

**Учреждение образования**  
**«Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины»**

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по учебной работе  
УО «ГГУ им. Ф. Скорины»

\_\_\_\_\_ И.В. Семченко  
(подпись)

\_\_\_\_\_  
(дата утверждения)

Регистрационный № УД- \_\_\_\_\_ /р.

**ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ**

**Учебная программа для специальности**  
**1-31 01 01 Биология (по направлениям)**  
**1-31 01 01-02 научно-педагогическая деятельность**

Факультет	биологический		
Кафедра	химии		
Курс	2		
Семестр	3		
Лекции	44 часа	Экзамен	3 семестр
Лабораторные занятия	56 часов		
Всего аудиторных часов по дисциплине	100 часов		
Всего часов по дисциплине	232 часа	Форма получения высшего образования	дневная

Составили Ю.А. Пролесковский к.х.н., доцент  
Е.В. Воробьева, к.х.н., доцент

Учебная программа составлена на основе типовой, утвержденной 25 мая 2009 года, регистрационный номер ТД-Г.198/тип.

Рассмотрена и рекомендована к утверждению в качестве рабочего варианта на заседании кафедры химии

\_\_\_\_\_ 20\_\_ г., протокол № \_\_\_\_

Заведующий кафедрой

доцент \_\_\_\_\_ Н.И. Дроздова

Одобрена и рекомендована к утверждению  
Методическим советом биологического факультета

\_\_\_\_\_ 20\_\_ г., протокол № \_\_\_\_

Председатель

доцент \_\_\_\_\_ В.А. Собченко

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ ФРАНЦИСКА СКОРИНЫ

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Органическая химия относится к блоку фундаментальных научных дисциплин химического цикла для биологических специальностей университета. Целью курса является освоение студентами тех знаний и представлений по органической химии, на основе которых базируются научные представления о строении биомолекул и механизмах биохимических процессов.

Основными целями изучения органической химии являются:

1. Знакомство с внутренней логикой органической химии как науки; формирование представлений о механизмах органических реакций.
2. Изучение основных классов органических соединений; формирование представлений о связи реакционной способности органических молекул с их строением.
3. Изучение закономерностей взаимодействия различных органических веществ с объектами окружающей среды, их физиологического и фармакологического действия, биологической роли, применения в практической деятельности человека; формирование представлений об экологических проблемах, связанных с использованием органических веществ.

В результате изучения дисциплины обучаемый должен:

**знать:**

- основные понятия органической химии;
- основные свойства важнейших классов органических соединений и их применение;
- механизмы основные органических реакций;
- основные методы химической и спектральной идентификации органических веществ;
- основные приемы работы в лаборатории органической химии

**уметь:**

- изображать строение типичных представителей классов органических соединений по названию и называть их по структурным формулам на основе знания принципов номенклатуры и изомерии;
- выделять в молекуле реакционные центры, прогнозировать поведение органического соединения в конкретных условиях, исходя из его структуры и знания типичной реакционной способности функциональных групп;
- проводить простой химический эксперимент по синтезу, выделению, очистке и химической идентификации вещества;
- оформлять отчеты лабораторных работ.

Межпредметные связи: изучение дисциплины базируется на понятиях общей и неорганической химии, а знания, умения и навыки, приобретенные студентами в результате изучения органической химии, необходимы для успешного освоения ими биохимии, генетики, молекулярной биологии и других дисциплин биологического цикла.

Преподавание курса проводится по модульному принципу с выделением пяти основных модулей (блоков):

1. Введение: основные понятия органической химии; строение и реакционная способность органических соединений; методы исследования строения органических соединений.
2. Углеводороды;
3. Гомофункциональные соединения.
4. Гетерофункциональные соединения.
5. Гетероциклические соединения.

Отдельные вопросы первого модуля (например, методы исследования строения органических соединений) можно, по усмотрению лектора, рассматривать не во вводных лекциях, а в конце лекционного курса.

В связи с современной тенденцией к уменьшению числа аудиторных занятий (лекций) и увеличению роли самостоятельной работы студентов некоторые вопросы программы могут быть предложены студентам для самостоятельного рассмотрения либо вынесены на лабораторные занятия. Их перечень может меняться в зависимости от обеспеченности отдельных разделов учебной и учебно-методической литературой.

Лабораторные занятия предусматривают приобретение начальных навыков проведения химического эксперимента по синтезу, выделению, очистке и химической идентификации органического вещества.

Эффективность работы студентов целесообразно проверять в ходе текущего и итогового контроля знаний в форме письменного и устного опроса, коллоквиумов, тестового компьютерного контроля по темам и разделам курса (модулям). Для общей оценки качества усвоения студентами учебного материала рекомендуется использование рейтинговой системы.

Общее количество часов – 232; аудиторное количество часов — 100, из них: лекции — 44, лабораторные занятия — 56. Форма отчётности — экзамен.

## СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

### I. ВВЕДЕНИЕ. ОБЩИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ

#### 1.1. Предмет органической химии. Строение органических соединений

Состав органических веществ, элементы-органогены. Многообразие органических веществ. Место органической химии в системе естественных наук. Источники органических соединений.

Формирование и основные положения теории строения органических соединений (А.М. Бутлеров, А. Кекуле, А. Купер). Валентность. Основные типы структурных фрагментов органических молекул: простые и кратные связи, углеродные цепи и циклы, функциональные группы. Структурные формулы как средство отображения строения органических соединений.

#### 1.2. Классификация органических соединений

Основные признаки классификации: скелет молекулы, степень насыщенности, наличие функциональных групп. Основные классы органических веществ.

#### 1.3. Основы номенклатуры органических соединений

Тривиальные и систематические названия органических соединений. Заместительная номенклатура IUPAC, основные принципы построения названий органических соединений. Родоначальная структура, характеристические группы. Названия функциональных групп, нефункциональных заместителей, насыщенных и ненасыщенных углеводородных групп. Старшинство функциональных групп. Принципы радикало-функциональной номенклатуры.

#### 1.4. Изомерия органических соединений

Типы изомерии: структурная и пространственная. Способы изображения пространственного строения молекул: перспективные (клиновидные) проекции, "лесопильные козлы", проекции Ньюмена, Фишера: принципы построения и правила пользования ими.

Конформации, конформеры. Заслоненная, заторможенная, скошенная конформации. Асимметрический атом углерода. Энантиомеры (оптические антиподы). Понятие об оптической активности и хиральности. Рацематы. Принципы R-, S-номенклатуры; D- и L-ряды. Стереосомерия соединений с двумя асимметрическими атомами. Диастереомеры. Эритро- и тетро-изомеры. Мезо-формы. Пространственная изомерия алкенов: цис-, транс- и Z-, E-номенклатуры.

#### 1.5. Электронное строение и реакционная способность органических соединений

Типы связей в молекулах органических соединений.  $\sigma$ - и  $\pi$ -связи. Гибридизация, понятие о молекулярных орбиталях.

Представление о механизмах реакций. Гомо- и гетеролитический раз-

рыв связей. Представление о промежуточных частицах: радикалы, карбокатионы, карбанионы. Классификация реагентов: радикалы, нуклеофилы, электрофилы. Энергетический профиль реакции; энергетический барьер реакции, энергия активации, энергия переходного состояния, тепловой эффект реакции. Кинетический и термодинамический контроль.

Кислоты и основания (Бренстед, Льюис). Сопряженные кислоты и основания. Кислотно-основные равновесия. Константа кислотной ионизации и ее показатель ( $pK_a$ ).

Взаимное влияние атомов в молекулах, ионах, радикалах. Электронные и пространственные эффекты в органических реакциях (индуктивный эффект, эффект поля, мезомерный эффект, гиперконъюгация).

### 1.6. Методы выделения, очистки и идентификации органических соединений

Перегонка, перекристаллизация как методы выделения и очистки органических соединений. Химические и физические методы установления структуры. Качественный функциональный анализ органических соединений. Хроматографические методы. Колебательная (ИК), электронная (УФ) спектроскопия, спектроскопия ядерного магнитного резонанса (ЯМР): природа спектров, основные характеристики, связь со строением молекул.

## II. УГЛЕВОДОРОДЫ

**2.1. Алканы.** Гомологический ряд, номенклатура. Электронное строение,  $sp^3$ -гибридизация. Физические свойства алканов.

Химические свойства алканов. Общие представления о механизме цепных радикальных реакций замещения в алканах (на примере реакции галогенирования). Алкильные радикалы и факторы, определяющие их относительную стабильность. Сравнение региоселективности реакций хлорирования и бромирования.

Пути использования алканов.

**2.2. Алкены.** Номенклатура. Структурная и пространственная изомерия. Электронное строение,  $sp^2$ -гибридизация. Физические свойства алкенов.

Общие представления о реакционной способности алкенов. Каталитическое гидрирование, проявление относительной стабильности структурных и пространственных изомеров алкенов.

Реакции электрофильного присоединения к двойной связи алкенов, их механизмы. Реакции присоединения галогенов, галогеноводородов (гидрогалогенирование), воды (гидратация). Направление присоединения. Правило Марковникова и его объяснение. Алкильные катионы и факторы, определяющие их относительную стабильность. Перегруппировки карбокатионов. Представление о стереохимии присоединения галогенов.

Реакции радикального присоединения (присоединение бромоводорода по Харашу).

Реакции окисления алкенов по С=C связи: цис-дигидроксилирование (перманганатом калия по Вагнеру, тетраоксидом осмия), эпоксилирование (по Прилежаеву). Окислительное расщепление алкенов (восстановительный и окислительный озонлиз), использование для определения структуры.

Гидроборирование алкенов и использование в синтезе спиртов.

Полимеризация алкенов как важнейший метод получения высокомолекулярных соединений. Полиэтилен, полипропилен. Понятие о стереорегулярных полимерах.

Аллильное хлорирование алкенов, механизм. Аллильный радикал. Окисление алкенов кислородом воздуха (пероксидное окисление).

### 2.3. Алкадиены. Номенклатура, классификация, изомерия.

Сопряженные диены (1,3-бутадиен и изопрен). Сопряжение двойных связей ( $\pi, \pi$ -сопряжение) и реакции электрофильного присоединения. 1,2- и 1,4-присоединение. Аллильный катион. Диеновый синтез (реакция Дильса-Альдера), представление о механизме реакции.

Изопреновое звено в природных соединениях. Понятие об изопреноидах. Каучук. Синтетические каучуки.

### 2.4. Алкины. Номенклатура. Электронное строение, $sp$ -гибридизация. Физические свойства алкинов.

Восстановление тройной связи до двойной: каталитическое гидрирование и восстановление натрием в жидком аммиаке, использование в синтезе (Z)- и (E)-алкенов.

Реакции электрофильного присоединения к тройной связи алкинов. Галогенирование, гидрогалогенирование, гидратация (реакция Кучерова) и родственные реакции.

Кислотность ацетилена и терминальных алкинов. Получение ацетиленидов металлов и их взаимодействие с галогеналканами и с карбонильными соединениями.

Димеризация, тримеризация ацетилена. Полиацетилен.

### 2.5. Алициклические углеводороды (циклоалканы). Классификация и номенклатура, структурная изомерия. Пространственное строение циклоалканов. Конформации циклогексана и его производных, экваториальные и аксиальные связи, пространственная изомерия производных циклогексана.

Типы напряжений в циклах. Химические свойства циклобутана, циклопентана и циклогексана. Особенности свойств циклопропана.

### 2.6. Ароматические углеводороды (арены). Классификация и номенклатура аренов. Природа связей в молекуле бензола. Ароматичность, критерии ароматичности. Правило Хюккеля. Небензоидные ароматические

системы: циклопропенилий- и тропилий-катионы, циклопентадиенильный анион, азулен.

Реакции электрофильного замещения в бензоле (галогенирование, нитрование, сульфирование, алкилирование, ацилирование). Представление о механизме реакций электрофильного замещения в ароматическом ряду.  $\pi$ - и  $\sigma$ -комплексы. Влияние заместителей в бензольном кольце на изомерный состав продуктов и скорость реакции. Активирующие и дезактивирующие заместители. Орто-, пара- и мета-ориентанты.

Реакции радикального замещения и окисления в боковой цепи. Причины устойчивости бензильных радикалов.

Конденсированные ароматические углеводороды: нафталин, антрацен, фенантрен, бензпирен, их структурные фрагменты в природных и биологически активных веществах (стероидов, алкалоидов, антибиотиков).

### III. ГОМОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

#### 3.1. Галогенпроизводные углеводородов.

Классификация, номенклатура, изомерия галогенуглеводородов.

Реакции нуклеофильного замещения атома галогена, их использование в синтезе органических соединений различных классов (спиртов, простых и сложных эфиров, аминов, тиолов и сульфидов, нитроалканов, нитрилов). Представление об идеализированных механизмах  $S_N1$  и  $S_N2$ . Кинетика, стереохимия реакций. Влияние природы субстрата, реагента и растворителя на скорость реакции  $S_N1$  и  $S_N2$ -типов.

Соединения с повышенной подвижностью атома галогена. Аллил- и бензилгалогениды, стабилизированные карбокатионы (аллильный и бензильный).

Соединения с пониженной подвижностью атома галогена. Винилхлорид и хлорбензол. Активированные галогенарены и механизм присоединения-отщепления, анионные комплексы (Мейзенгеймера).

Реакции элиминирования галогеноводорода. Механизм E2. Правило Зайцева.

Литий- и магнийорганические соединения и их использование в органическом синтезе.

Биологическое действие галогенпроизводных, их применение в народном хозяйстве. Хлороформ, иодоформ, перфторуглеводороды, перфторполиэтилен (тефлон). Инсектициды.

#### 3.2. Спирты, фенолы, простые эфиры.

Одноатомные спирты. Номенклатура, изомерия. Электронное строение. Физические свойства спиртов, роль водородной связи.

Химические свойства спиртов: кислотнo-основные свойства. Алкоголяты металлов, их основные и нуклеофильные свойства.

Реакции нуклеофильного замещения с участием спиртов. Активация

гидроксигруппы протонными кислотами и кислотами Льюиса, превращение в эфиры серной, фосфорной, ди- и трифосфорной кислот (сульфаты, фосфаты, пирофосфаты, трифосфаты), сульфокислот (тозилаты и мезилаты). Диметилсульфат как метилирующий агент.

Биологически важные реакции нуклеофильного замещения с участием эфиров фосфорных кислот.

Внутри- и межмолекулярная дегидратация спиртов (образование алкенов и простых эфиров).

Окисление первичных и вторичных спиртов.

Многоатомные спирты (диолы и полиолы). Этиленгликоль, глицерин, пентаэритрит, инозит. Химические свойства 1,2-диолов. Кислотность, образование хелатных комплексов, окислительное расщепление 1,2-диолов (йодной кислотой). Образование циклических простых эфиров. Эфиры многоатомных спиртов и азотной кислоты.

Фенолы. Номенклатура и изомерия. Простейшие представители: фенол, крезолы, пирокатехин, резорцин, гидрохинон, флороглюцин, пирогаллол. Электронное строение фенола. Кислотность фенолов.

Образование простых и сложных эфиров фенолов.

Реакции электрофильного замещения в ряду фенолов (галогенирование, сульфирование, нитрование, алкилирование). Пикриновая кислота. Карбоксилирование фенолятов щелочных металлов (реакция Кольбе).

Окисление фенолов. Хиноны и их биологическая роль. Фенольные антиоксиданты и механизм их действия. Фенольные соединения в природе. Витамин Е. Флавоноиды.

Простые эфиры. Номенклатура, классификация. Расщепление кислотами. Образование гидропероксидов, их обнаружение и разложение. Циклические простые эфиры. Тетрагидрофуран. 1,4-Диоксан. Оксираны: получение, взаимодействие с водой, аммиаком и аминами, магнийорганическими соединениями. Краун-эфиры: комплексообразование с ионами металлов, применение.

### **3.3. Тиолы**

Кислотность тиолов. Нуклеофильные свойства тиолов, тиолятов и органических сульфидов. Окисление тиолов. Образование дисульфидов и их роль в биохимических процессах.

### **3.4. Амины**

Классификация, номенклатура и изомерия. Алифатические и ароматические амины, первичные, вторичные и третичные амины.

Электронное строение. Роль неподеленной электронной пары азота в проявлении основных и нуклеофильных свойств алкил- и ариламинов. Реакции ацилирования и алкилирования аминов. Аммониевые соли.

Особенности свойств ариламинов. Реакции электрофильного замещения в бензольном ядре ариламинов и их производных. Реакции

диазотирования, соли арилдиазония. Реакции солей арилдиазония с выделением азота (замещение диазогруппы) и без выделения азота (азосочетание). Азокрасители.

Биогенные амины, диамины и аминспирты (коламин, холин, ацетилхолин).

### 3.5. Карбонильные соединения

Классификация, номенклатура и изомерия карбонильных соединений.

Строение карбонильной группы в альдегидах и кетонах и реакции нуклеофильного присоединения. Общие представления о механизме этих реакций, кислотный и основной катализ. Реакции с С-нуклеофилами (реактивами Гриньяра, циановодородом). Реакции с гетеронуклеофилами: присоединение воды и спиртов, образование ацеталей. Реакции карбонильных соединений с аммиаком, аминами и родственными соединениями и строение образующихся продуктов. Имины, оксимы, гидразоны, семикарбазоны, 2,4-динитрофенилгидразоны. Роль иминов в биохимических процессах.

Стереохимия присоединения к карбонильной группе. Энантиотопные и диастереотопные стороны.

СН-Кислотность карбонильных соединений и кето-енольная таутомерия. Реакции енольных форм:  $\alpha$ -галогенирование, галоформное расщепление, изотопный обмен водорода. Альдольно-кетоновая конденсация, кислотный и основной катализ. Альдоли и  $\alpha,\beta$ -непредельные карбонильные соединения.

Взаимодействие неенолизирующихся альдегидов со щелочами (реакция Канниццаро). Бензоиновая конденсация.

Реакции окисления и восстановления карбонильных соединений.

### 3.6. Карбоновые кислоты и их производные

Монокарбоновые кислоты. Номенклатура. Строение карбоксильной группы и карбоксилат-иона. Кислотность карбоновых кислот. Производные карбоновых кислот: сложные эфиры и тиоэфиры (S-эфиры карбоновых кислот), галогенангидриды, ангидриды, амиды, нитрилы, их получение и взаимопревращения. Реакции ацилирования. Общие представления о механизме присоединения-отщепления. Механизм реакций этерификации, аминирования. Кислотный и щелочной гидролиз сложных эфиров и амидов.

Реакции восстановления карбоновых кислот и их производных.

Сложноэфирная конденсация и ее механизм. Ацетоуксусный эфир: кето-енольная таутомерия, реакции по карбонильной группе и по активированному метиленовому звену.

Жирные кислоты, важнейшие представители (пальмитиновая, стеариновая, олеиновая, линолевая, линоленовая). Жиры, сложные липиды (фосфатидовая кислота и ее производные), мыла.

Ненасыщенные карбоновые кислоты: акриловая, метакриловая, полимеры на их основе.

Дикарбоновые кислоты. Основные представители: щавелевая, малоновая, адипиновая, фталевые кислоты. Фумаровая и малеиновая кислоты.

Синтезы на основе малонового эфира. Малонилкофермент А и синтез жирных кислот в организме. Полиэфирные волокна на основе терефталевой и адипиновой кислот.

## IV. ГЕТЕРОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ

### 4.1. Углеводы

Классификация углеводов.

Моносахариды (рибоза, дезоксирибоза, глюкоза, фруктоза). Стереохимия моносахаридов, D- и L-ряды. Кольчато-цепная таутомерия. Пиранозные и фуранозные формы.  $\alpha$ - и  $\beta$ -аномеры. Мутаротация. Эпимеризация.

Гликозиды. Особые свойства гликозидного гидроксила. Реакции окисления и восстановления глюкозы. Глюконовая, глюкаровая и глюкуроновая кислоты. Глюцит (сорбит), ксилит. Реакции алкилирования и ацилирования моносахаридов.

Аскорбиновая кислота (витамин С).

Дисахариды и их типы (восстанавливающие и невосстанавливающие). Сахароза, лактоза, мальтоза, целлобиоза.

Полисахариды (крахмал, целлюлоза, хитин, гликоген).

Биологическая роль и распространенность углеводов.

### 4.2. Гидроксикарбоновые кислоты

Молочная, яблочная, лимонная, винные кислоты. Стереохимия  $\alpha$ -гидроксикарбоновых кислот. Дегидратация  $\alpha$ -,  $\beta$ - и  $\gamma$ -оксикислот. Лактиды. Лактоны.

Фенолокарбоновые кислоты. Салициловая кислота и ее производные. Ацетилсалициловая кислота.

### 4.3. Аминокислоты

Классификация аминокислот. Основные представители природных  $\alpha$ -аминокислот, их стереохимия. Свойства аминокислот: амфотерность, изоэлектрическая точка. Реакции по карбоксильной и аминогруппе. Отношение к нагреванию. Лактамы. Дикетопиперазины. Пептидная связь. Синтез пептидов: активация и защита функциональных групп аминокислот. Белки, их строение и биологическая роль. Синтетические полиамиды. Капрон, нейлон.

## V. ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ

Классификация и номенклатура гетероциклов

**5.1. Пятичленные гетероциклы.** с одним или несколькими гетероатомами. Фуран, тиофен, пиррол, индол, их строение (участие неподеленной электронной пары в создании ароматической системы). Особенности протекания реакций электрофильного замещения в этих гетероциклах. Тиазол, имидазол. Кислотно-основные свойства имидазола.

**5.2. Шестичленные гетероциклы с одним гетероатомом.** Пиридин, хинолин, изохинолин. Ароматичность пиридина и особенности проведения реакций электрофильного замещения. Пиридин как основание.

Представление о природных азотсодержащих гетероциклических соединениях (алкалоидах, компонентах нуклеиновых кислот) и лекарственных средствах.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ ФРАНЦИСКА СКОРИНЫ