

**Министерство здравоохранения Республики Беларусь
Учреждение образования
«Гомельский государственный медицинский университет»**

Кафедра общей и биоорганической химии

Автор:

Е.Г. Тюлькова, зав.кафедрой, к.б.н., доцент кафедры

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

для проведения лабораторного занятия
по учебной дисциплине «Биоорганическая химия»
для студентов

I курса медико-диагностического факультета,
обучающихся по специальности 7-07-0911-04
«Медико-профилактическое дело»

Тема: Введение в дисциплину «Биоорганическая химия».
Классификация и номенклатура органических соединений

Время 3 часа

Утверждено на заседании кафедры общей и биоорганической химии
(протокол от 31.08.2024 № 8)

УЧЕБНЫЕ И ВОСПИТАТЕЛЬНЫЕ ЦЕЛИ, ЗАДАЧИ, МОТИВАЦИЯ ДЛЯ УСВОЕНИЯ ТЕМЫ

Учебная цель:

- изучить классификацию и правила номенклатуры органических соединений, являющихся объектами изучения биоорганической химии;
- использовать полученные знания в названиях органических соединений.

Воспитательная цель:

- создать условия для формирования следующих мировоззренческих идей: обусловленность развития химической науки потребностями производства, жизни, быта, уровнем здоровья населения; истинность научных знаний и законов природы.

Задачи:

В результате проведения занятия студент должен

знать:

- основы классификации органических соединений:
 - а) по строению углеродного скелета;
 - б) по природе функциональной группы;
- правила номенклатуры органических соединений ИЮПАК;

уметь:

- определять класс моно-, поли- и гетерофункциональных органических соединений, используя понятие о старшей функциональной группе;
- определять класс органических соединений, исходя из строения углеродной цепи;
- давать названия органическим соединениям по номенклатуре ИЮПАК;
- давать названия органическим соединениям по радикально-функциональной номенклатуре;
- составлять структурные формулы органических соединений, исходя из их названий по заместительной и радикально-функциональной номенклатуре;

владеть:

- основными приемами описания структуры молекул органических соединений.

Мотивация для усвоения темы:

Огромное количество органических соединений, которых в настоящее время насчитывается около 7 млн., классифицируют с учетом строения углеродной цепи (углеродного скелета) и присутствующих в молекуле функциональных групп. Изучение данной темы является важным этапом в формировании у студентов-медиков целостного представления о многообразии и взаимосвязи важнейших классов органических соединений.

МАТЕРИАЛЬНОЕ ОСНАЩЕНИЕ

1. Методические указания для студентов по теме «Введение в дисциплину «Биоорганическая химия». Классификация и номенклатура органических соединений».

2. Учебные таблицы:
а) периодическая система химических элементов Д.И. Менделеева;
б) таблица старшинства функциональных групп по классификации ИЮПАК.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПО ТЕМЕ ЗАНЯТИЯ

1. Классификация органических соединений.
2. Номенклатура органических соединений.

ХОД ЗАНЯТИЯ

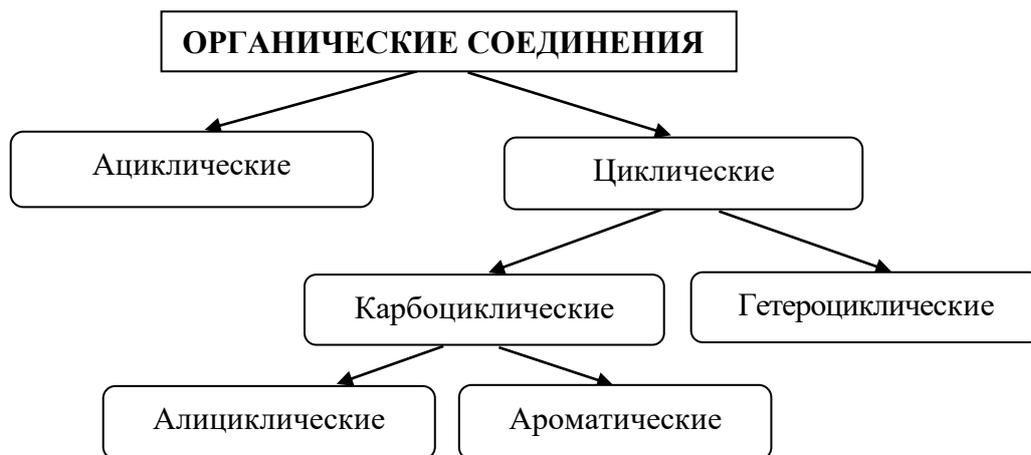
Теоретическая часть

1. Классификация органических соединений

Органические вещества можно классифицировать по разным принципам [1]:

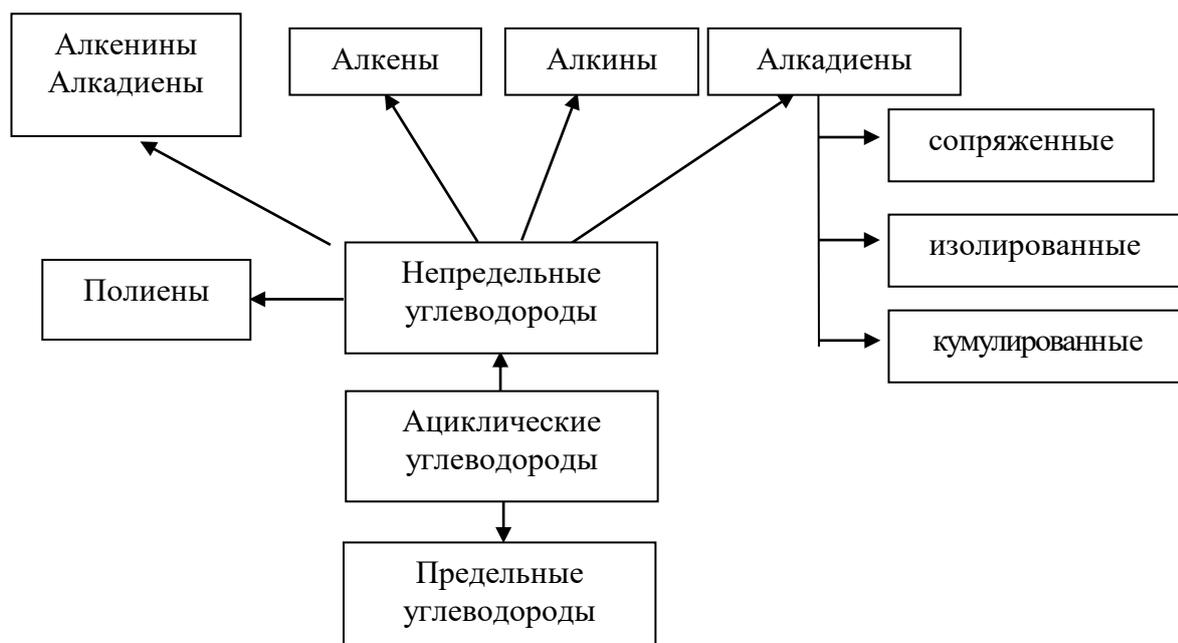
- строению углеродного или гетероциклического скелета;
- наличию кратных связей и функциональных групп.

Классификация по строению углеродного скелета



Простейшие органические соединения – это *углеводороды* – вещества, в состав молекул которых входят только углерод и водород. По строению углеродного скелета органические соединения делятся на два типа – ациклические и циклические.

Ациклические (алифатические) углеводороды – это соединения с открытой незамкнутой углеродной цепью. Схема классификации ациклических соединений имеет вид:



Предельные или *насыщенные* углеводороды (алканы, парафины) содержат одинарные углерод-углеродные связи. Общая формула – C_nH_{2n+2} . Родоначальник ряда – метан CH_4 .

Алкены (олефины, этиленовые углеводороды) содержат одну двойную связь. Общая формула – C_nH_{2n} . Родоначальник ряда – этилен $CH_2 = CH_2$.

Алкины (ацетиленовые углеводороды) имеют тройную связь. Общая формула – C_nH_{2n-2} . Родоначальник ряда – ацетилен $CH \equiv CH$.

Алкадиены (диолефины, диеновые углеводороды) содержат 2 двойные связи. Общая формула такая же, как у алкинов C_nH_{2n-2} . Различают:

- алкадиены с изолированными двойными связями, например, $H_2C = CH - CH_2 - CH = CH_2$ пентадиен-1,4
- алкадиены с сопряженными двойными связями, например, $H_2C = CH - CH = CH - CH_3$ пентадиен-1,3
- алкадиены с кумулированными двойными связями, например, $H_2C = C = CH - CH_2 - CH_3$ пентадиен-1,2

Алкенины – соединения с одной двойной и одной тройной связями, например, $H_2C = CH - C \equiv CH$ бутен-1-ин-3

Алкадиины – соединения с двумя тройными связями, например, $HC \equiv C - C \equiv CH$ бутадиин-1,3

Полиены (полиолефины) – соединения со многими двойными связями, например, $H_2C = CH - CH = CH - CH = CH - CH_3$ гептатриен-1,3,5.

Циклические углеводороды – это соединения с замкнутой цепью атомов.

В зависимости от природы атомов, составляющих цикл, они делятся на карбоциклические и гетероциклические соединения.

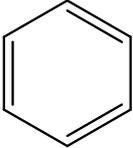
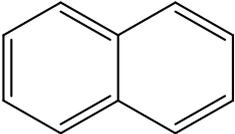
Карбоциклические соединения содержат в цикле только атомы углерода и подразделяются на две существенно различающиеся по химическим свойствам

группы: алифатические циклические (алициклические) и ароматические углеводороды.

Алициклические соединения по свойствам существенно не отличаются от соединений с открытой цепью и тоже могут быть насыщенными либо ненасыщенными.

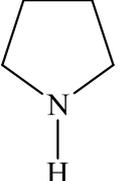
Ароматические углеводороды (арены) содержат ненасыщенные циклы особого характера, вследствие чего их свойства существенно отличаются от свойств остальных углеводородов.

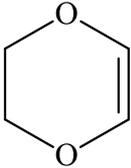
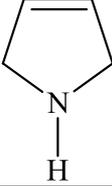
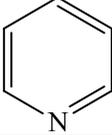
Таблица 1 – Представители карбоциклических углеводородов

Название класса	Представитель	
	формула	название
Алициклические насыщенные углеводороды		Циклогексан
Алициклические ненасыщенные углеводороды		Циклогексен
Ароматические углеводороды (арены)		Бензол
		Нафталин

Гетероциклические соединения, помимо атомов углерода, в цикле содержат один или несколько атомов других элементов (азота, серы, кислорода). Они также подразделяются на несколько групп: насыщенные, ненасыщенные и ароматические.

Таблица 2 – Представители гетероциклических углеводородов

Название класса	Представитель	
	формула	название
Насыщенные углеводороды		Этиленоксид
		Пирролидин

Ненасыщенные углеводороды		1,4-диоксен
		Пирролин
Ароматические углеводороды		Пиридин
		Фуран

Остальные органические соединения можно рассматривать как производные углеводородов, полученные путем введения в состав их молекул функциональных (характеристических) групп.

Классификация по функциональной группе

Понятие о функциональной группе представляет одну из важнейших концепций в органической химии. Оно не только лежит в основе классификации органических соединений, но и позволяет предсказать свойства веществ.

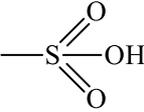
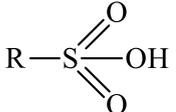
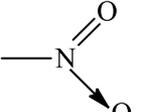
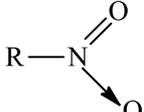
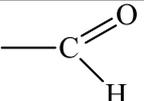
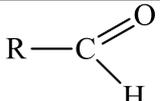
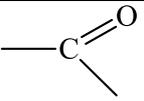
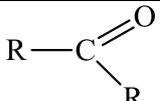
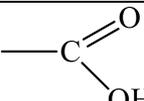
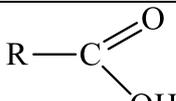
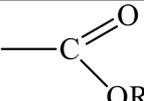
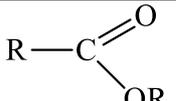
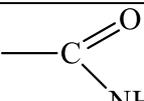
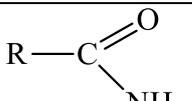
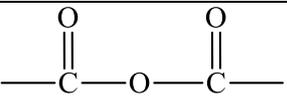
Функциональная группа – это атом или группа атомов, которая определяет свойства химических соединений. Обычно говорят о группах атомов, содержащих гетероатом (например, -ОН, -СНО, -NH₂).

Гетероатом – любой атом, кроме атомов углерода и водорода. В органических соединениях чаще всего встречаются гетероатомы азота, кислорода, серы, фосфора и галогенов.

В органической химии принято рассматривать реакционную способность функциональной группы, или функциональность (более широкое понятие, которое включает в себя, например, кратные углерод-углеродные связи). Считается, что наличие конкретной функциональности определяет типичные свойства веществ.

Наличие (отсутствие) функциональных групп дает возможность отнести соединение к определенному классу [1].

Таблица 3 – Функциональные группы и основные классы производных углеводов

Функциональная группа		Название класса	Общая формула класса
формула	название		
-F, -Cl, -Br, -I (Hal)	Фтор, хлор, бром, иод (галоген)	Галогенопроизводные	R-Hal
-OH	Гидроксильная	Спирты Фенолы	R-OH, Ar-OH
-OR	Алкоксильная	Простые эфиры	R-O-R
-SH	Тиольная	Тиолы (меркаптаны)	R-SH
-SR	Алкилтиольная	Сульфиды (тиоэфиры)	R-S-R
-S-S-	Дисульфидная	Дисульфид	R-S-S-R
	Сульфоновая	Сульфокислоты	
-NH ₂	Аминогруппа	Амины первичные	R-NH ₂
	Нитрогруппа	Нитросоединения	
-C≡N	Цианогруппа	Нитрилы	R-C≡N
	Карбонильная (альдегидная)	Альдегиды	
	Карбонильная (кетонная)	Кетоны	
	Карбоксильная	Карбоновые кислоты	
	Алкоксикарбонильная	Сложные эфиры	
	Карбоксамидная	Амиды	
	Карбоангидридная	Ангидриды	

Углеводороды не содержат функциональных групп. Они могут быть алифатическими или ароматическими, насыщенными (алканы) или ненасыщенными (алкены, алкины, диены и полиены).

Монофункциональные соединения содержат только одну функциональную группу. Наличие этой группы позволяет отнести вещество к определенному классу, например, галогеналканов, спиртов, альдегидов и кетонов, карбоновых кислот и т.д.

Полифункциональные соединения содержат две или несколько одинаковых функциональных групп (например, полиолы), *гетерофункциональные соединения* – две или несколько различных функциональных групп (например, моносахариды, аминокислоты, гидроксикислоты).

Биологически активные соединения в большинстве своем являются гетерофункциональными. Существуют и полигетерофункциональные соединения, содержащие одновременно разное количество разных и одинаковых функциональных групп (например, глюкоза содержит одну карбонильную и пять гидроксильных групп) [2].

2. Номенклатура органических соединений

Номенклатура – это совокупность названий веществ, их групп и классов, а также система правил, обеспечивающих однозначную связь названий и формул, выражающих строение молекул [2].

Номенклатура органических соединений складывалась на протяжении всего периода развития органической химии и становления ее как науки.

Тривиальная номенклатура. Названия соединений случайные, обусловлены различными обстоятельствами (в основе лежат различные отличительные признаки).

Источники выделения, например, винная кислота, выделена из винного камня со дна винных бочек. Аналогично – муравьиная кислота, янтарная кислота, молочная кислота, лимонная кислота и др. Тирозин – от греческого «сыр».

Отличительные свойства

Глицин – от греческого *glykos* – сладкий.

Лейцин – от греческого *leykas* – белый.

Акролеин – от латинского *acris* – жгучий.

Способы выделения (получения).

Пировиноградная кислота (ПВК) получена пиролизом винной кислоты.

Гидрохинон – восстановлением бензохинона.

Область применения.

Витамин РР (никотинамид) – предупреждает пеллагру.

Кордиамин – препарат, применяемый как сердечное средство.

Тривиальная номенклатура не имеет никакой научной основы, однако многие названия прочно укоренились и широко используются, особенно в химии биологически-активных соединений.

Международный союз прикладной и теоретической химии (ИЮПАК – International Union of Pure and Applied Chemistry, IUPAC) в настоящее время рекомендует использовать для названия органических соединений **заместительную номенклатуру**. В ее основе лежит принцип замещения атомов водорода главной (родоначальной) углеводородной цепи на функциональную группу (позволяет отнести соединение к определенному классу) и заместители.

Название соединения в заместительной номенклатуре построено как обычное слово. Каждая часть слова определяет структурные особенности органического вещества.

Основой (корнем слова) названия органических соединений в заместительной номенклатуре является родоначальная структура (в частности, главная углеродная цепь). (Не)насыщенность и главная функциональная группа образуют в названии *суффиксы*, а заместители – *префиксы* (приставки) [1].
Таблица 4 – Приставки и суффиксы (окончания) для обозначения некоторых функциональных групп

Формула функциональной группы	Название группы	
	Приставка	Суффикс (окончание)
$-(C)OOH^*$	–	-овая кислота
$-COOH$	Карбокси-	-карбоновая кислота
$-SO_3H$	Сульфо-	сульфо кислота
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{—C} \\ \diagdown \\ \text{OR} \end{array}$	Алкоксикарбонил-	-оат**
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{—C} \\ \diagdown \\ \text{Hal} \end{array}$	Галогеноформил-	-оилгалогенид
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{—C} \\ \diagdown \\ \text{NH}_2 \end{array}$	Карбомоил-	-амид
$\text{—C}\equiv\text{N}$	Циано-	-нитрил
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{—(C)} \\ \diagdown \\ \text{H} \end{array}$	Формил-	-аль
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{—C} \\ \diagdown \\ \end{array}$	Оксо-	-он
$-\text{OH}$	Гидрокси-(окси)	-ол
$-\text{SH}$	Меркапто-	-тиол
O—OH	Гидроперокси-	-гидропероксид
$-\text{NH}_2$	Амино-	-амин
$=\text{NH}$	Имино-	-имин

Примечание. Функциональные группы представлены в порядке убывания их старшинства.

* Атом углерода, заключенный в скобки, входит в состав родоначальной структуры

** Перед корнем указывается название радикала

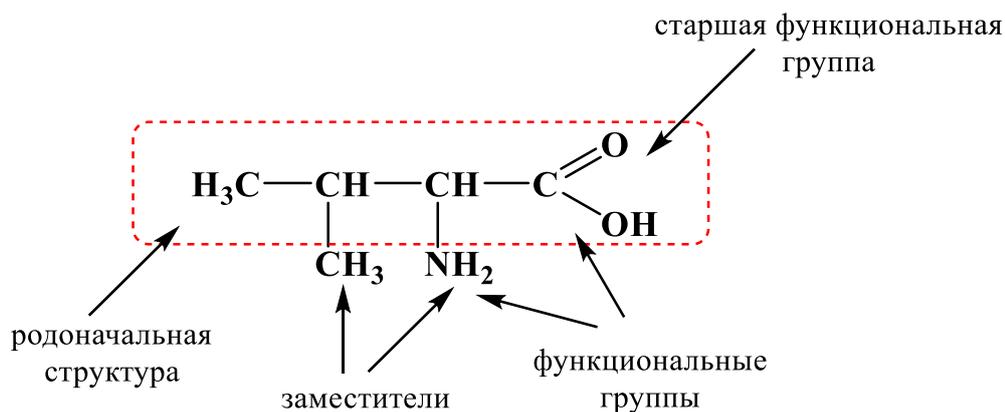
Родоначальная структура (главная цепь) – это структура, которая содержит старшую функциональную группу; максимальное число кратных связей; имеет наибольшую длину и максимальное число разветвлений.

В большинстве карбо- и гетероциклических соединений в качестве родоначальной цепи выбирают цикл. Для обозначения цикличности главной цепи используют различные префиксы, например *цикло-* в названии циклогексана (родоначальная структура в ментоле) или *бицикло-* в бициклогептане (родоначальная структура камфоры).

Наличие (или отсутствие) функциональной группы в соединении играет главную роль при выборе главной цепи. Поэтому все группы распределяются по степени старшинства. При наличии нескольких функциональных групп только старшая функциональная группа представляется в виде суффикса.

Группы с меньшим старшинством переходят в разряд заместителей, и, следовательно, в названии находятся в положении префикса.

Заместитель – это атом или группа атомов, которые замещают атом водорода в родоначальной структуре.



Для того чтобы назвать соединение, необходимо найти родоначальную структуру (главную углеродную цепь), пронумеровать ее и к полученному названию прибавить суффиксы, обозначающие (не)насыщенность и функциональную группу, а также префиксы, обозначающие заместители.

ОБЩАЯ СХЕМА СОСТАВЛЕНИЯ НАЗВАНИЙ

ПРЕФИКС ОКОНЧАНИЕ	+	КОРЕНЬ	+	СУФФИКС	+	
боковые цепи и младшие функциональные группы в едином алфавитном порядке. Только в префиксе: -Cl, -Br, -I, -F -OR – алкокси -SR – алкилтио -SC ₆ H ₅ – арилтио -NO ₂ – нитро -NO – нитрозо		родоначальная структура; углеродная цепь или цикл		степень насыщенности: -ан, -ен, -ин		старшая функциональная группа

Выбор родоначальной структуры подчиняется определенной системе иерархических правил, т.е. предшествующее правило имеет приоритет над последующим. При этом если приоритетное (верхнее) правило дает возможность сделать выбор главной цепи, то остальные правила не учитываются. Если это

невозможно (либо таких цепей несколько, либо правило не применимо к данному соединению), то переходят к следующему правилу.

Главную цепь нумеруют таким образом, чтобы *локант* (номер) при атоме углерода функциональной группы (а при отсутствии последней – при кратных связях) был наименьшим. При отсутствии функциональных групп и кратных связей нумерация проводится так, чтобы численное значение первого из отличающихся локантов в альтернативных наборах нумерации было наименьшим (например, из наборов 1, 2, 3, 6 и 1, 2, 4, 5 выбирают первый).

Далее называют главную углеродную цепь с учетом числа атомов C_n , (не)насыщенности (*-ан*, *-ен*, *-ин*). Затем дают название функциональным группам (старшей и заместителям).

Название углеводородных заместителей строится по правилам, приведенным выше для наименования главной цепи; затем к полученной форме добавляют суффикс *-ил*.

После этого дают полное название структуры: вначале перечисляют заместители в алфавитном порядке; затем идет название родоначальной цепи (C_n); за этим следует первый суффикс, который обозначает (не)насыщенность, и последним приводится суффикс старшей функциональной группы (в углеводородах данный суффикс отсутствует).

Положение заместителей обозначается соответствующими номерами (локантами): 1, 2, 3, 4 и т.д. При наличии нескольких одинаковых заместителей в названии соединения их перечисляют вместе; при этом используют умножающие приставки (*ди-* для двух одинаковых групп или кратных связей; *три-* для трех, *тетра-* для четырех и т.д.) (например, диметил, тригидрокси, тетрахлор). Орфографически цифра от цифры отделяется запятой, а буква от цифры дефисом.

Ранее в химии широко применяли *радикально-функциональную* номенклатуру. В настоящее время этот подход, хотя и разрешен номенклатурой IUPAC, используется ограниченно, только для названия простейших структур [4].

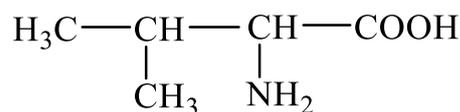
В основе названия соединения по радикально-функциональной номенклатуре лежит характеристическая группа, которая определяет класс вещества. Фрагменты, которые примыкают к характеристической группе, называют *радикалами* и помещают перед наименованием основной функции. Например,

$H_3C-O-C_2H_5$ – метилэтиловый эфир

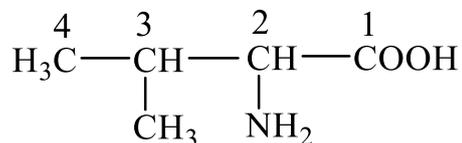
$H_3C-CH_2-CH_2-CH_2-NH_2$ – бутиламин

Примеры названий соединений по номенклатуре IUPAC:

Пример 1. В синтезе антибиотика пенициллина микроорганизмы используют аминокислоту валин. Назовите соединение по заместительной номенклатуре IUPAC и укажите функциональные группы в молекуле валина:



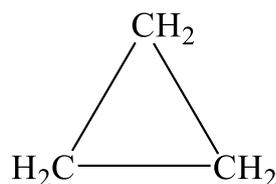
В валине родоначальной структурой является бутан, старшей функциональной группой – карбоксильная группа. Суммарное название родоначальной структуры и старшей функциональной группы – бутановая кислота.



Заместители находятся в положении С 2 и С 3, их называют в алфавитном порядке, общее название валина – 2-амино-3-метилбутановая кислота.

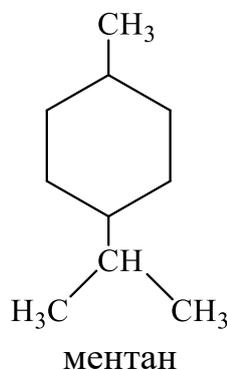
Пример 2. Для ингаляционного наркоза используют циклический углеводород состава C_3H_6 . Напишите структурную формулу этого соединения и назовите его по номенклатуре IUPAC.

Из трех атомов углерода состоит циклоалкан, имеющий структуру:



Название такого соединения образуется из названия циклического углеводорода – пропана с добавлением приставки «цикло», т.е. это циклопропан.

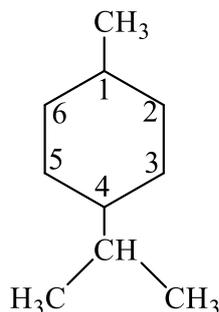
Пример 3. Ментан является родоначальником группы природных терпенов, многие из которых обладают антисептическим, противовоспалительным и спазмолитическим действием.



Отдельные представители терпенов оказывают седативный, отхаркивающий, мочегонный эффект. К общеизвестным и давно применяемым препаратам на основе терпенов относятся валидол, камфора, скипидар.

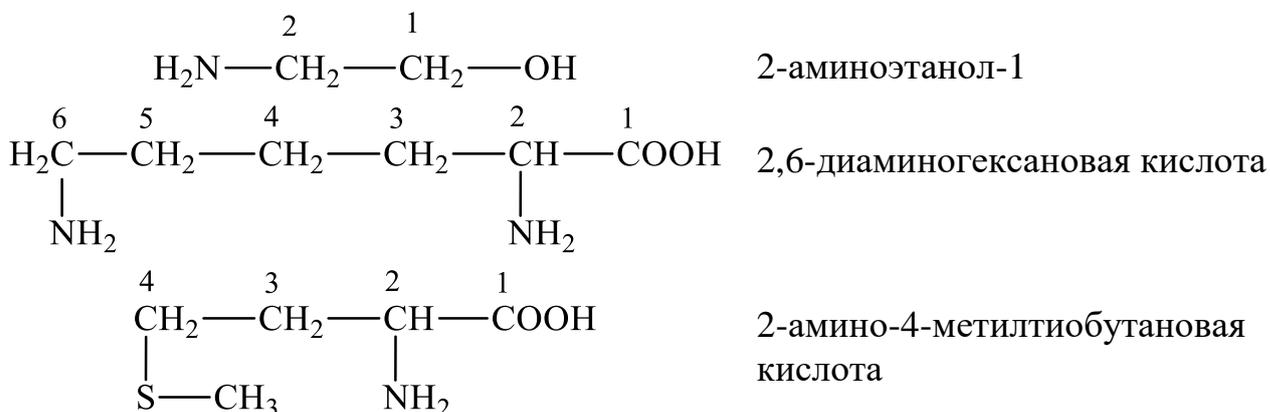
Назовите ментан по номенклатуре IUPAC.

В ментане родоначальной структурой является циклогексан, заместители находятся в положении С 1 и С 4:



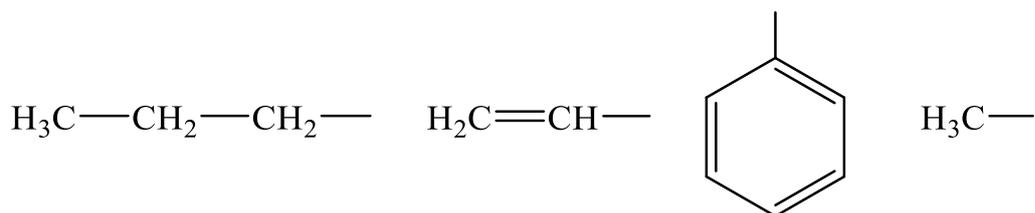
Общее название ментана – 1-метил-4-изопропилциклогексан.

Пример 4. Назовите следующие соединения по номенклатуре IUPAC:



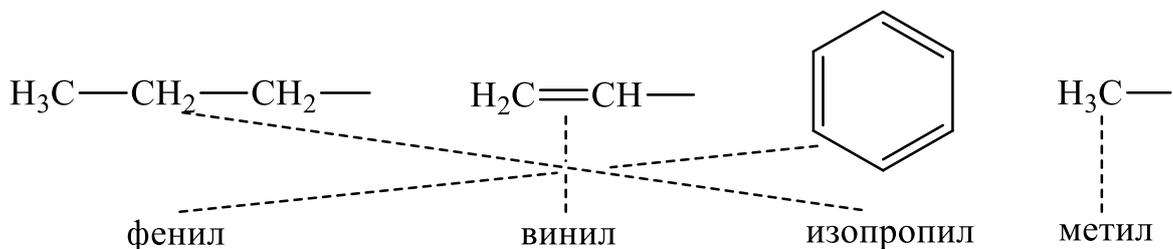
Пример 5. Соедините линией структурные формулы радикалов и их названия.

Структурные формулы радикалов:



Названия радикалов: фенил; винил; изопропил; метил.

Названия радикалов соответствуют следующим формулам:



Практическая часть

1. Законспектировать теоретический материал, рассматриваемый на занятии.
2. Выработать навыки описания и формирования названий структуры молекул органических соединений.

Контроль усвоения темы

Письменная работа по написанию структурных формул органических соединений их названий.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ И ВЫПОЛНЕНИЮ СРС

Время, отведенное на самостоятельную работу, может использоваться студентами на:

- подготовку к лабораторным занятиям;
- конспектирование учебной литературы;
- выполнение заданий для самоконтроля знаний;
- подготовку тематических докладов, рефератов, презентаций.

Основные методы организации самостоятельной работы:

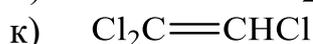
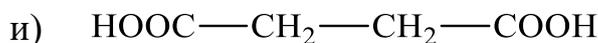
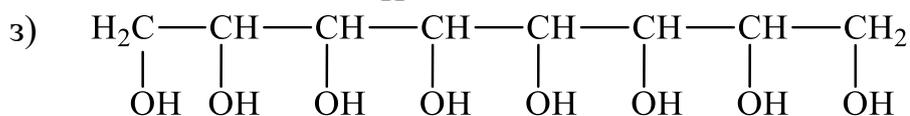
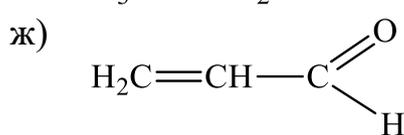
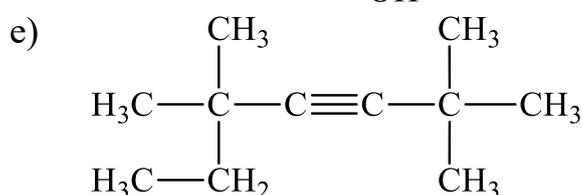
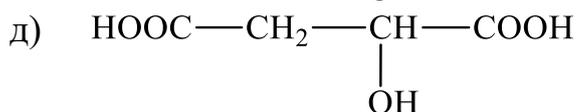
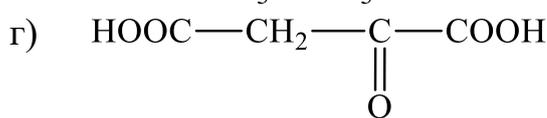
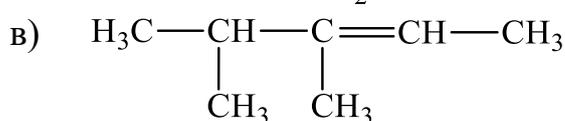
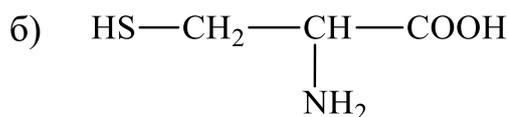
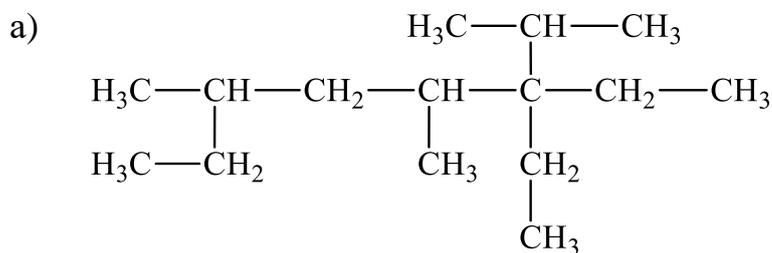
- изучение тем и подготовка устных ответов на вопросы, вынесенные на СРС;
- написание тематических докладов, рефератов и оформление презентаций;
- выполнение заданий для самоконтроля знаний.

Перечень заданий СРС:

1. Напишите структурные формулы следующих соединений:
 - а) 2-бром-1,1,1-трифтор-2-хлорэтан
 - б) 2,4,6-триметил-3,5-диэтилгептан
 - в) 3,4-диметил-2-этилпентен-1
 - г) 2,8-диметилнонин-4
 - д) 2-метилпентен-1-ин-3
 - е) транс-бутендиовая кислота
 - ж) 2-оксопентандиовая кислота
 - з) бутаналь
 - и) пропанон-2

к) 2-амино-3-меркапто-3-метилбутановая кислота

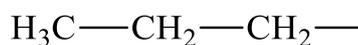
2. Назовите по заместительной номенклатуре IUPAC следующие соединения:



3. Назовите следующие радикалы.

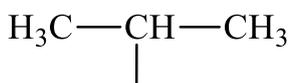
Структурные формулы радикалов:

а)



г)

б)



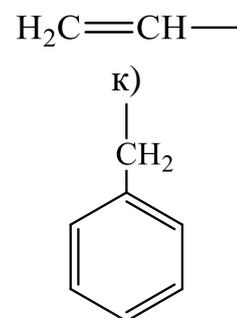
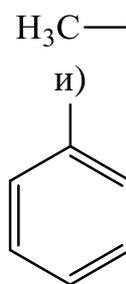
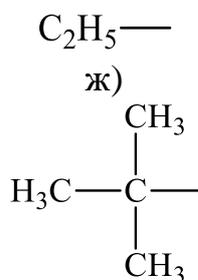
д)

15

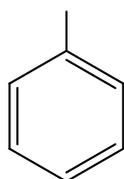
в)



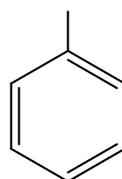
е)



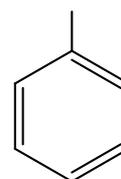
4. Допишите функциональные группы или радикалы в структурные формулы:



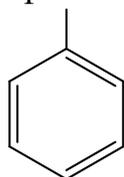
фенол



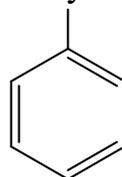
толуол



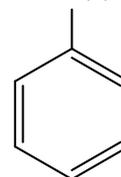
бензальдегид



хлорбензол



бензойная кислота



анилин

5. Заполните пробелы в таблице

Характеристическая группа		
формула	префикс	суффикс
-ОН	гидрокси-	
		-тиол
	амино-	
-COOH	карбокси-	
-CH=O		-аль
	оксо-	-он

Контроль СРС осуществляется в виде:

- оценки устного ответа на вопрос, реферата, доклада или презентации;
- индивидуальной беседы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Биоорганическая химия : учеб. пособие / О. Н. Ринейская [и др.]. – Минск : Новое знание, 2022. – 280 с.
2. Биоорганическая химия : учебник / И.В. Романовский [и др.] ; под общ. ред. И.В. Романовского. – Минск : Новое знание ; М. : ИНФРА-М, 2015. – 504 с.

3. Тюкавкина, Н. А. Биоорганическая химия : учебник [Электронный ресурс] / Н. А. Тюкавкина, Ю. И. Бауков, С. Э. Зурабян. – Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2020. – 297 с. Режим доступа: https://fileskachat.com/file/85834_ef1f41af72cd528b8250488ffcd67856.html. – Дата доступа: 01.04.2022.

4. Биоорганическая химия : практикум [Электронный ресурс] / М-во здравоохранения РБ, БГМУ, Каф. биоорганической химии ; О. Н. Ринейская [и др.]. – 2-е изд. – Минск : БГМУ, 2022. – 139 с. Режим доступа: <http://rep.bsmu.by/handle/BSMU/36047>. – Дата доступа: 25.08.2022.