

**УО «Витебская ордена «Знак Почета» государственная
академия ветеринарной медицины»**

Кафедра химии

БИОХИМИЯ ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ:
[электронный ресурс]

Котович Игорь Викторович,
Елисейкин Дмитрий Владимирович

Биохимия гетероциклических соединений: учеб.-метод. пособие
К 73 / И.В. Котович, Д.В. Елисейкин. – Витебск: УО ВГАВМ, 2006. – 50 с.

Витебск
УО ВГАВМ
2006

© Котович И.В., Елисейкин Д.В., 2006
© УО «Витебская ордена «Знак Почета»
государственная академия ветеринарной
медицины», 2006

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«ВИТЕБСКАЯ ОРДЕНА «ЗНАК ПОЧЁТА» ГОСУДАРСТВЕННАЯ
АКАДЕМИЯ ВЕТЕРИНАРНОЙ МЕДИЦИНЫ»**

И.В. КОТОВИЧ, Д.В. ЕЛИСЕЙКИН

**БИОХИМИЯ
ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ**

Учебно-методическое пособие для преподавателей, студентов факультета ветеринарной
медицины, зооинженерного факультета и факультета заочного обучения

**ВИТЕБСК
УО ВГАВМ
2007**

УДК 547:577
ББК 24.23
К 73

Рецензенты: Е.Н.Кудрявцева, кандидат биологических наук, доцент кафедры нормальной и патологической физиологии;
Н.Г.Толкач, кандидат ветеринарных наук, доцент, заведующий кафедрой фармакологии и токсикологии

Котович И.В., Елисейкин Д.В.

К 73 Биохимия гетероциклических соединений: учеб.-метод. пособие для преподавателей, студентов ф-та ветеринар. медицины, зооинж. ф-та и ф-та заоч. обучения / И.В.Котович, Д.В. Елисейкин. – Витебск: УО ВГАВМ, 2007. – 28 с.

ISBN 978-985-512-057-6

Учебно-методическое пособие написано в соответствии с программой по органической и биологической химии. Оно предназначено для преподавателей, студентов факультета ветеринарной медицины, зооинженерного факультета и факультета заочного обучения. В пособии отражены данные о строении и свойствах основных групп гетероциклических соединений. Большое внимание уделено вопросам биологической роли и применения в ветеринарной медицине и животноводстве важнейших гетероциклических соединений и их производных.

Рекомендовано научно-методическим советом УО «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины» 9 апреля 2007 г. (протокол № 21)

Разрешено к печати редакционно-издательским советом УО «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины» 4 мая 2007 г., протокол № 10

УДК 547:577
ББК 24.23

ISBN 978-985-512-057-6

© Котович И.В., Елисейкин Д.В., 2007
© УО «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины», 2007

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
ВВЕДЕНИЕ.....	4
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПРИ ИЗУЧЕНИИ РАЗДЕЛА «ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ».....	5
КЛАССИФИКАЦИЯ И НОМЕНКЛАТУРА ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ.....	5
АРОМАТИЧНОСТЬ ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ.....	6
ПЯТИЧЛЕННЫЕ ГЕТЕРОЦИКЛЫ С ОДНИМ ГЕТЕРОАТОМОМ.....	7
ПЯТИЧЛЕННЫЕ ГЕТЕРОЦИКЛЫ С ДВУМЯ ГЕТЕРОАТОМАМИ.....	12
ШЕСТИЧЛЕННЫЕ ГЕТЕРОЦИКЛЫ С ОДНИМ И ДВУМЯ ГЕТЕРОАТОМАМИ АЗОТА.....	14
ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ С КОНДЕНСИРОВАННЫМИ СИСТЕМАМИ.....	17
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ ПО РАЗДЕЛУ: «ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ».....	21
ПРИМЕРНЫЕ ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ ПО РАЗДЕЛУ: «ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ».....	22
ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ.....	27
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	28

ВВЕДЕНИЕ

Гетероциклические соединения – это органические вещества, в цикле которых помимо атомов углерода содержатся атомы других химических элементов, называемые гетероатомами. Валентность гетероатомов должна быть не менее двух. Поэтому в их роли чаще всего выступают кислород, азот, сера.

Некоторые соединения с атомами кислорода или азота также имеют циклическую структуру. Это циклические ангидриды, циклические сложные эфиры (лактиды и лактоны) и циклические амиды (дикетопиперазины и лактамы). Однако данные вещества легко вступают в реакции (например, гидролиза), сопровождающиеся раскрытием цикла. Поэтому они не являются истинными гетероциклическими соединениями, для которых характерна высокая прочность цикла.

Значение гетероциклических соединений весьма велико. Они участвуют в биохимических процессах, протекающих в организме человека и животных, входят в состав липидов, белков, нуклеиновых кислот, ферментов, витаминов, биологически активных веществ. Более половины всех лекарственных веществ содержит в своей структуре гетероциклы. Почти все алкалоиды имеют гетероциклическое строение.

Понимание медико-биологических аспектов роли гетероциклических соединений невозможно без глубокого знания их строения, свойств и реакционной способности. Поэтому изучение данных вопросов будущими специалистами ветеринарного и зооинженерного профиля является актуальной задачей.

Учебно-методическое пособие «Биохимия гетероциклических соединений» предназначено для преподавателей, студентов факультета ветеринарной медицины, зооинженерного факультета и факультета заочного обучения. Пособие написано в соответствии с программой курса «Органическая и биологическая химия».

В пособии разбираются строение и свойства гетероциклических соединений с одним и несколькими гетероатомами и имеющие пяти-, шестичленную структуру, а также конденсированную систему циклов. Особое внимание уделяется медико-биологическому значению данных гетероциклических соединений и их важнейших производных.

Для закрепления изучаемого студентами материала в пособии приведены контрольные вопросы и тестовые задания, которые студентам необходимо выполнить по разделу «Гетероциклические соединения».

В конце пособия приведены предметный указатель и список необходимой литературы.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПРИ ИЗУЧЕНИИ РАЗДЕЛА «ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ»

Цель изучения раздела: разобрать строение, свойства и медико-биологическое значение важнейших групп гетероциклических соединений и их производных.

Основные теоретические вопросы при изучении раздела

- Классификация и номенклатура гетероциклических соединений.
- Пятичленные гетероциклы с одним гетероатомом.
- Пятичленные гетероциклы с двумя гетероатомами.
- Шестичленные гетероциклы с одним и двумя гетероатомами азота.
- Гетероциклические соединения с конденсированными системами.

• КЛАССИФИКАЦИЯ И НОМЕНКЛАТУРА ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

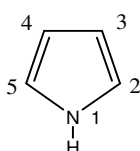
Гетероциклические соединения очень разнообразны. Они различаются общим числом атомов в цикле, количеством и природой самих гетероатомов, степенью насыщенности цикла. Эти различия лежат в основе классификации гетероциклических соединений, которые делятся на группы в зависимости от числа атомов в цикле. Наиболее распространенными являются **пяти-** и **шестичленные** гетероциклы с **одним** и **двумя** гетероатомами.

Гетероциклические соединения могут быть **насыщенными**, **ненасыщенными** и **ароматическими**. Ненасыщенные гетероциклы встречаются в природных и биологически активных соединениях чаще, чем насыщенные.

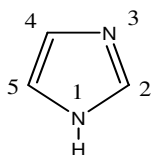
Большое значение имеют гетероциклы, **конденсированные** с бензольным кольцом или с другим гетероциклом.

В зависимости от природы гетероатома различают азот-, кислород- и серусодержащие гетероциклические соединения.

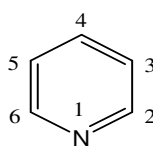
Названия ароматических гетероциклов, как правило, тривиальные, но они приняты номенклатурой ИЮПАК, в том числе и в качестве названий родоначальных структур при построении систематических названий. В номенклатуре ИЮПАК имеются и систематические названия для самих гетероциклов, но они пока мало используются, особенно в химии пяти- и шестичленных гетероциклов.



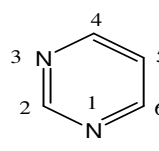
пиррол



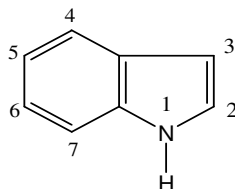
имидазол



пиридин



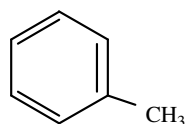
пиримидин



индол

Нумерация атомов в гетероциклах начинается от гетероатома. В гетероциклах с одним гетероатомом атомы углерода иногда обозначаются греческими буквами, начиная от атома углерода, соседнего с гетероатомом, как это показано на примерах пиррола и пиридина. В гетероциклах с несколькими равноценными гетероатомами нумерация проводится так, чтобы гетероатомы получили наименьшие номера. Например, из двух возможных направлений нумерации в случае пиридина правильным считается такое, при котором атомы азота получают номера 1 и 3, а не 1 и 5. Если имеются два атома азота с различным электронным строением (—N— и —NH—), то нумерацию ведут от —NH— , как это показано на примере имидазола (пурин составляет исключение). В гетероциклах с различными гетероатомами старшим считается кислород, далее сера и затем азот.

Названия производных гетероциклов строятся по общим правилам систематической номенклатуры органических соединений, например 2-метилпиридин (тривиальное название α -пиколин).



2-метилпиридин

• АРОМАТИЧНОСТЬ ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

Наибольшее значение представляют пятичленные (пиррол, фуран, тιοфен, имидазол, пиразол) и шестичленные (пиридин, пиримидин) ароматические гетероциклические соединения. Они соответствуют критериям ароматичности, т.е. имеют плоский цикл, сопряженную электронную систему, охватывающую все атомы цикла и содержащую согласно правила Хюккеля $4n+2$ обобщенных p -электронов.

Пиррол - пятичленный гетероцикл с одним атомом азота. Атомы углерода и азота находятся в нем в sp^2 -гибридизации (рисунок 1). На негибридной p -орбитали атома азота в пирроле находится неподеленная пара электронов. Она участвует в сопряжении с p -электронами четырех атомов углерода с образованием единого π -электронного облака. Три sp^2 -гибридные орбитали образуют три σ -связи. Атом азота с рассмотренным электронным строением принято называть *пиррольным*.

В других пятичленных гетероциклах, имеющих один гетероатом (**фуран** и **тиофен**) - неподеленная пара электронов соответственно атомов кислорода и серы, так же, как и пиррольного атома азота, включается в сопряжение с p -электронами атомов углерода с образованием единого электронного облака, по числу электронов отвечающего правилу Хюккеля.

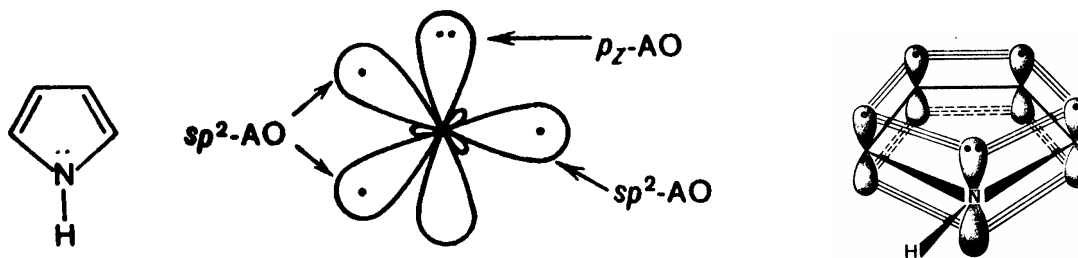


Рисунок 1 - Электронное строение пиррола.

Пиридин представляет собой шестичленный гетероцикл с одним атомом азота и по своему электронному строению напоминает бензол (рисунок 2). Атомы углерода и атом азота находятся в состоянии sp^2 -гибридизации. Все σ -связи (C—C , C—N и C—H) лежат в одной плоскости. Из трех sp^2 -гибридных орбиталей две вступают в образование σ -связей с двумя атомами углерода, а третья орбиталь содержит неподеленную пару электронов. За счет элек-

трона, находящегося на негибридной p -орбитали, атом азота участвует в образовании единого 6 p -электронного облака с p -электронами пяти атомов углерода. Атом азота с таким электронным строением называют *пиридиновым*.

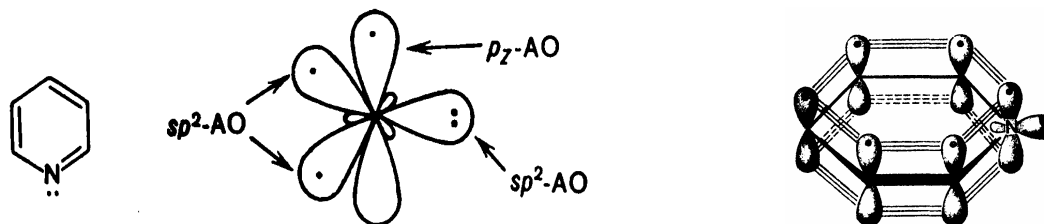
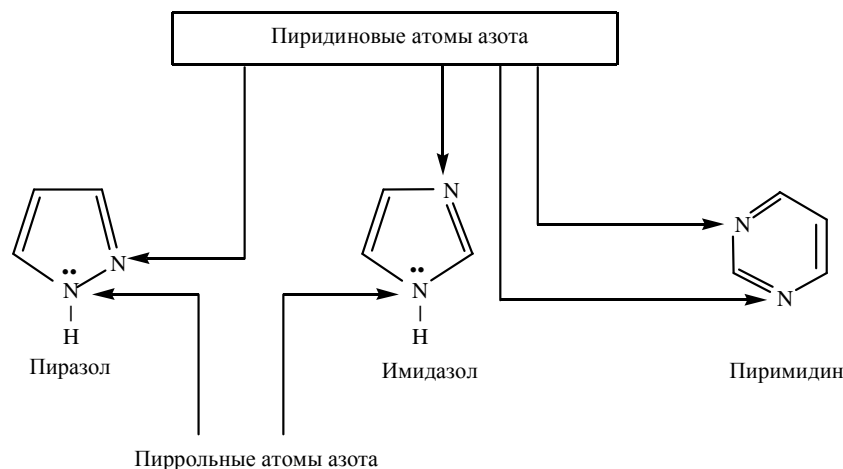


Рисунок 2 - Электронное строение пиридина.

Таким образом, структура пиридина удовлетворяет критериям ароматичности.

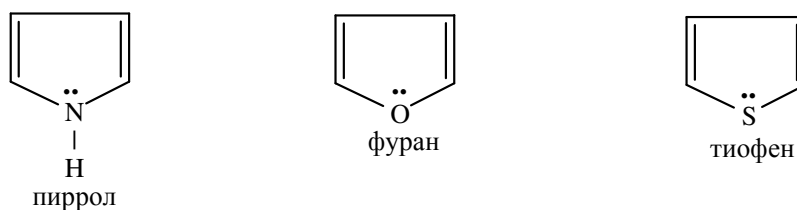
К ароматическим гетероциклам, имеющим два гетероатома относятся **имидазол**, **пирразол** и **пиримидин**. В имидазоле и пирразоле один из атомов азота относится к пиррольному типу, а другой - к пиридиновому. Пиррольный атом азота вносит в сопряженную систему два p -электрона, а пиридиновый - один p -электрон. Остальные три p -электрона поставляют три атома углерода.

В пиримидине оба атома азота являются пиридиновыми и предоставляют по одному p -электрону в сопряжение с p -электронами четырех атомов углерода.

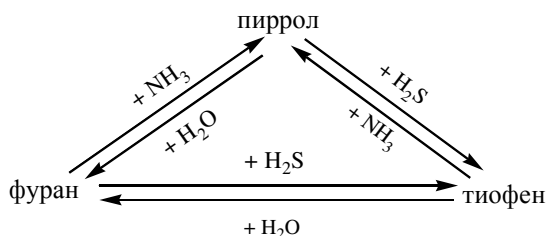


• ПЯТИЧЛЕННЫЕ ГЕТЕРОЦИКЛЫ С ОДНИМ ГЕТЕРОАТОМОМ

Среди соединений этой группы наиболее распространены **пиррол**, **фуран** и **тиофен**. Данные вещества относятся к ароматическим, т.к. содержат согласно правилу Хюккеля плоский замкнутый цикл и сопряженную систему, включающую $(4n+2)$ электрона. В этих соединениях сопряженная система имеет 6 электронов: по одному от четырех sp^2 -гибридизованных атомов углерода и еще два электрона за счет неподеленной пары электронов атома азота (кислорода или серы).



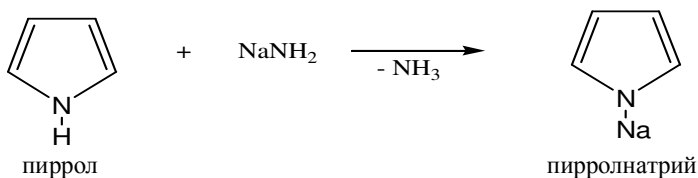
Взаимопревращения между данными соединениями можно отразить схемой:



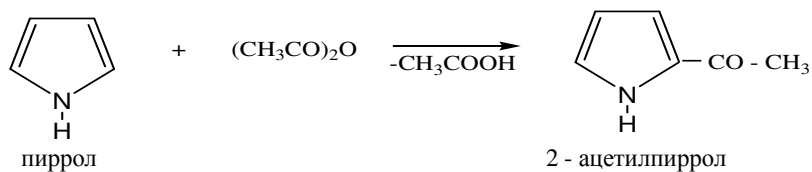
Пиррол представляет собой бесцветную жидкость (т. кип. 130 °С, т. пл. -18 °С) с запахом хлороформа. Он слабо растворим в воде, легко растворяется в большинстве органических растворителей; на воздухе темнеет и постепенно осмоляется. При воздействии на пиррол минеральных кислот образуется полимерная масса темного цвета, не имеющая практического применения. Такая неустойчивость пиррола в сильноокислой среде называется ацидофобностью («кислотобоязнь»). Эту особенность следует учитывать при экспериментальной работе с пирролом, например проведении реакций электрофильного замещения. Многие из применяемых реагентов являются сильными кислотами, например серная кислота в реакции сульфирования, азотная кислота в реакции нитрования, а в реакции галогенирования опасен выделяющийся галогеноводород.

Пиррол практически лишен основных свойств, так как неподеленная пара электронов атома азота является составной частью сопряженной системы ароматического кольца.

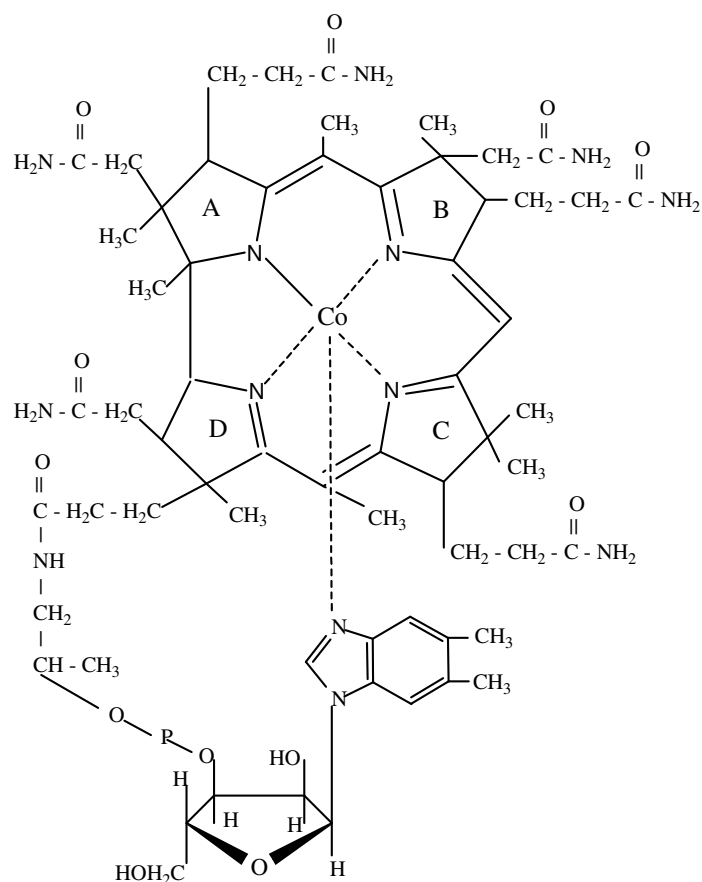
В реакциях с калием, натрием или амидом натрия NH-группа пиррола проявляет кислотный характер.



Пиррол как ароматическое соединение вступает в реакции электрофильного замещения. В этих реакциях атакуются преимущественно α-атомы углерода, где электронная плотность несколько выше, чем на β-атомах. Для устранения прямого действия кислоты реакции осуществляют с помощью реагентов (например, с уксусным ангидридом), не содержащих протон.

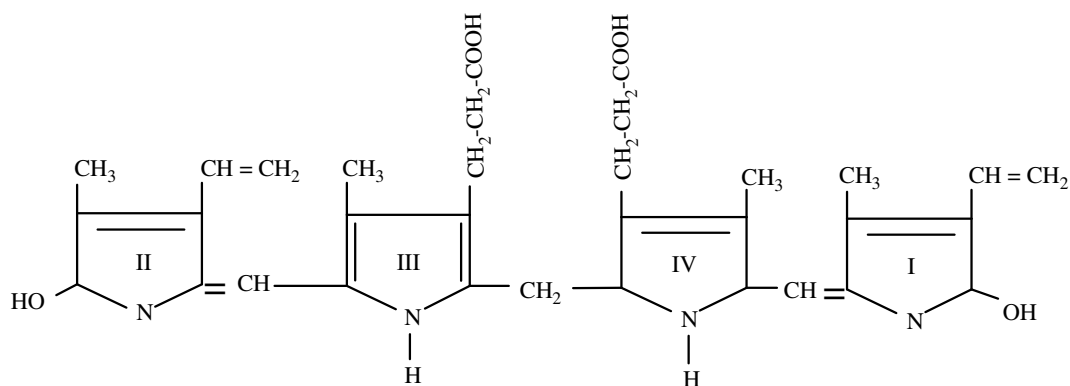


Пиррол способен восстанавливаться в присутствии катализаторов (Pd, Pt, Ni и др.) с образованием насыщенного гетероцикла пирролидина. При ступенчатом восстановлении



Витамин В₁₂ (кобаламин)

При распаде гемоглобина и ряда других гемопротеинов в организме человека и животных образуется желчный пигмент билирубин, представляющий собой линейную тетрапиррольную структуру.

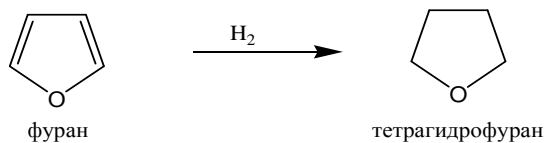


билирубин

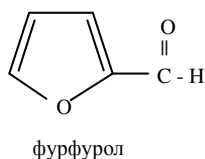
Фуран — бесцветная легкокипящая жидкость (т. кип. 31 °С), по растворимости и химическим свойствам напоминающая пиррол. Фуран также ацидофобен и при действии минеральных кислот подвергается полимеризации.

Реакции электрофильного замещения (нитрование, сульфирование, ацилирование) протекают для фурана аналогично рассмотренным для пиррола. При гидрировании фу-

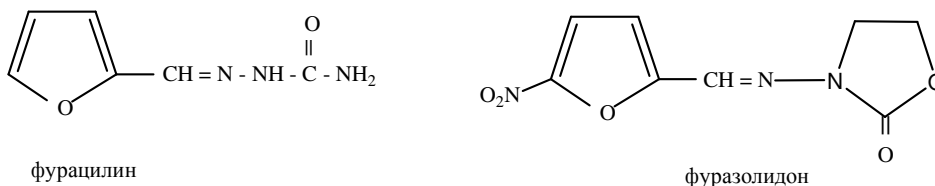
рана в присутствии катализатора образуется тетрагидрофуран, широко используемый как растворитель.



Одним из важнейших производных фурана является *фурфурол* (фуран-2-карбальдегид). В промышленности его получают в больших количествах из непищевого растительного сырья, содержащего полисахариды (отходы древесины, солома, кукурузная кочерыжка и др.). Фурфурол — маслянистая жидкость (т. кип. 162 °С), имеющая запах ржаного хлеба; именно он и обуславливает аромат свежеспеченного хлеба.



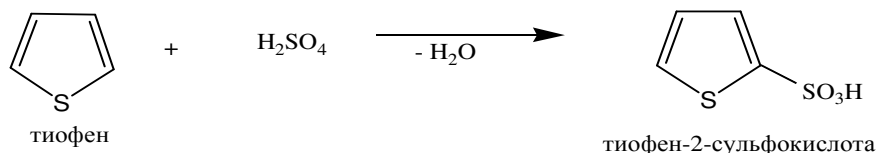
В медицине и ветеринарии нашли применение производные 5-нитрофурфурола. Они получают при нитровании фурфурола азотной кислотой в присутствии уксусного ангидрида, блокирующего альдегидную группу от легкого окисления, и последующим взаимодействием 5-нитрофурфурола с соединениями, содержащими аминогруппу. Образующиеся при этом имины обладают бактерицидной и некоторыми другими видами физиологической активности. Наиболее часто используемые лекарственные средства этой группы – *фурацилин* и *фуразолидон*.



Данные соединения эффективны при гнойно-воспалительных процессах, вызываемых микроорганизмами (дизентерии, брюшном тифе и др.).

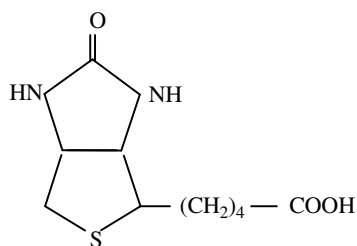
Тиофен среди пятичленных гетероциклов с одним гетероатомом в наибольшей степени проявляет ароматические свойства. Он и по физическим свойствам напоминает бензол. Тиофен представляет собой бесцветную жидкость (т. кип. 84 °С; у бензола 80 °С), имеющая запах бензола, не растворимая в воде. Тиофен содержится в каменноугольном дегте и легких фракциях нефти, является примесью в техническом бензоле (до 0,5 %).

Как «л-избыточная» система тиофен легче по сравнению с бензолом вступает в реакции электрофильного замещения. В отличие от пиррола и фурана, тиофен неацидофобен из-за своей высокой ароматичности. Например, тиофен легко сульфировается концентрированной серной кислотой при комнатной температуре, тогда как бензол в этих условиях с серной кислотой не реагирует. На этом основана очистка технического бензола от примеси тиофена: образовавшаяся тиофен-2-сульфокислота, будучи намного полярнее бензола, растворима в серной кислоте, что позволяет легко разделить два слоя – более легкий бензольный и нижний кислотный.



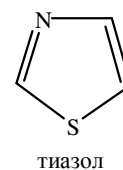
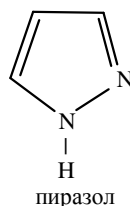
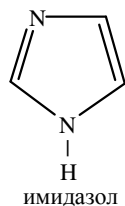
Для тиофена в меньшей степени, чем для пиррола и фурана, характерны реакции с потерей ароматичности, т.е. реакции присоединения, например восстановления.

В медицине и фармации производные тиофена имеют ограниченное применение. Они содержатся в препарате *ихтиол*, который представляет собой сложную смесь веществ, получаемых из сернистых сланцев. Кольцо гидрированного тиофена входит в состав *витамина Н* (биотина), предотвращающего себорейные дерматиты.



• ПЯТИЧЛЕННЫЕ ГЕТЕРОЦИКЛЫ С ДВУМЯ ГЕТЕРОАТОМАМИ

Важнейшими представителями этой группы соединений являются гетероциклы, в которых один или оба гетероатома представлены атомами азота. К их числу относятся **имидазол**, **пиразол** и **тиазол**. Эти гетероциклы обладают ароматичностью. Наличие в них второго гетероатома, более электроотрицательного, чем атом углерода, приводит к уменьшению электронной плотности на атомах углерода. Это делает рассматриваемые гетероциклы менее активными в реакциях электрофильного замещения по сравнению с соединениями, имеющими только один гетероатом.



Имидазол (систематическое название 1,3-диазол) — кристаллическое вещество (т. пл. 90°C; т. кип. 256 °C), хорошо растворимое в воде и этаноле.

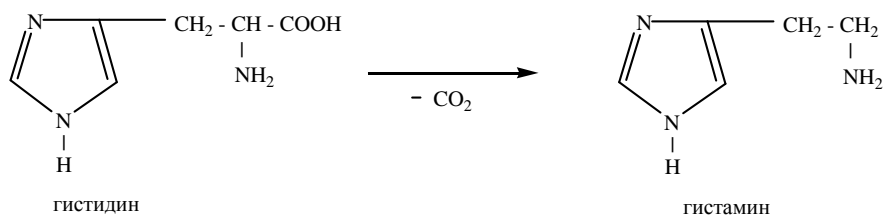
Имидазол проявляет основные свойства за счет пиридинового атома азота и слабые кислотные свойства за счет пиррольного азота. Следовательно, имидазол как амфотерное соединение способен принимать или отщеплять протон. Подвижность атома водорода NH-группы создает возможность его переноса к пиридиновому атому азота, являющемуся центром основности. Такой перенос протона обуславливает таутомерию имидазола, т. е. его существование в виде таутомерных форм, у которых положения 4 и 5 кольца равноценны. Например, 4- и 5-метиимидазол являются таутомерами, т. е. они настолько легко и быстро переходят один в другой, что выделить их в виде индивидуальных соединений невозможно.

Реакционная способность имидазола в реакциях электрофильного замещения понижена. Например, реакции сульфирования и нитрования протекают с большим трудом, в частности имидазол нитруется в 10^{10} раз медленнее, чем бензол. Причина этого заключается главным образом в том, что в кислой среде имидазол превращается в имидазолий-катион, который практи-

чески невосприимчив к атаке электрофильным реагентом. В реакциях нитрования и сульфирования замещение идет преимущественно в положении 4 или 5.

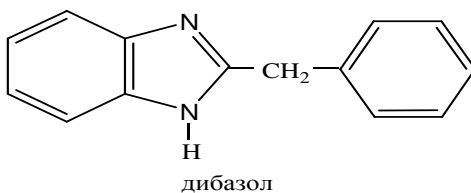
Производными имидазола, имеющими важное биологическое значение, являются аминокислота *гистидин*, входящая в состав белков, и ее производное *гистамин*.

Гистидин для взрослых организмов является заменимой аминокислотой, а для растущих – необходимым фактором питания.



Гистамин образуется в организме человека и животных из гистидина ферментативным путем в результате реакции декарбоксилирования. Он снижает кровяное давление, расширяя стенки кровеносных сосудов, стимулирует секрецию соляной кислоты в желудке, участвует в аллергических реакциях организма.

Конденсированная система бензимидазола входит в состав некоторых биологически активных веществ, например витамина B₁₂, и является основой лекарственного средства дибазола (2-бензилбензимидазола), понижающего артериальное давление.

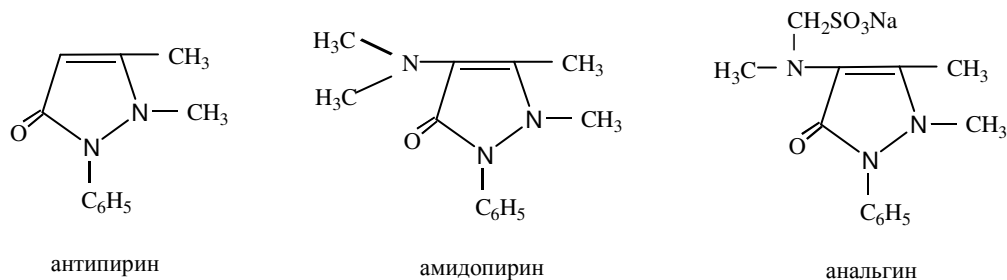


Пиразол (1,2-диазол) — кристаллическое вещество (т. пл. 70 °С; т. кип. 187°С), хорошо растворимое в воде, этаноле, эфире. В отличие от имидазола, пиразол и его производные в природе не встречаются, однако на основе пиразола синтезированы многие лекарственные средства.

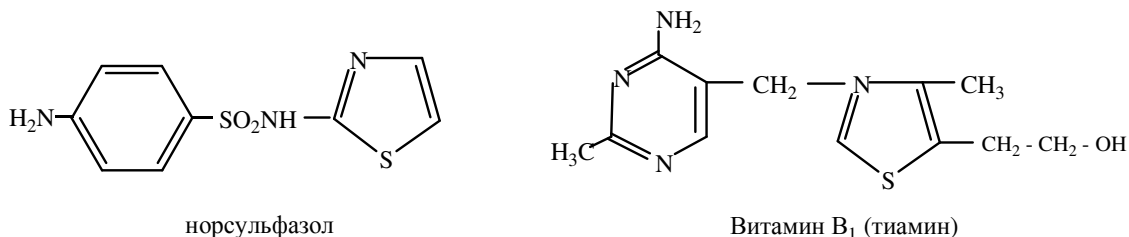
Химические свойства пиразола во многом подобны свойствам имидазола. Пиразол проявляет одновременно кислотные и основные свойства.

В реакциях электрофильного замещения (сульфирование, нитрование, галогенирование) пиразол ведет себя аналогично имидазолу. Место электрофильной атаки зависит от условий реакции, но чаще всего электрофильный реагент вступает в положение 4 с наибольшей электронной плотностью.

Многие лекарственные средства на основе пиразола являются производными пиразолона-3. К таким соединениям относятся *антипирин* (1,5-диметил-2-фенилпиразолон-3), *амидопирин* (1,5-диметил-4-диметиламино-2-фенилпиразолон-3) и водорастворимое сульфопроизводное амидопирина *анальгин*, применяемые как жаропонижающие и болеутоляющие средства.

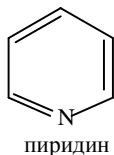


Тиазол (1,3-тиазол) — представитель ароматических гетероциклов с двумя различными гетероатомами. Он обладает слабыми основными свойствами и образует соли с сильными кислотами за счет пиридинового атома азота. Структура тиазола встречается в составе важных биологически активных веществ — *тиамина* (витамина В₁), предотвращающего заболевание полиневрит и противомикробного сульфаниламидного препарата *норсульфазола*.



• **ШЕСТИЧЛЕННЫЕ ГЕТТЕРОЦИКЛЫ С ОДНИМ И ДВУМЯ ГЕТЕРОАТОМАМИ АЗОТА**

Среди шестичленных гетероциклов с одним гетероатомом важнейшим является **пиридин**.



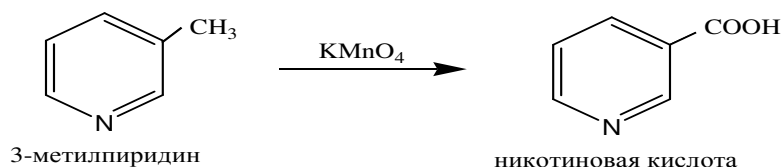
Пиридин — бесцветная жидкость (т. кип. П5°С, т. пл. – 42 ° С) с неприятным запахом, смешивающаяся в любых соотношениях с водой и большинством органических растворителей.

Основные свойства пиридина обусловлены неподеленной парой электронов атома азота, которая не принимает участия в сопряжении и способна принимать протон. По сравнению с алифатическими аминами основные свойства пиридина выражены значительно слабее (примерно в миллион раз). Тем не менее при взаимодействии пиридина с сильными кислотами образуются пиридиновые соли.

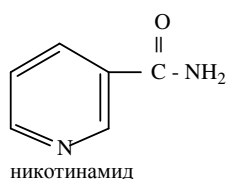
Основные свойства пиридина проявляются также в реакциях с кислотами Льюиса, т.е. с соединениями, способными принимать пару электронов на свою незаполненную орбиталь. Так, с оксидом серы (VI) пиридин образует донорно-акцепторный комплекс пиридинсульфотриоксид, используемый для сульфирования ацидофобных пятичленных гетероциклов.

Наряду с основными свойствами атом азота в пиридине проявляет и нуклеофильные свойства, т.е. способность атаковать атом углерода, несущий частичный положительный заряд (электрофильный центр). Взаимодействие пиридина с галогеналканами приводит к образованию солей алкилпиридиния.

Ароматическое пиридиновое ядро очень устойчиво к действию окислителей. Гомологи пиридина, как и гомологи бензольного ряда, окисляются без разрушения цикла. При этом получают пиридинкарбоновые кислоты, имеющие важное значение в фармации. Например, β-пиколин (3-метилпиридин) окисляется в никотиновую (пиридин-3-карбоновую) кислоту.

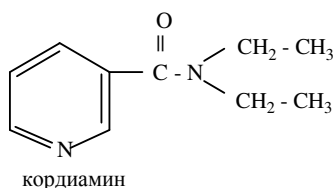


К производным пиридина относится амид никотиновой кислоты (никотинамид), известный также как витамина В₅ (PP) или антипеллагрический фактор.

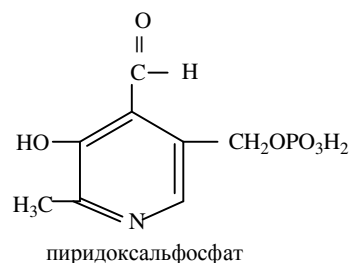
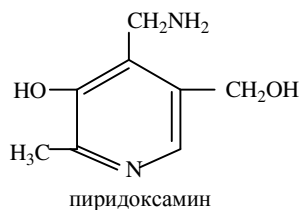
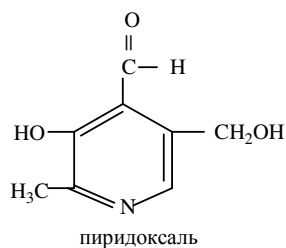
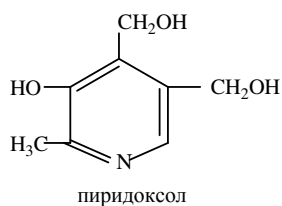


Никотинамид входит в состав коферментов НАД и НАДФ, участвующих в составе ферментов класса оксидоредуктаз в окислительно-восстановительных реакциях в организме человека и животных, а также предупреждает заболевание пеллагру.

Диэтиламид никотиновой кислоты, *кордиамин*, используется как стимулятор центральной нервной системы.

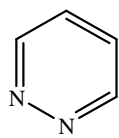


Кольцо пиридина входит также в состав витамина В₆, который включает три соединения – пиридоксол, пиридоксаль и пиридоксамин.

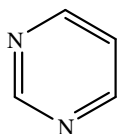


Пиридоксальфосфат входит в состав ферментов, участвующих в обмене аминокислот.

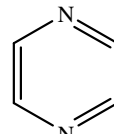
Шестиленные гетероциклические соединения, содержащие два атома азота, имеют общее название **диазины** и различаются взаимным расположением атомов азота.



пиридазин



пиримидин

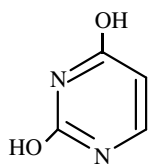


пиразин

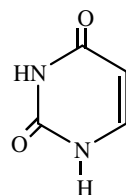
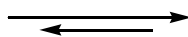
Каждый из этих гетероциклов содержит сопряженную шестиэлектронную систему. Наличие двух атомов азота в кольце еще больше, чем в пиридине, понижает электронную плотность на атомах углерода, что приводит к снижению активности диазинов в реакциях электрофильного замещения и, напротив, облегчает реакции нуклеофильного замещения в сравнении с пиридином. При этом уменьшается и основность диазинов; они являются очень слабыми основаниями и образуют соли с одним эквивалентом сильной кислоты, несмотря на наличие двух центров основности.

Среди производных диазинов, имеющих биологическое значение и применяемых в медицине, наиболее важными являются гидрокси- и аминопроизводные пиримидина. К ним относятся некоторые азотистые основания нуклеиновых кислот и барбитуровая кислота.

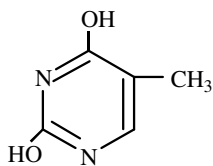
Производные пиримидина – **урацил**, **тимин** и **цитозин** являются компонентами нуклеиновых кислот. Эти производные существуют в лактимной и лактамной таутомерных формах, причём в равновесии преобладают лактамные формы.



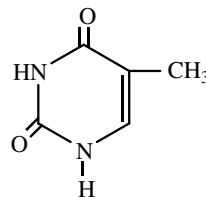
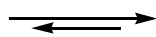
лактимная форма
урацила



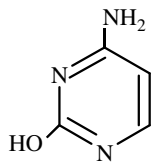
лактамная форма
урацила



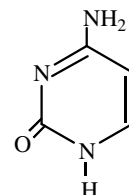
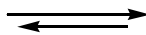
лактимная форма
тимина



лактамная форма
тимина

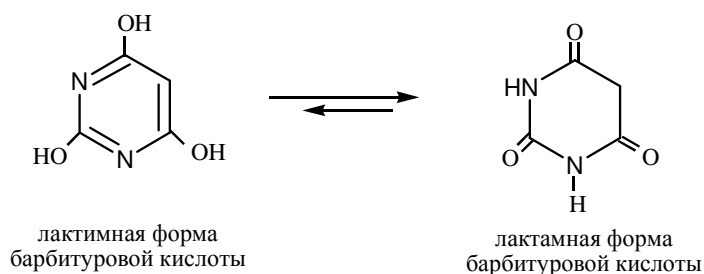


лактимная форма
цитозина

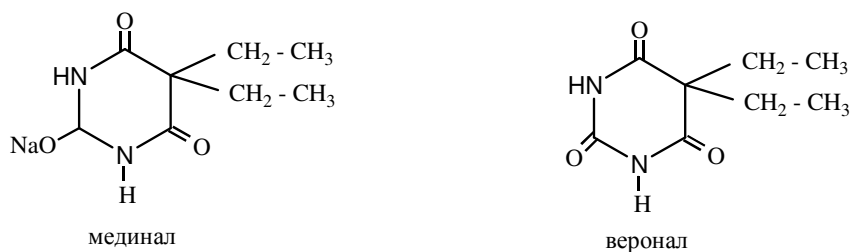


лактамная форма
цитозина

Барбитуровая кислота также может существовать в таутомерных формах. Подвижность атомов водорода, обуславливает кислотные свойства барбитуровой кислоты, которая является более сильной кислотой, чем уксусная.



Производные барбитуровой кислоты называются *барбитуратами* и применяются в качестве снотворных средств.



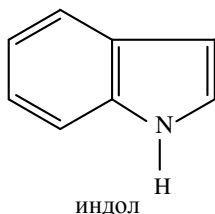
Применение в медицине и ветеринарии нашли также такие производные пириимидина, как *калиевая соль оротовой кислоты* (как стимулятор обменных процессов) и *метилтиоурацил* (при заболеваниях, связанных с гиперфункцией щитовидной железы).



• ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ С КОНДЕНСИРОВАННЫМИ СИСТЕМАМИ

Среди этой группы соединений важное биологическое значение имеют *индол*, *пурин*, *хинолин* и их производные.

Индол представляет собой конденсированную систему двух колец – бензольного и пиррольного.



Индол – содержит 10 обобщённых электронов и обладает ароматическими свойствами. Температура плавления индола 52 °С, температура кипения 253 °С. В заметных количествах индол содержится в каменноугольной смоле.

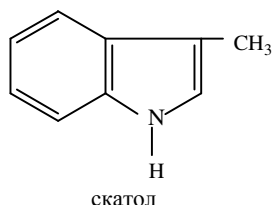
Среди гетероциклов производные индола занимают важное место по многообразию проявлений различных типов физиологической активности. Большинство соединений группы индола даже в маленьких концентрациях проявляют ярко выраженную физиологическую активность. К важнейшим производным индола относятся: триптофан, серотонин, гетероауксин и скатол.



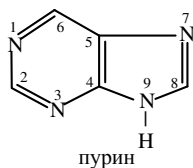
Триптофан – одна из критических незаменимых аминокислот. При метаболизме триптофана в организме человека и животных образуется серотонин, повышающий кровяное давление, а также регулирующий передачу импульсов в нервных тканях.

Гетероауксин (β-индолилуксусная кислота) – наиболее широко известный и применяемый стимулятор роста растений.

При распаде триптофана в толстом отделе кишечника образуется *скатол*. В больших концентрациях данное соединение представляет опасность для организма. Обезвреживание скатола происходит в печени.



Важнейшая конденсированная гетероциклическая система **пурин** состоит из двух сочлененных колец — имидазола и пиримидина. Пурин относится к ароматическим соединениям: он имеет плоский σ-скелет, его сопряженная система состоит из 10 р-электронов, включая поделенную пару электронов атома N-7, что соответствует формуле Хюккеля ($4n + 2$ при $n = 2$). Исторически сложившаяся необычная нумерация атомов в пурине отличается от общих принципов нумерации конденсированных систем, но она является общепотребительной.

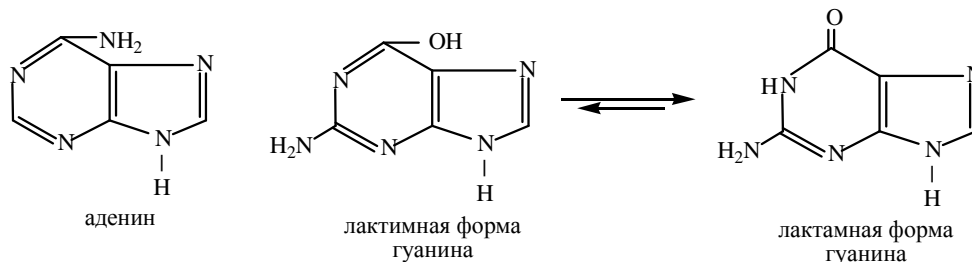


Пурин — бесцветное кристаллическое вещество (т, пл. 216-217 °С), хорошо растворимое в воде, плохо — в эфире, хлороформе. Пурин амфотерен благодаря имидазольному циклу и образует соли с сильными кислотами — за счет пиридиновых атомов азота и с основаниями — за счет NH-кислотного центра.

Пуриновая система входит в состав многих биологически важных соединений — нуклеиновых кислот, лекарственных средств, витаминов, алкалоидов. К наиболее значимым производным пурина относятся гидрокси- и аминопроизводные.

В состав нуклеиновых кислот входят азотистые основания аденин (6-аминопурин) и гуанин (2-амино-6-гидроксипурин). Из двух таутомерных форм гуанина - лактимной и лактамной — более устойчивой является лактамная, в виде которой гуанин представлен в нуклеиновых кислотах.

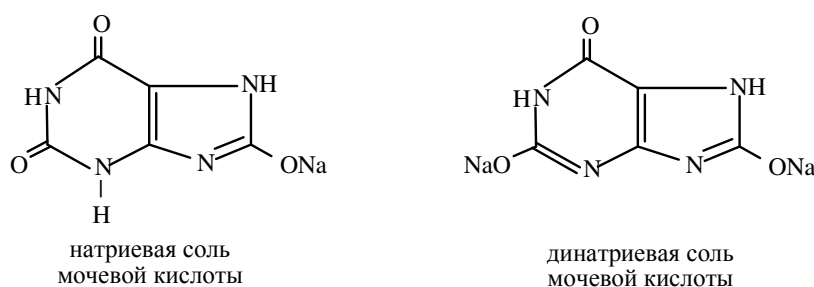
Через атом азота в положении 9 пуриновые основания соединены с остатком β -D-рибозы или β -D-2-дезоксирибозы в нуклеозидах и нуклеиновых кислотах.



Метилированные ксантины. Гипоксантин (6-гидроксипурин), ксантин (2,6-дигидроксипурин) и мочевая кислота (2, 6, 8 - тригидроксипурин) — продукты превращения аденина и гуанина в организме человека и животных. Для них также возможна лактим-лактимная таутомерия, но в кристаллическом виде они существуют преимущественно в лактамной форме.

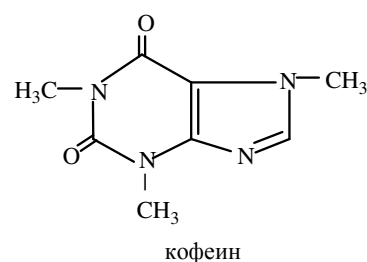
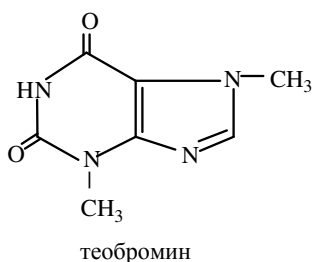
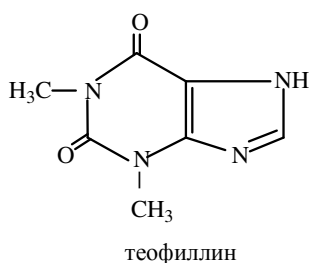


Мочевая кислота является конечным продуктом обмена пуриновых оснований в организме человека и ряда животных. Она плохо растворима в воде, но хорошо растворяется в щелочах, образуя соли с одним или двумя эквивалентами щелочи.

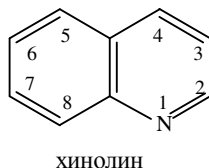


Соли мочевой кислоты называются *ураты*. В норме содержание мочевой кислоты в крови и моче незначительно. Однако при некоторых заболеваниях (например подагре) ураты натрия откладываются в суставах, а также в виде почечных камней.

В медицине и ветеринарии применяются *N*-метилированные производные ксантина: *теофиллин* (1,3-диметилксантин), *теобромин* (3,7-диметилксантин) и *кофеин* (1,3,7-триметилксантин). Теофиллин содержится в листьях чая, теобромин — в бобах какао, кофеин — в листьях чая и зернах кофе, откуда эти вещества и извлекаются. Теофиллин и теобромин обладают мочегонным действием, кофеин стимулирует деятельность центральной нервной системы.



В природных и биологически активных соединениях также часто встречается конденсированная система **хинолин**, в которой ядро пиридина сочленено с бензольным кольцом.



Хинолин — ароматическое соединение: подобно нафталину имеет плоский σ -скелет и единую сопряженную систему из 10 p -электронов, удовлетворяющую формуле Хюккеля ($4n + 2$ при $n = 2$).

По химическим свойствам хинолин во многом напоминает пиридин. Он также обладает слабыми основными свойствами и образует хинолиниевые соли с сильными кислотами.

Наличие в молекуле хинолина двух колец - пиридинового и бензольного - обуславливает ряд особенностей его химического поведения. В реакциях электрофильного замещения атаке легче подвергается бензольное кольцо, так как кольцо пиридина является « π -недостаточным». Замещение протекает преимущественно в положения 5 или 8. В реакции нуклеофильного замещения может вступать только пиридиновое кольцо хинолина, в котором атакуются положения 2 и 4 (как и в пиридине).

Реакция сульфирования хинолина лежит в основе получения 8-гидроксихинолина, который в виде сульфата под названием хинозол применяется как антисептическое средство.

Ряд производных хинолина обладают бактерицидным действием, например 5-НОК (8-гидрокси-5-нитрохинолин) и энтеросептол (8-гидрокси-7-иодо-5-хлорохинолин). Последний может быть получен нитрованием 8-гидроксихинолина.



Бактерицидное действие средств на основе 8-гидроксихинолина заключается в их способности связывать в прочные хелатные комплексы ионы некоторых металлов (Co^{2+} , Si^{2+} , Vl^{3+} и др.). Таким путем происходит выведение микроэлементов, необходимых для жизнедеятельности кишечных бактерий.

**КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ ПО РАЗДЕЛУ:
«ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ»**

1. Чем объясняется ароматический характер пиррола, фурана и тиафена? Ответ аргументированно поясните.
2. В состав каких биологически важных соединений входят производные пиррола и тиафена?
3. Напишите структурные формулы важнейших производных фурана – фурацилина, фурфурола и фуразолидона. Каково медико-биологическое значение данных соединений?
4. Приведите структурные формулы важнейших производных имидазола – гистамина и гистидина. В чем состоит их биологическая роль?
5. Постройте структурные формулы производных пиразола – антипирина, амидопирина и анальгина. Укажите медико-биологическое значение этих соединений.
6. Напишите структурные формулы витаминов РР и В₆. Производными какого гетероцикла они являются и в чем состоит биологическая роль данных витаминов?
7. Приведите структурные формулы мидинала и веронала. Какова медико-биологическая роль этих соединений.
8. Напишите структурные формулы цитозина, урацила и тимина. В чем состоит биологическая роль данных веществ?
9. Постройте структурные формулы кордиамина, метилтиоурацила и оротата калия. Укажите производными каких гетероциклических соединений они являются и состоит их биологическая роль.
10. Напишите структурные формулы норсульфазола и тиамина. Какие циклы входят в их состав и каково значение данных соединений?
11. Приведите структурные формулы триптофана и серотонина, скатола. Производными какого гетероциклического соединения они являются и в чем заключается их биологическая роль?
12. Постройте структурные формулы скатола и гетероауксина. Каково значение данных соединений?
13. Напишите структурные формулы важнейших производных пурина – аденина, гуанина, теофиллина и кофеина. Укажите биологическую роль этих веществ.
14. С нарушением обмена какого соединения связано заболевание подагра? Приведите структурную формулу данного вещества. Производным какого гетероциклического соединения оно является?
15. Приведите структурные формулы энтеросептола и 5-НОК. Какова медико-биологическая роль данных соединений?

**ПРИМЕРНЫЕ ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ ПО РАЗДЕЛУ:
«ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ»**

1. Пятичленные гетероциклические соединения с одним гетероатомом:

- +пиррол
- тиазол
- +фуран
- +тиофен
- пиридин

2. Пятичленные гетероциклические соединения с двумя гетероатомами:

- +имидазол
- пиримидин
- +пиразол
- пурин
- +тиазол

3. Шестичленные гетероциклы с одним гетероатомом:

- пиразин
- +пиридин
- пурин
- тиофен
- пиримидин

4. Шестичленные гетероциклы с двумя гетероатомами:

- +пиразин
- фуран
- +пиридазин
- пиразол
- +пиримидин

5. Гетероциклические соединения с конденсированными системами:

- +пурин
- пиразол
- +хинолин
- пиримидин
- тиофен

6. Основой каких витаминов является пиридин?:

- А
- +В₅
- В₂
- В₁₂
- +В₆

7. Выберите соединения – производные пиридина:

- +никотиновая кислота
- цитозин
- +кордиамин
- +никотинамид
- +пиридоксаль

8. Какой гетероцикл входит в состав гемсодержащих белков и витамина В₁₂?:

- пурин
- тиофен
- +пиррол
- пиримидин
- фуран

9. Выберите пуриновые основания, входящие в состав нуклеиновых кислот:

- урацил
- +аденин
- ксантин
- +гуанин
- тимин

10. Выберите производные пиримидина, входящие в состав нуклеиновых кислот:

- аденин
- +тимин
- гипоксантин
- +урацил
- +цитозин

11. Какой гетероцикл входит в состав барбитуровой кислоты:

- +пиримидин
- пиридин
- гуанин
- цитозин
- тиофен

12. Выберите вещества, обладающие мочегонным действием:

- энтеросептол
- +теофиллин
- +теобромин
- мединал
- ксантин

13. При нарушении обмена каких веществ образуется мочевая кислота?:

- +гуанин
- пиридин
- цитозин
- +аденин
- тимин
- урацил

14. Производные барбитуровой кислоты применяемые в качестве снотворных средств?:

- +веронал
- норсульфазол
- бутадион
- +мединал
- дибазол

15. Производные тиазола:

- энтеросептол
- +витамин В₁
- +норсульфазол
- витамин В₁₂
- анальгин

16. Производные пиразола:

- витамин В₅
- +бутадион
- фурацилин
- +амидопирин
- +анальгин

17. Производные имидазола:

- урацил
- нитроксолин
- +дибазол
- гуанин
- +гистидин

18. В составе каких соединений содержатся производные тиафена?:

- фуразолидон
- +ихтиол
- витамин В₃
- витамин Е
- +витамин Н

19. Производные фурана:

- норсульфазол
- +фурацилин
- энтеросептол
- +фуразолидон
- мединал

20. Соли какой кислоты называются уратами?:

- барбитуровой
- никотиновой
- щавелево-уксусной
- +мочевой
- лимонной

21. Какие гетероциклы входят в состав пурина?:

- пиридин
- +пиримидин
- пиразол
- тиазол
- +имидазол

22. Какие соединения входят в состав хинолина?:

- фенол
- фуран
- +бензол
- пиримидин
- +пиридин

23. Выберите соединения используемые как противотуберкулёзные средства:

- +изониазид
- бутадион
- фурфурол
- дибазол
- +фтивазид

24. При заболевании подагра в крови резко возрастает уровень:

- лимонной кислоты
- яблочной кислоты
- молочной кислоты
- +мочевой кислоты
- щавелево-уксусной кислоты

25. Гетероциклическими аминокислотами являются:

- глицин
- метионин
- +гистидин
- треонин
- +триптофан

26. Производные индола:

- пролин
- +скатол
- +гетероауксин
- +серотонин
- +триптофан

27. Серотонин:

- снижает кровяное давление
- +повышает кровяное давление
- +является нейромедиатором
- образуется при декарбоксилировании гистидина
- +образуется при декарбоксилировании 5-гидрокситриптофана

28. 5-НОК:

- +обладает антибактериальным действием
- +является производным хинолина
- образуется из гистидина
- производное пурина
- образуется из триптофана

29. Никотинамид:

- является производным пурина
- +входит в состав коферментов НАД и НАДФ
- +производное пиридина
- производное пиримидина
- +предотвращает пеллагру

30. Пиридоксальфосфат:

- +участвует в обмене аминокислот и белков
- является производным пиримидина
- +является производным пиридина
- +биологически активная форма витамина В₆
- биологически активная форма витамина В₅

31. Какая аминокислота является производной индола?:

- серин
- +триптофан
- глицин
- треонин
- тирозин
- фенилаланин

32. Гистамин:

- +образуется из гистидина
- +производное имидазола
- +снижает кровяное давление
- +является нейромедиатором
- +участвует в секреции соляной кислоты в желудке
- +участвует в аллергических реакциях

33. Производные пиррола:

- гистидин
- триптофан
- +пролин
- аденин
- тирозин
- +гидроксипроин

34. Оротат калия:

- производное пиридина
- +производное пиримидина
- +активирует синтез нуклеиновых кислот
- понижает кровяное давление
- витамин В₃

35. Лактим-лактазная таутомерия характерна для:

- индола
- +гуанина
- +цитозина
- +урацила
- +тимина

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

- Аденин 19
Амидопирин 13
Анальгин 13
Антипирин 13
- Барбитуровая кислота 16,17
Билирубин 10
- Веронал 17
- Гемм 9
Гидроксипролин 9
Гипоксантин 19
Гистамин 13
Гистидин 13
Гуанин 19
- Дибазол 13
- Изомерия лактим-лактаминная 16, 17, 19
Имидазол 5, 7, 12
Индолилуксусная кислота (гетероауксин) 18
Индол 5, 17, 18
- Кобаламин 10
Кордиамин 15
Кофеин 19, 20
Ксантин 19
- Мединал 17
Метилтиоурацил 17
Мочевая кислота 19
- Никотинамид 15
Никотиновая кислота 14, 15
Нитроксолин (5-НОК) 20
5-НОК
Норсульфазол 14
- Оротат калия 17
- Пиразин 16
Пиразол 12, 13
Пиридин 5, 7, 14
Пиридоксаль 15
Пиридоксальфосфат 15
Пиридоксамин 15
Пиридоксол 15
Пиримидин 5, 7, 16
- Пиррол 5 – 9
Пирролин 9
Пирролидин 9
Пролин 9
Пурин 18
- Серотонин 18
Скатола 18
- Теобромин 19, 20
Теофилин 19, 20
Тиазол 12
Тиамин 13, 14
Тимин 16
Тиофен 8, 11
Триптофан 17
- Ураты 19
Урацил 16
- Фуразолидон 11
Фуран 8, 10
Фурацилин 11
Фурфурол 11
- Хинолин 20
- Цитозин 16
- Энтеросептол 20

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Березов, Т.Т. Биологическая химия: учебник / Т.Т.Березов, Б.Ф.Коровкин. – М.: Медицина, 1998. – 702 с.
2. Биохимия животных: учебник / А.В.Чечеткин [и др.]; под ред. А.В.Чечеткина. - М.: Колос, 1982. – 511 с.
3. Грандберг, И.И. Органическая химия: учебник / И.И.Грандберг. – М.: Высшая школа, 1987. – 480 с.
4. Жеребцов, Н.А. Биохимия: учебник / Н.А.Жеребцов, Т.Н.Попова, В.Г.Артюхов. - Воронеж: Изд-во ВГУ, 2002. – 696 с.
5. Ким, А.Я. Органическая химия: учеб. пособие / А.М. Ким. – Новосибирск: Сибирское университетское изд-во, 2002. – 971 с.
6. Кононский, А.И. Биохимия животных: учеб. пособие для вузов / А.И.Кононский. – Киев: Вища школа, 1980. – 432 с.
7. Нейланд, О.Я. Органическая химия: учебник / О.Я. Нейланд. – М.: Высшая школа, 1990. – 751 с.
8. Николаев, А.Я. Биологическая химия: учебник / А.Я.Николаев. – М.: Медицинское информационное агентство. – 2004. – 566 с.
9. Овчинников, Ю.А. Биоорганическая химия / Ю.А.Овчинников. – М.: Просвещение, 1987. – 815 с.
10. Органическая химия: учебник / А.П. Лузин [и др.]; под ред. Н.А. Тюкавкиной. – М.: Медицина, 1998. – 496 с.
11. Степаненко, Б.Н. Курс органической химии: учебник / Б.Н.Степаненко. – М.: Высшая школа, 1979. – 432 с.
12. Строев, Е.А. Биологическая химия: учебник / Е.А.Строев. – М.: Высшая школа, 1986. – 479 с.
13. Тюкавкина, Н.А. Биоорганическая химия: учебник / Н.А.Тюкавкина, Ю.И.Бауков. - М.: Дрофа, 2005. – 542 с.
14. Фармакология: учебник / В.Д. Соколов [и др.]; под ред. В.Д. Соколова. – М.: Колос, 1997. – 543 с.
15. Хазипов, Н.З. Биохимия животных: учебник / Н.З.Хазипов, А.Н.Аскарова. – Казань: КГАВМ, 2003. – 312 с.

Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины (до 01.10.1994 года – Витебский «Знак Почета» ветеринарный институт имени Октябрьской революции) была открыта в ноябре 1924 года и является одним из ведущих аграрных вузов страны. За время своего существования ВУЗ обучил и направил на производство свыше 30 тысяч специалистов.

Основными учебными подразделениями академии являются факультеты ветеринарной медицины, зооинженерный, заочного обучения, повышения квалификации, довузовской подготовки, аграрный колледж и филиал в г. Речица Гомельской области. В академии работает центральная научно-исследовательская лаборатория, научно-исследовательский институт прикладной ветеринарии и биотехнологии, лаборатория информационной технологии.

В академии работает 330 преподавателей, среди них 147 кандидатов и 24 доктора наук. При академии открыты аспирантура и докторантура по ветеринарным, сельскохозяйственным и биологическим специальностям, работают советы по защите диссертаций на получение ученой степени доктора и кандидата наук по пяти научным специальностям.

Ведущим подразделением академии является факультет ветеринарной медицины, в который входят 18 кафедр, 6 клиник, виварий, ветеринарная лечебница с учебными классами в деревне Подберезье и учебная база на Витебском мясокомбинате. На факультете открыты специализации по ветеринарно-санитарной экспертизе, токсикологии, ветеринарной бактериологии, ветеринарной гинекологии и биотехнологии размножения, болезням птиц, болезням рыб и пчел.

В состав зооинженерного факультета входят 10 кафедр. Его производственной основой являются базовые хозяйства, племпредприятия области, животноводческие комплексы. С 1996 года на факультете открыта специализация по племенному делу.

В 1959 году был открыт факультет заочного обучения, который включает ветеринарное и зооинженерное отделения, на котором было подготовлено свыше 6000 специалистов сельского хозяйства с высшим образованием.

С 1966 года в академии работает факультет повышения квалификации и переподготовки кадров. Основной его задачей является повышение квалификации и переподготовки специалистов ветеринарного и зоотехнического профиля. Учебные планы содержат новейшие достижения ветеринарной и зоотехнической науки, что позволяет направить учебный процесс на изучение оптимальных вариантов развития животноводства.

В академии интенсивно развивается учебно-материальная база. Вступил в строй новый учебно-лабораторный корпус, библиотека комплектуется учебной и художественной литературой, кафедры академии пополняются новым современным учебным и научным оборудованием.

Кафедра химии УО ВГАВМ имени профессора Ф.Я. Беренштейна в ее современном виде сформирована в апреле 1998 года.

Заведующий кафедрой – доцент, кандидат биологических наук В.П.Баран. На кафедре в настоящее время работают также профессор, доктор биологических наук В.М.Холод (возглавлял кафедру до июля 2006 года); доценты, кандидаты биологических наук И.Ю.Постраш, И.В.Котович, Д.В.Елисейкин, Л.Н.Громова; доцент, кандидат ветеринарных наук О.П.Позывайло; доцент, кандидат сельскохозяйственных наук И.В.Сучкова; старшие преподаватели Н.В.Румянцева, С.Л.Радченко, Т.В.Пипкина, О.В.Господарик, ассистент С.И.Сидорова.

На кафедре ведется преподавание следующих дисциплин: «Неорганическая химия с основами аналитической» (1 ФВМ и 1 ФВМ, НИСПО), «Общая химия с основами аналитической» (1 ЗИФ и 1 ЗИФ, НИСПО), «Органическая и биологическая химия» (1 и 2 ФВМ; 1 и 2 ФВМ, НИСПО), «Биохимия мяса и молока» (3 ФВМ, специализация «Ветсанэкспертиза»).

Кафедра ведет большую учебно-методическую работу, обеспечивая учебный процесс учебно-методическими пособиями и компьютерными программами. Впервые в республике Беларусь в 2005 году издано учебное пособие «Клиническая биохимия сельскохозяйственных животных» (В.М.Холод, А.П.Курдеко).

За последние 5 лет преподавателями кафедры опубликовано 13 учебно-методических пособий, среди них «Биохимия гормонов» (2002 год; И.В.Котович, Н.Ю.Германович); «Биохимия витаминов» (2004 год; Н.Ю.Германович, Н.В.Румянцева, И.В.Котович, В.П.Баран), «Практикум по общей химии с основами аналитической для студентов заочной формы обучения» (В.М.Холод и др.), «Основы динамической биохимии» (2005 год, И.В.Котович, В.П.Баран, Н.В.Румянцева), «Общая химия с основами аналитической» (2006 год, В.М.Холод и др.), «Химия и биология гетерофункциональных соединений» (2006 год; И.В.Котович, Д.В.Елисейкин).

Сотрудники кафедры активно занимаются научно-исследовательской работой. Область научных исследований – «Биохимическая адаптация обмена веществ растущих и продуктивных животных к новым промышленным технологиям, нарушения метаболизма и способы его коррекции». С 2002 по 2006 годы под руководством доктора биологических наук, профессора В.М.Холода на кафедре защищено 6 кандидатских диссертаций (И.Ю.Постраш, Д.В.Елисейкин, И.В.Котович, Л.Н.Громова, В.П.Баран, Д.Т.Соболев). Заканчивают выполнение диссертационных работ С.Л.Радченко и Н.В.Румянцева.

В.М.Холод является соавтором практического пособия «Методы диагностики болезней животных» (2005 год).

За последние 5 лет сотрудниками кафедры опубликовано 74 статьи, в том числе 11 с участием студентов и 3 внедрения (2002 г. - В.М.Холод, И.Ю.Постраш, - «Рекомендации по диагностике и профилактике нарушений обмена железа у крупного рогатого скота», 2003 г. - И.В.Котович, В.П.Баран, В.М.Холод и др. - «Методические указания по контролю за состоянием обмена веществ у цыплят-бройлеров»; 2005 г. - А.А.Мацинович, А.П.Курдеко, О.П.Позывайло «Определение микроэлементов атомно-абсорбционным методом с электротермической атомизацией и использованием эффекта Зеермана в крови, тканях организма животных при диагностике микроэлементозов: Методические указания для лабораторий ветеринарного контроля и исследовательских биохимических лабораторий»).

При кафедре работает научно-исследовательский студенческий кружок, участники которого регулярно выступают на внутривузовских и международных конференциях. Студенческие команды академии, в подготовке которых активно принимали участие сотрудники кафедры химии, неоднократно побеждали и занимали призовые места в международных олимпиадах по биологии и химии.

Учебное издание

Котович Игорь Викторович
Елисейкин Дмитрий Владимирович

Биохимия гетероциклических соединений

Учебно-методическое пособие для преподавателей,
студентов факультета ветеринарной медицины,
зооинженерного факультета и факультета заочного обучения

Ответственный за выпуск В.П.Баран

Оригинал сверстан и отпечатан в УО «Витебская ордена «Знак Почета» государственная
академия ветеринарной медицины»

Подписано в печать _____ Формат 60×90 1/16 Бумага писчая
Усл. п.л. 2,0 Тираж 420 экз. Заказ № _____

210026 г.Витебск, ул 1-ая Доватора 7/11
Отпечатано на ризографе УО ВГАВМ
Лицензия № 02330/0133019 от 30.04.2004 г.

ISBN 978-985-512-057-6



9 789855 120576