, выполнении групповых проектов. Эти образовательные технологии и методы направлены на повышение качества подготовки путем развития у обучающихся способностей к самообразованию и нацелены на активацию и реализацию личностного потенциала.

Овладение студентами методикой передовых педагогических технологий – одна из важнейших задач курса. Каждый студент в течение всего курса дисциплины выполняет задания в соответствии с программой. Перед моделированием определенного вида деятельности студент предъявляет преподавателю конспект задания, подготовленный студентом в ходе самостоятельной работы. В качестве приоритета в оценивании учебных

достижений студента по дисциплине устанавливается компетенции, показанные в ходе моделирования деятельности преподавателя.

## **6. Формы контроля освоения дисциплины.**

Текущая аттестация студентов производится в дискретные временные интервалы лектором и преподавателем(ями), ведущими лабораторные работы по дисциплине в следующих формах: выполнение и защита лабораторных работ; отчеты о самостоятельной работе.

Промежуточный контроль по результатам освоения дисциплины проходит в форме письменного зачета.

Система оценивания учебных достижений студентов, оценочные средства представлены в фонде оценочных средств к рабочей программе учебной дисциплины (приложении).

## **7. Учебно-методическое и программно-информационное обеспечение дисциплины**

### **а) основная литература:**

1. Бухаров С.В. Химия и технология продуктов тонкого органического синтеза : учебное пособие / Бухаров С.В., Нугуманова Г.Н.. — Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2013. — 267 с. — ISBN 978-5-7882-1436-8. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/63548.html>
2. Илалдинов И.З. Теория химико-технологических процессов органического синтеза : учебное пособие / Илалдинов И.З., Гаврилов В.И.. — Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2012. — 144 с. — ISBN 978-5-7882-1237-1. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/62305.html>
3. Климентова Г.Ю. Основы технологии органического синтеза. Часть 2 : учебно-методическое пособие / Климентова Г.Ю., Журавлева М.В.. — Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2010. — 91 с. — ISBN 978-5-7882-0960-9. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/62532.html>
4. Методы анализа продуктов органического синтеза : учебное пособие / С. А. Знойко, Т. В. Тихомирова, В. Е. Майзлиш, Г. П. Шапошников. — Иваново : ИГХТУ, 2018. — 151 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/127519>
5. В.А. Смит, А.Ф. Бочков, Р. Кейпл. Органический синтез наука и искусство. Москва. «Мир». –2001.-573 с.

**б) дополнительная литература:**

1. П. Ласло. Логика органического синтеза. М.: Мир. – 1998. Т. 1,2.
2. Вейганд-Хильгетаг. Методы эксперимента в органической химии. М.: «Химия». 1968, - 944 с.
3. Р.П. Евстигнеева. Тонкий органический синтез. Учебное пособие. — М. : Химия, 1991. — 184 с.
4. Г.Л. Мищенко, К.В. Вацуро. Синтетические методы органической химии. М.; «Химия».-1982. – 440с.

**в) Интернет-ресурсы:**

1. Интернет-портал фундаментального химического образования России. URL: [www.chem.msu.ru](http://www.chem.msu.ru).
2. Научно-популярный портал. URL: [www.elementy.ru](http://www.elementy.ru).
3. Химический Интернет-портал. URL: [www.chemport.ru](http://www.chemport.ru).

**8. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Лекционные занятия: комплект электронных презентаций, аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, ноутбук).

Лабораторные работы: лаборатория органической и биоорганической химии, оснащенная доской, таблицами, химическими реактивами, лабораторной посудой, необходимым оборудованием.

Прочее: рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет.