

# УГЛЕВОДЫ

Лекция №16

Общая формула простых **моносахаридов**  
 **$C_n(H_2O)_m$**  гидратированные формы углерода,  
“углевод”.

англ. **Carbohydrate** carbon (углерод) и hydrate  
(гидрат) – продукт присоединения воды



# Карл Эрнст Генрих Шмидт

13.06.1822 года-  
27.02.1894 года

автор русского слова  
**«углеводы»** (1844)

Российский химик немецко-балтийского происхождения, профессор Дерптского университета (ныне Тартуский университет), член-корреспондент Петербургской Академии наук



# Биологическая роль углеводов

- **Структурная функция**  
Строительный материал клетки  
(целлюлоза, хитин, мурамин)
- **Энергетическая кладовая организма**  
(крахмал, гликоген)
- **Регулятор биохимических процессов**
- **Транспорт в клетки биологически активных веществ**
- **Составные элементы жизненно важных веществ** (нуклеиновые кислоты, коферменты, витамины)

# Химический состав клетки



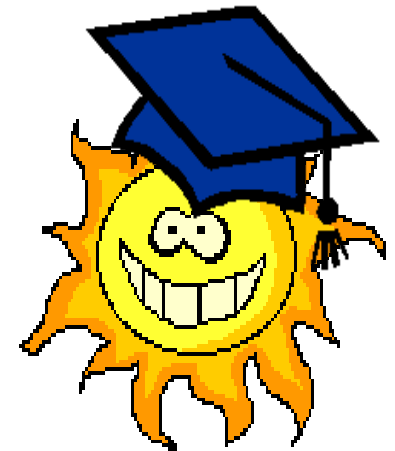
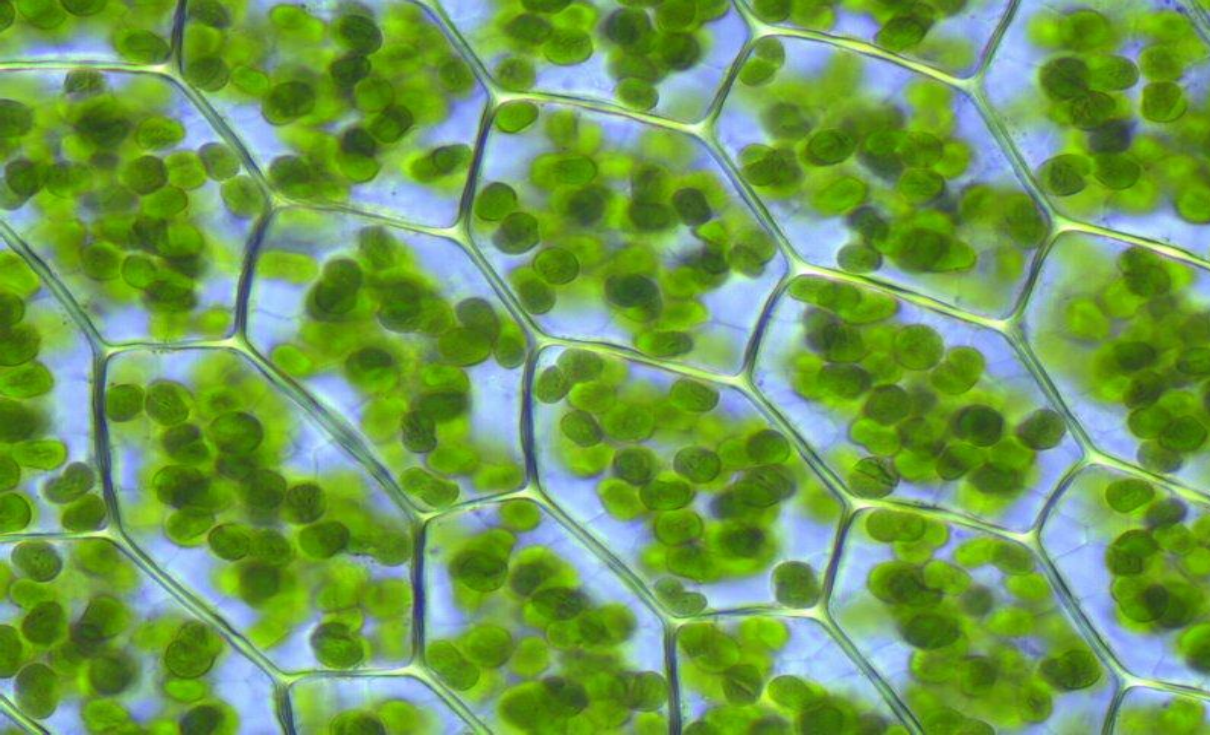
**Белки - 10-20%**

**Жиры - 1- 5%**

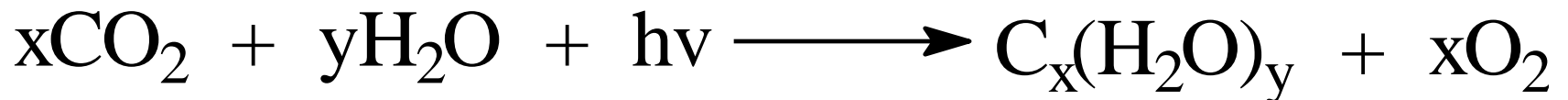
**Углеводы - 0,2-2,0%**

**Нуклеиновые кислоты  
- 1-2%**

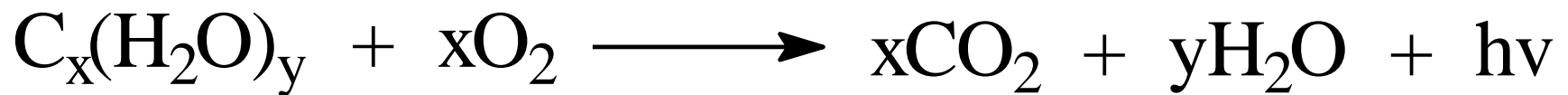
**Низкомолекулярные  
органические  
вещества – 0,1-0,5%**



## ФОТОСИНТЕЗ



## МЕТАБОЛИЗМ



**Животные и человек не способны синтезировать углеводы и получают их с различными продуктами растительного происхождения**



# \* Классификация углеводов



**Моносахариды (простые сахара, например, глюкоза)**

**Олигосахариды (углеводы, содержащие 2-10 остатков моносахаридов, например сахароза).**

**Полисахариды (углеводы, содержащие более 10 остатков моносахаридов, но обычно – тысячи и миллионы).**



# Классификация моносахаридов

## а) по числу атомов углерода в молекуле

Три**ОЗЫ**, тетрозы, пентозы, гексозы, гептозы, октозы, нонозы, декозы.

## б) по функциональной группе

Альд**ОЗЫ** – содержат альдегидную группу  
Кетозы – содержат кетонную группу.

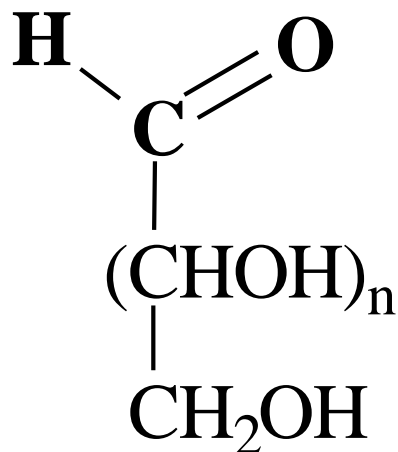
## **совмещённая классификация :**

*альдопентоза – альдоза и пентоза (рибоза)*

*кетогексоза – кетоза и гексоза (фруктоза)*

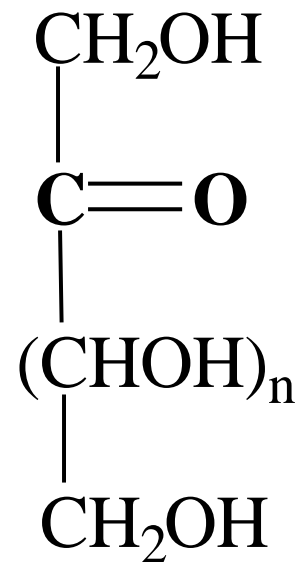
# Открытые формы.

---



**Альдозы**  
**n=1–8**

*полигидроксиальдегиды*



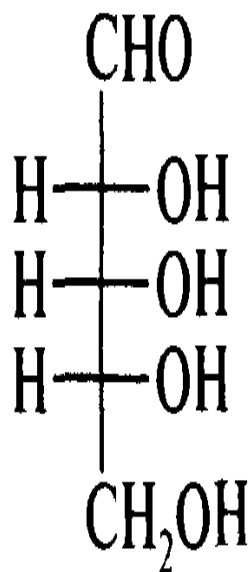
**Кетозы**  
**n=1–7**

*полигидроксикетоны.*

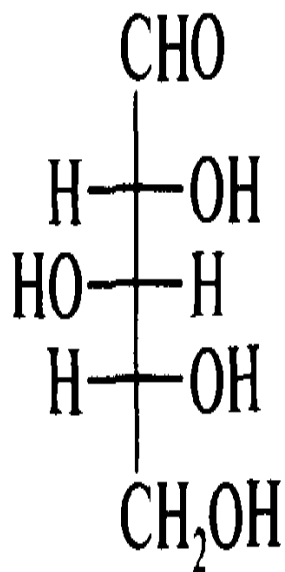
# Наиболее важные пентозы

## Альдопентозы

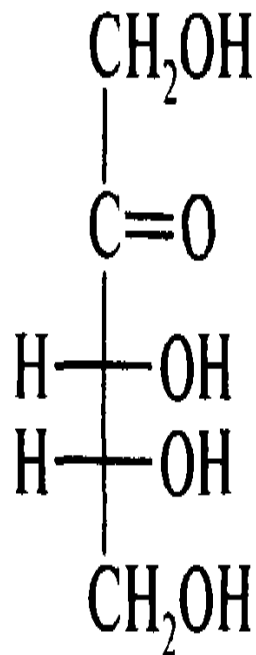
## Кетопентозы



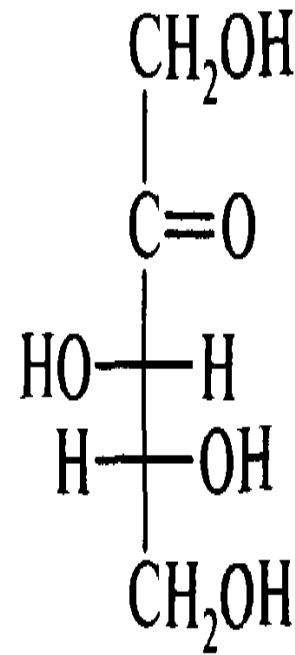
D-рибоза



D-ксилоза



D-рибулоза



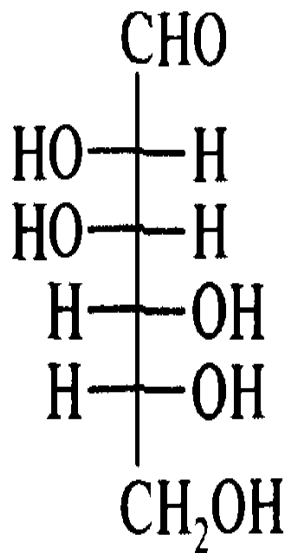
D-ксилулоза

# Наиболее важные гексозы

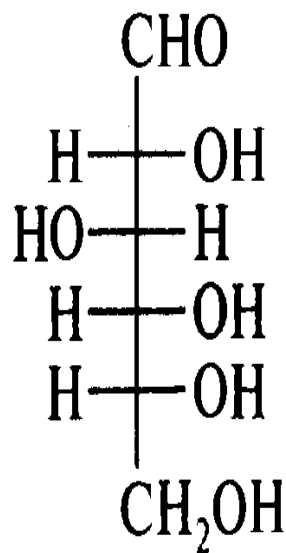
## Альдогексозы

## Кетогексозы

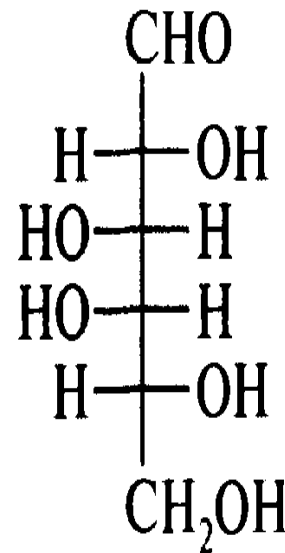
1  
2  
3  
4  
5  
6



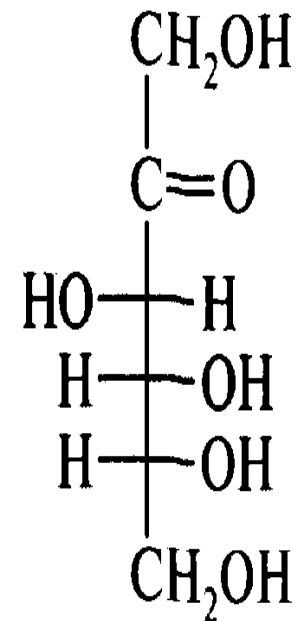
D-манноза



D-глюкоза



D-галактоза



D-фруктоза



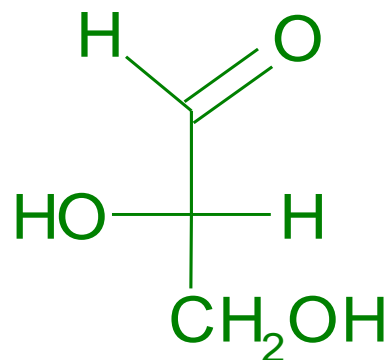
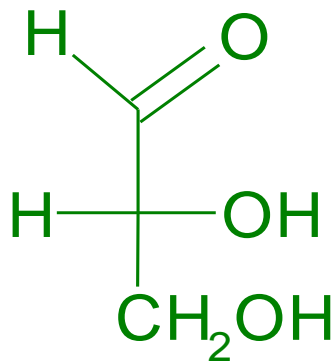
# Эпимеры

- **Эпимерами** называются диастереомеры моносахаридов, различающиеся конфигурацией только одного асимметрического атома углерода, исключая последний.
- Эпимером D-глюкозы по C4 является D-галактоза, а по C2 – D манноза.

# Относительная конфигурация.

Правило Розанова ( 1906 г).

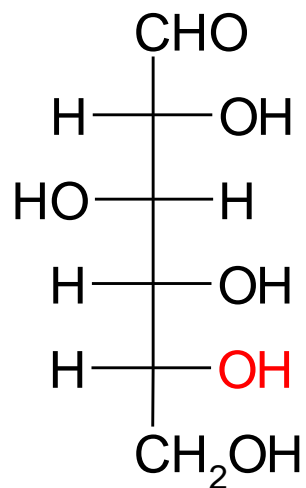
Отнесение к D- или L-ряду производится по аналогии с глицериновым альдегидом по конфигурации последнего асимметрического атома углерода



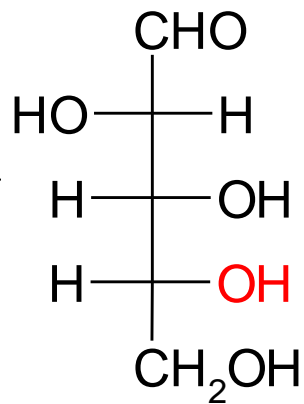
D-глицериновый альдегид

L-глицериновый альдегид

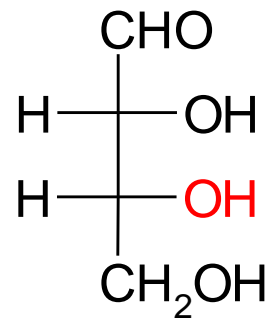
**конфигурационный стандарт**



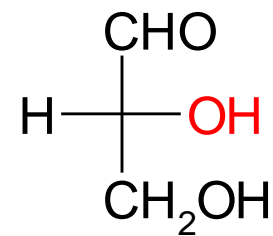
*D-глюкоза*



*D-арабиноза*



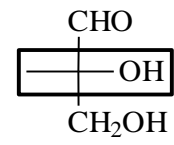
*D-эритроза*



*D-глицериновый альдегид*

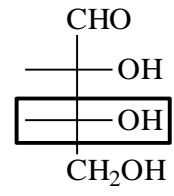
ТРИОЗЫ

# Семейство D-адьдоз

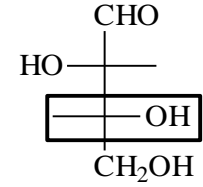


D-глицериновый альдегид

ТЕТРОЗЫ

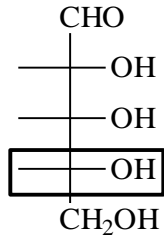


D-эритроза

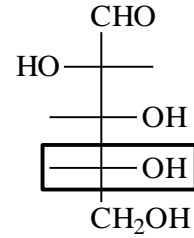


D-треоза

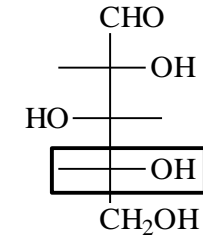
ПЕНТОЗЫ



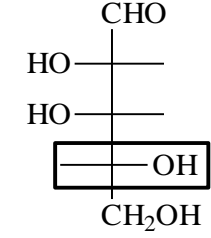
D-рибоза



D-арабиноза

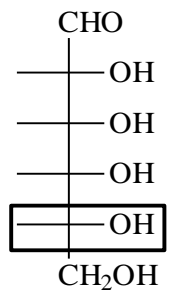


D-ксилоза

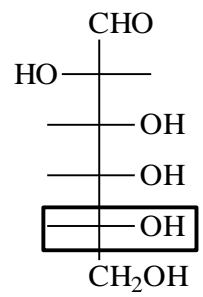


D-ликсоза

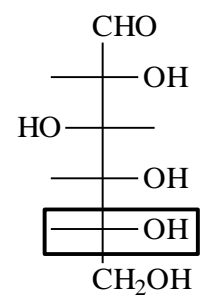
ГЕКСОЗЫ



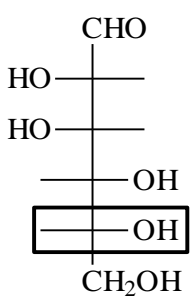
D-аллоза



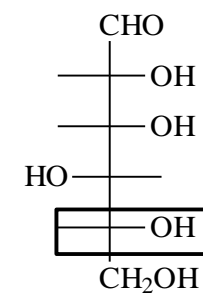
D-альтроза



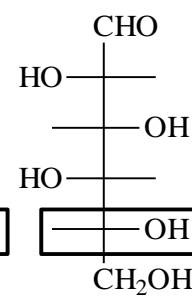
D-глюкоза



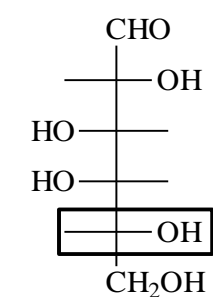
D-манноза



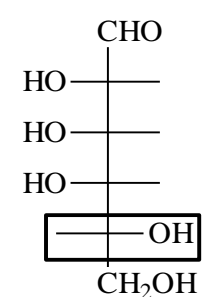
D-гулоза



D-идоза



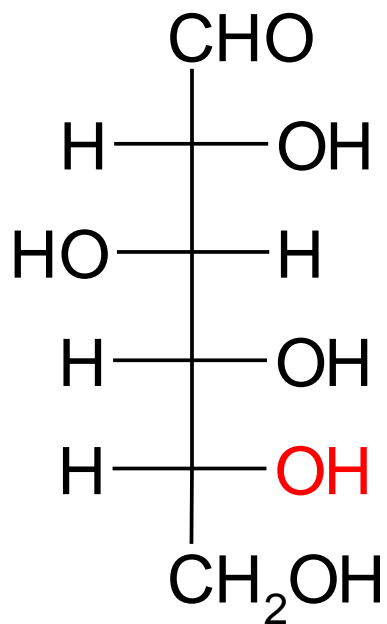
D-галактоза



D-галола

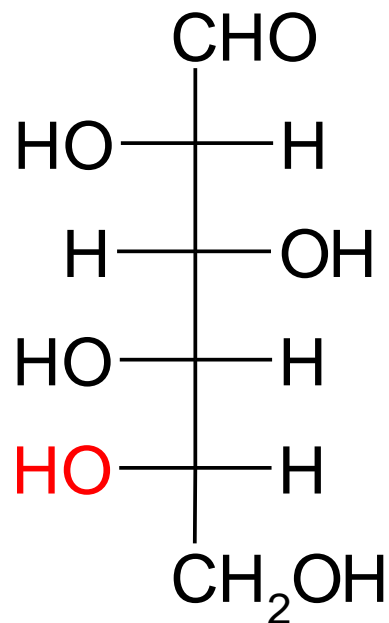


# Энанτιομεры



*D-глюкоза*

$$[\alpha] = +52.5^\circ$$



*L-глюкоза*

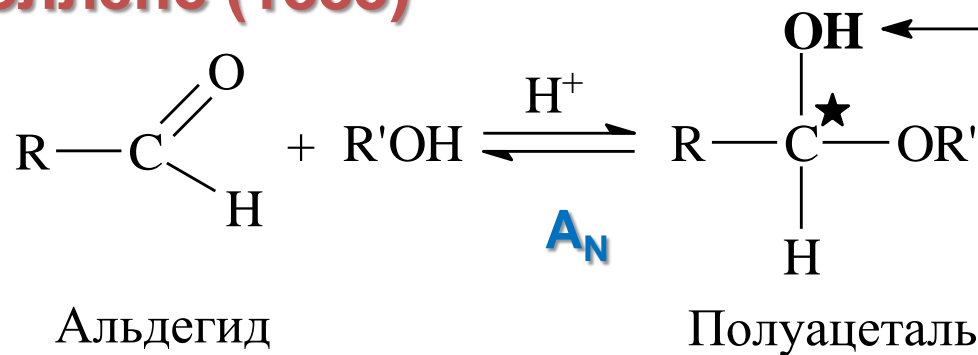
$$[\alpha] = -52.5^\circ$$

*(2R,3S,4R,5R)*-2,3,4,5,6-пентагидроксигексаналь.

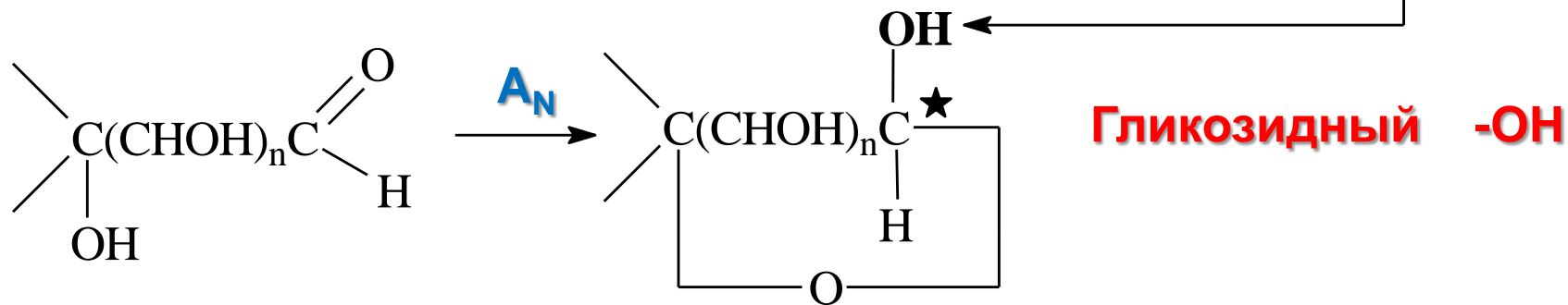
# Циклические формы

А.А. Колли (1870)

Б. Толленс (1883)

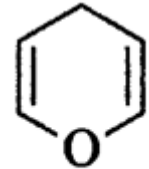


Полуацетальный гидроксил

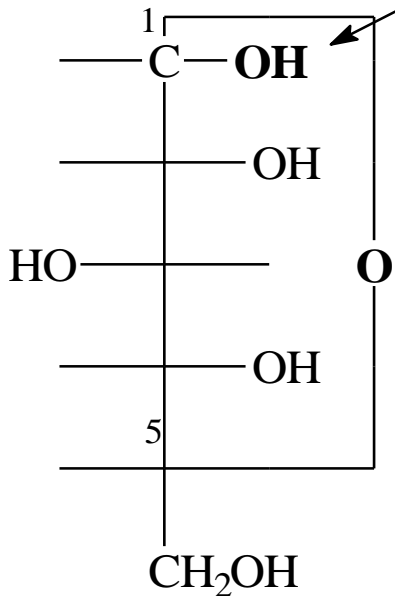


# Циклические формы

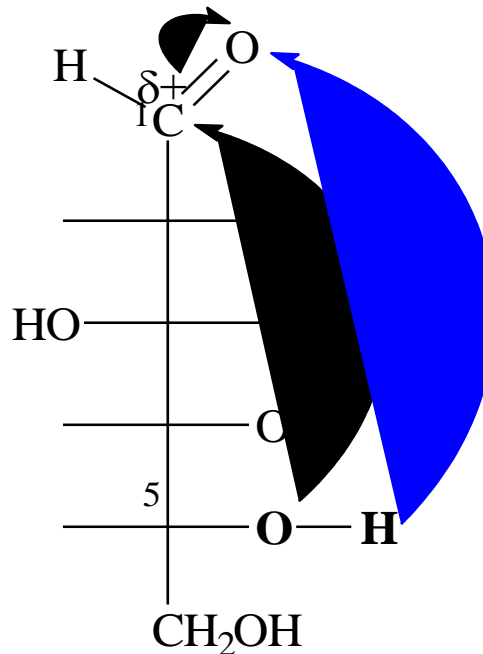
Гликозидная OH-группа



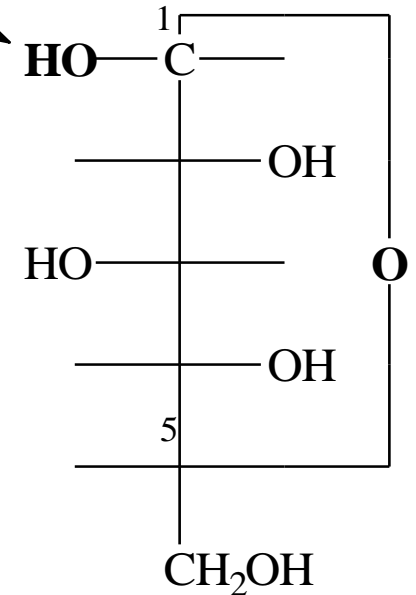
пиран



$\alpha$ -D-глюкопираноза  
(циклическая форма)



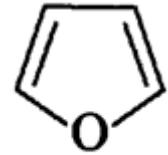
D-глюкоза  
(открытая форма)



$\beta$ -D-глюкопираноза  
(циклическая форма)

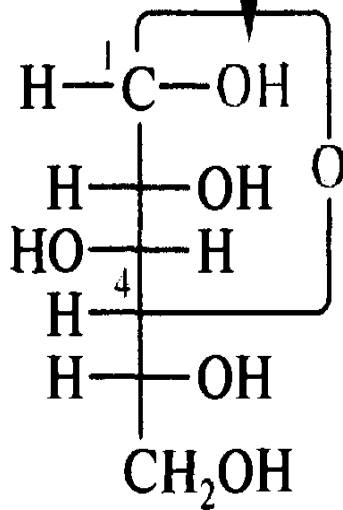
диастереомеры

# Циклические формы

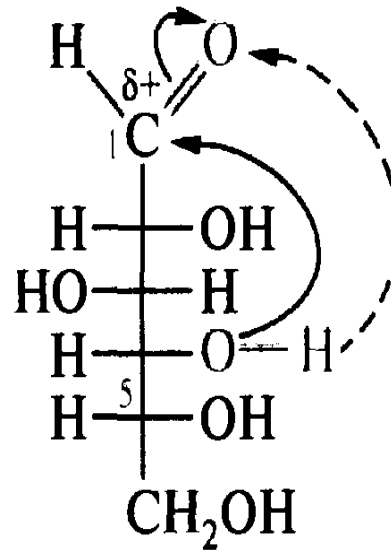


фуран

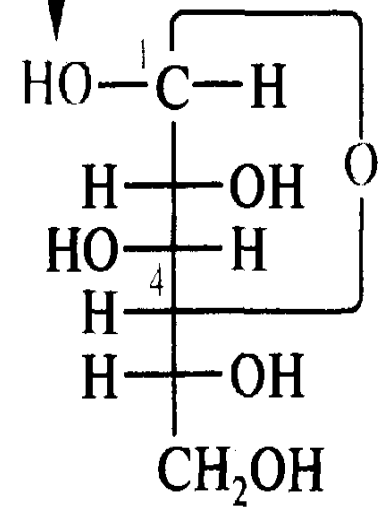
Гликозидная OH-группа



$\alpha$ -D-глюкофураноза  
(циклическая форма)



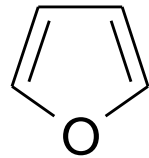
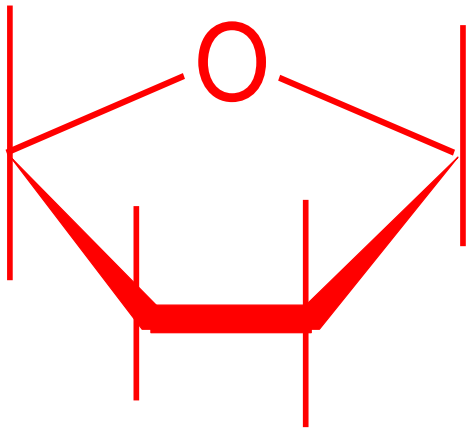
D-глюкоза  
(открытая форма)



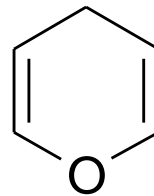
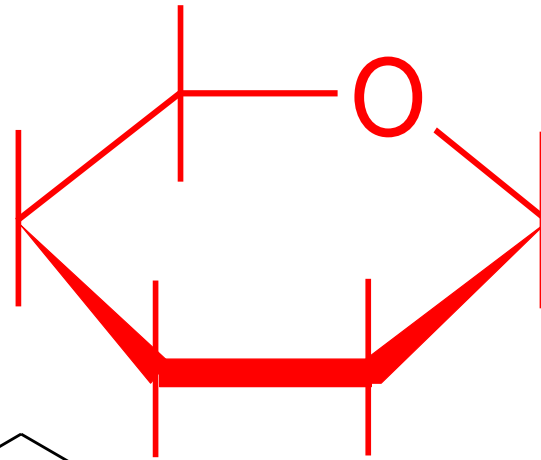
$\beta$ -D-глюкофураноза  
(циклическая форма)

# перспективные формулы Хеуорса

Уолтер Хеуорс (1927 г)



фураноза



пираноза

# *Sir Walter Norman Haworth*



**Уолтер Нормен Хеуорс**

**1883 - 1950**  
**английский химик-**  
**органик и биохимик**

**Лауреат Нобелевской премии**  
**по химии**  
**1937**

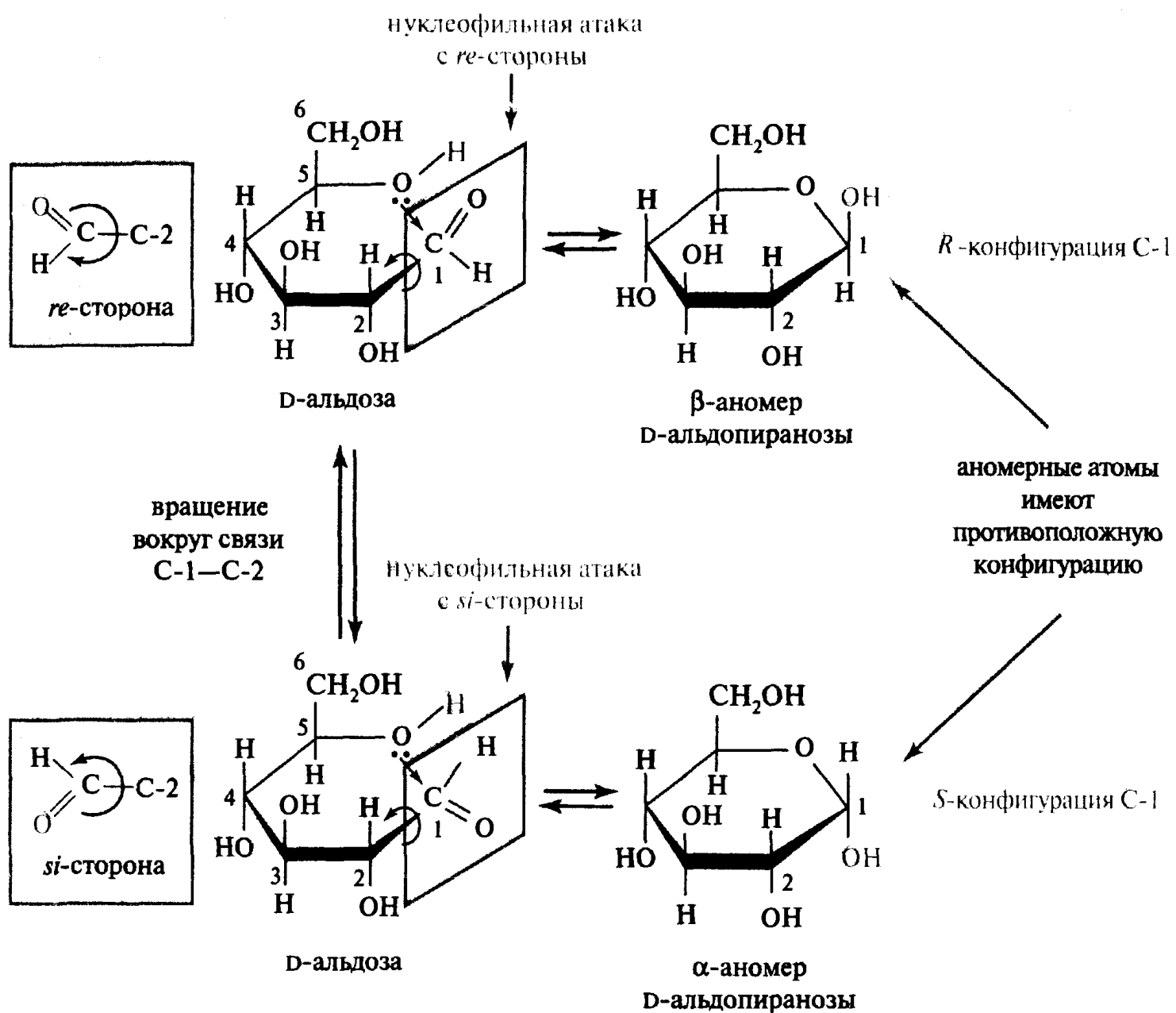
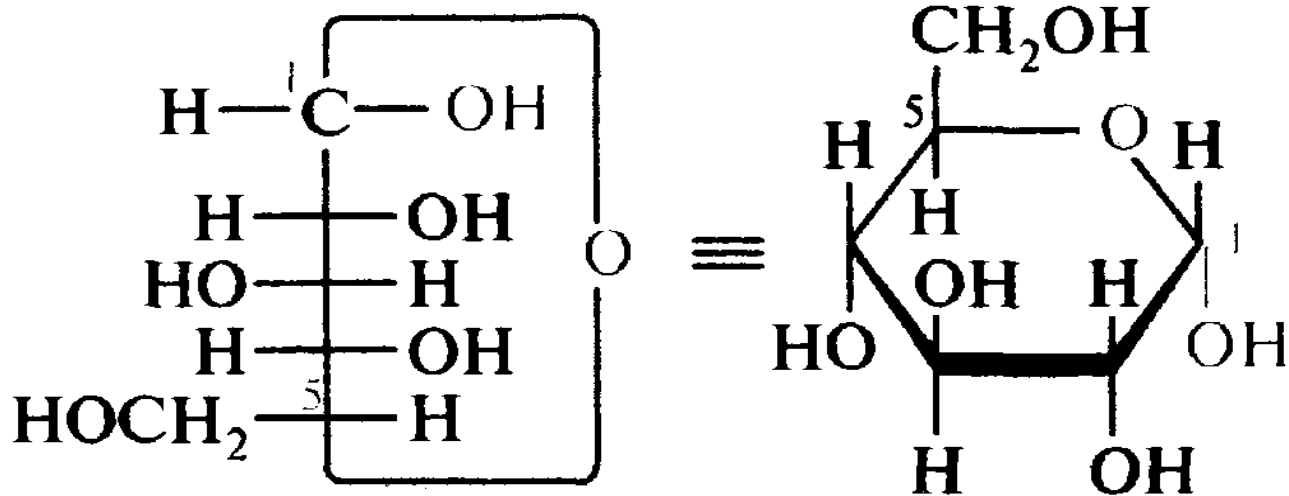


Рис. 13.1. Образование  $\alpha$ - и  $\beta$ -аномеров альдогексоз на примере D-глюкозы

# Циклическая форма



$\alpha$ -D-глюкопираноза

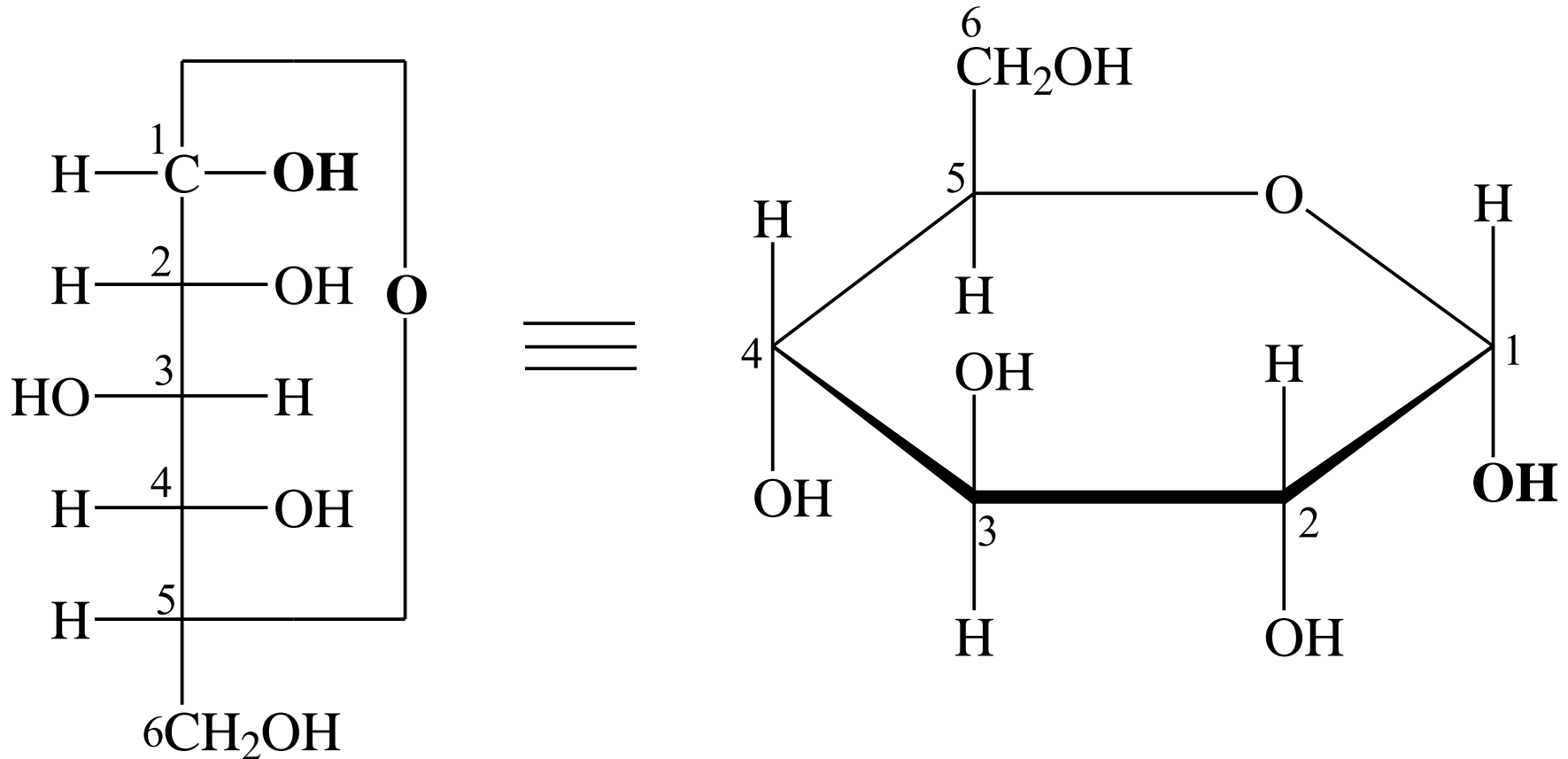
(преобразованная  
проекция Фишера)

(формула Хеуорса)



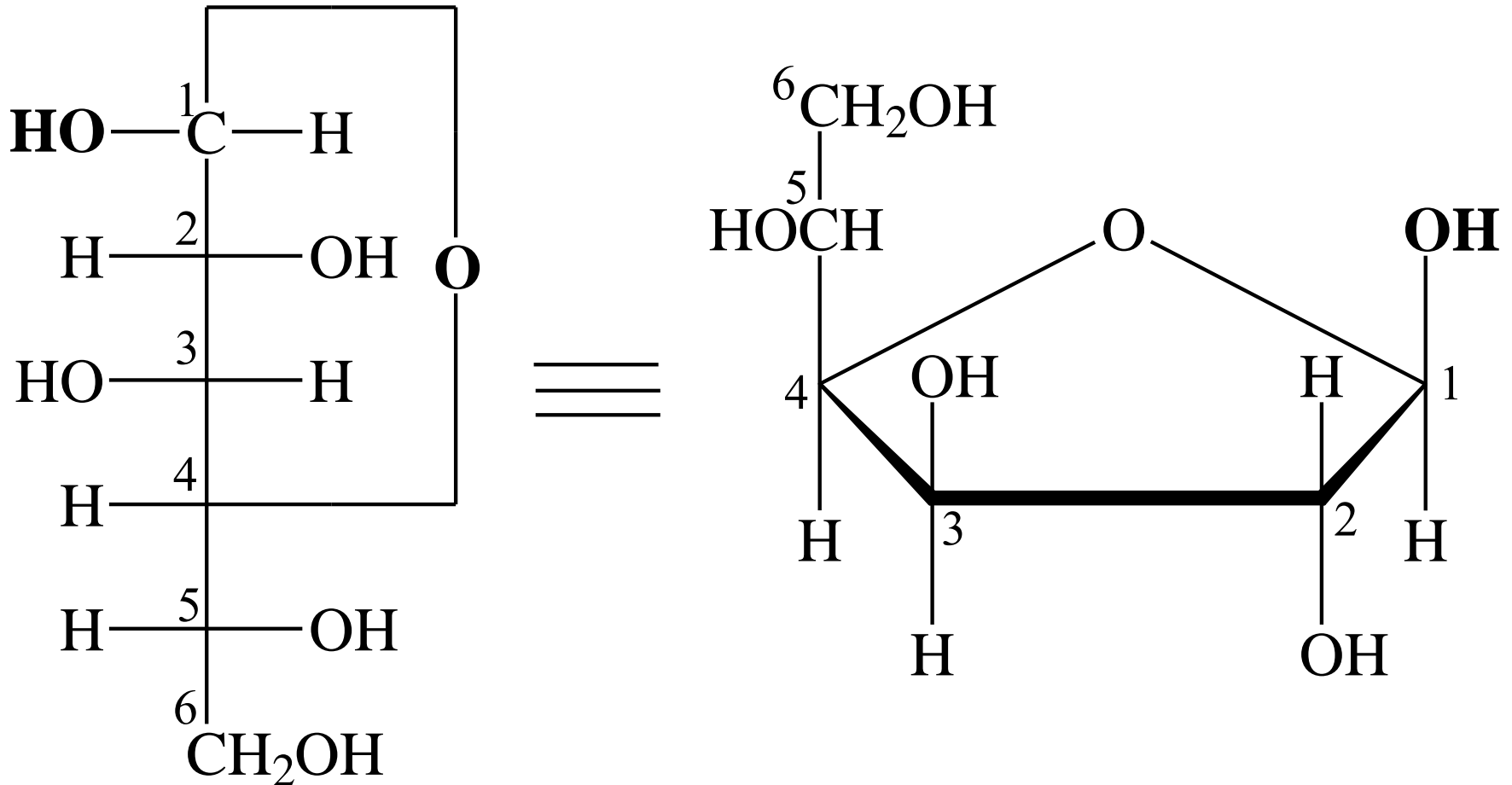
Заместители, находящиеся слева от углеродной цепи в фишеровской проекции, в формуле Хеуорса располагают над плоскостью цикла; заместители, расположенные справа, — под плоскостью.

# МОНОСАХАРИДЫ. Циклические формы



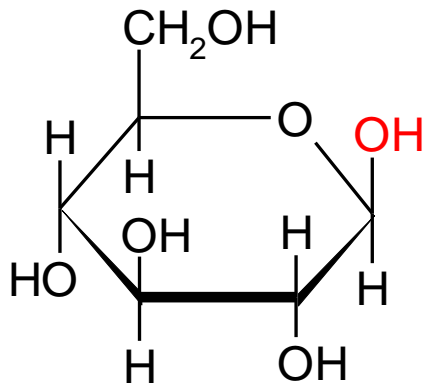
α-D-Глюкопираноза

# МОНОСАХАРИДЫ. Циклические формы

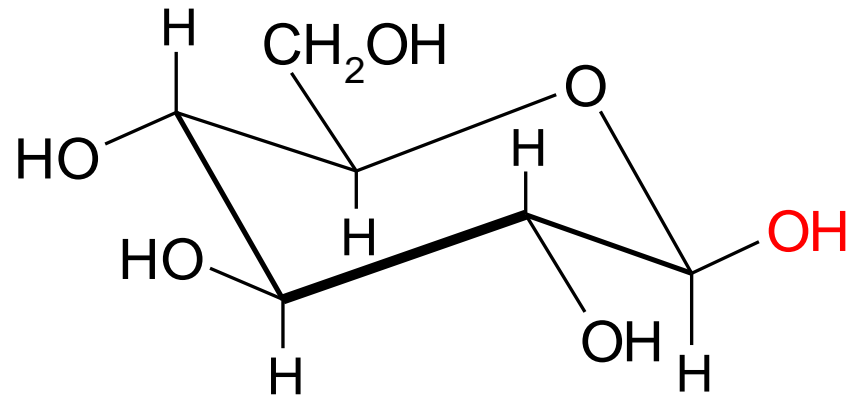


$\beta$ -D-глюкофураноза

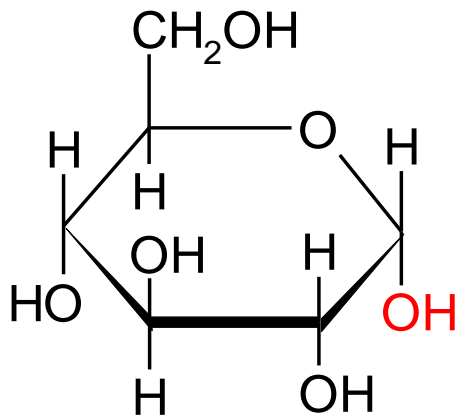
# • Конформации молекул моносахаридов



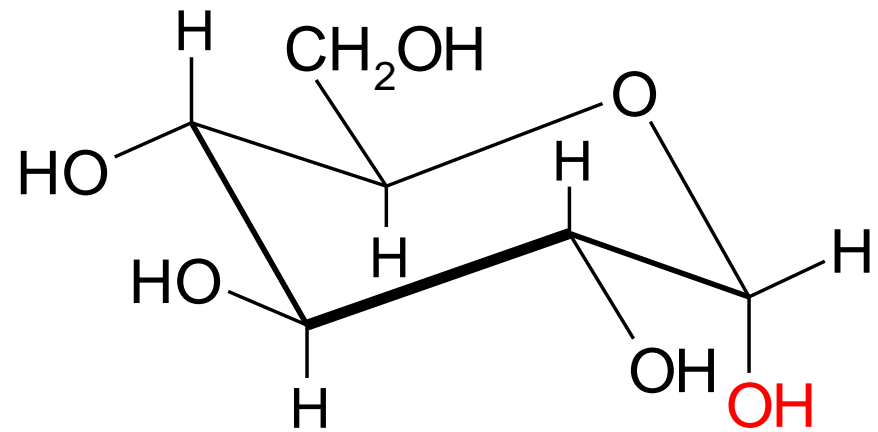
**β-Аномер**



**β-Аномер**



**α-Аномер**



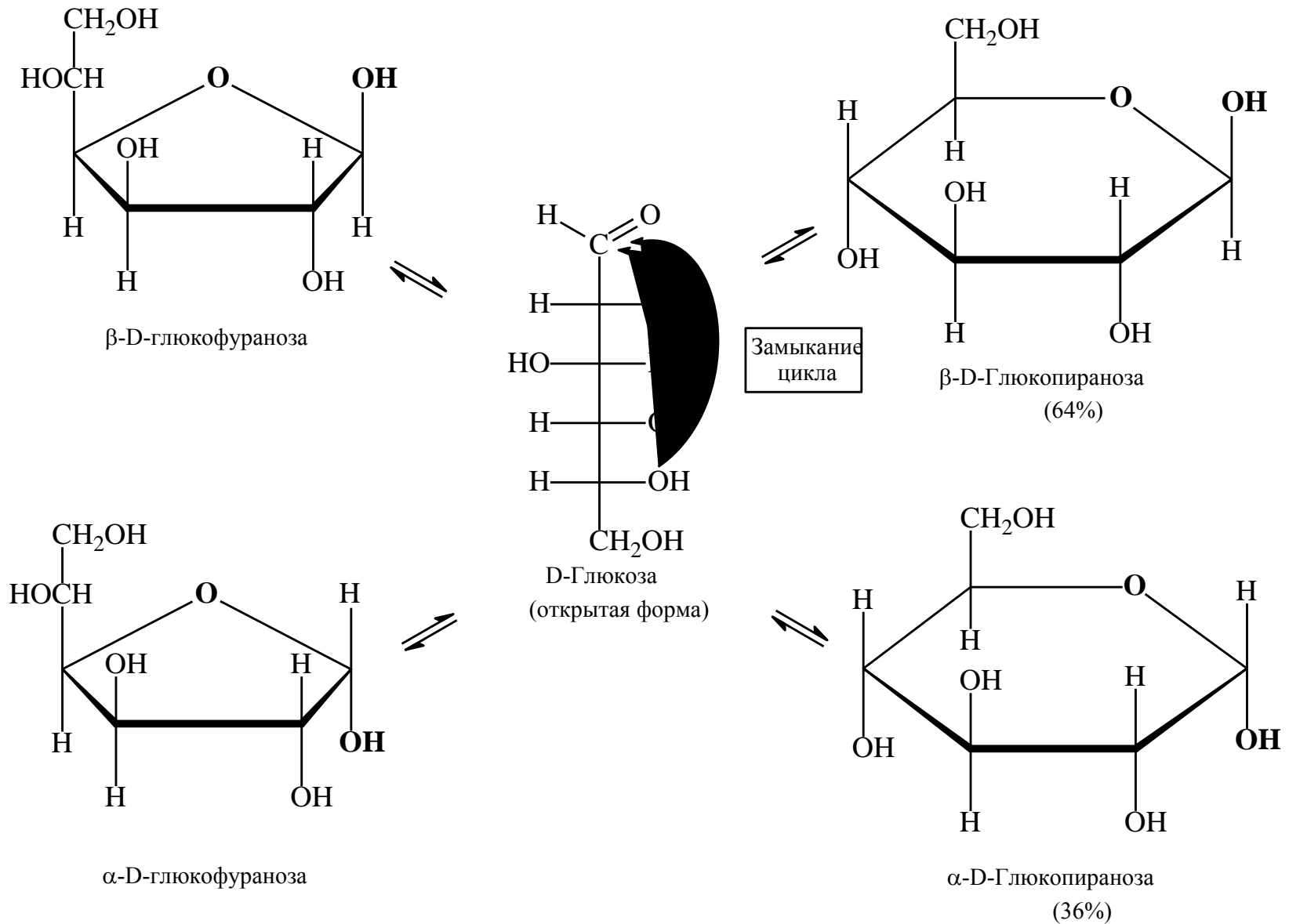
**α-Аномер**

Изменение во времени угла оптического вращения свежеприготовленных растворов моносахаридов, за счет установления равновесия, называют **мутаротацией**.

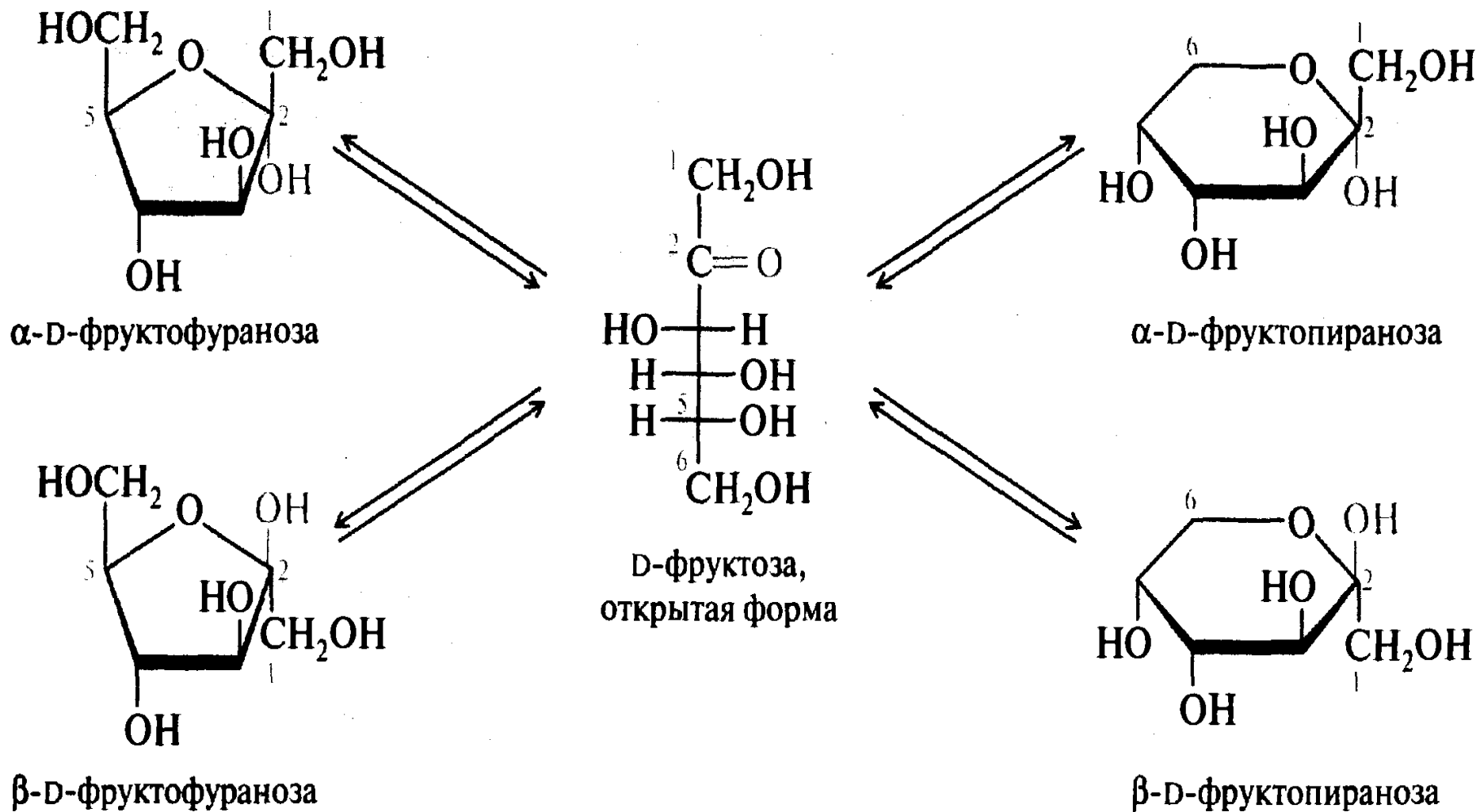
**Кольчато-цепной (цикло-оксо-)** таутомерией называют динамическое равновесие между циклической и открытой формами моносахаридов в растворе.



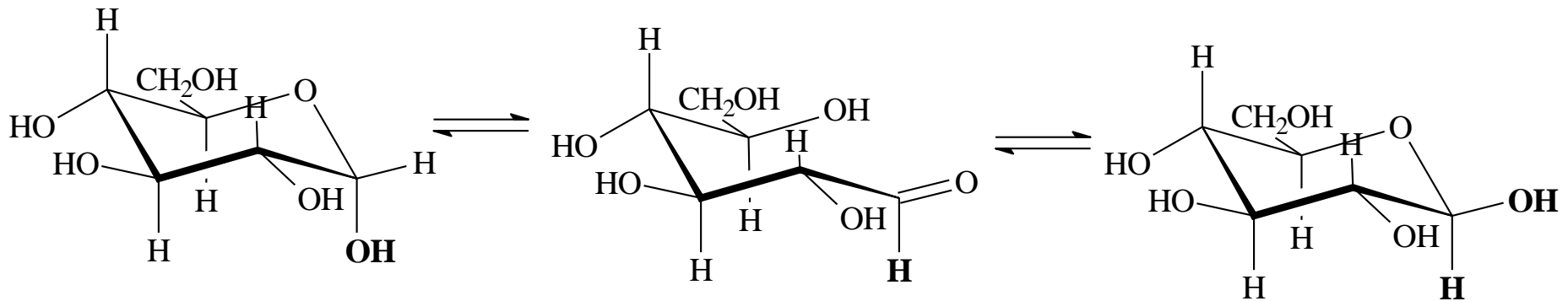
# Мутаротация



# Схема таутомерных превращений D-фруктозы



# Конформации



$\alpha$ -D-глюкопираноза  
(36%)

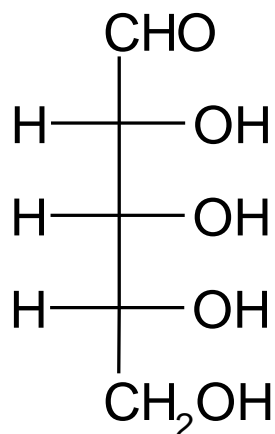
D-глюкоза

$\beta$ -D-глюкопираноза  
(64%)

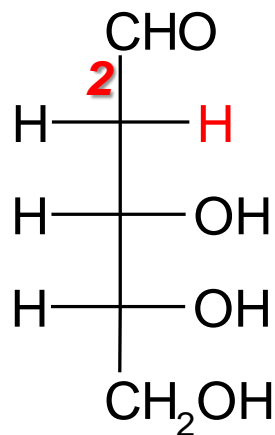


# • Производные моносахаридов . НЕКЛАССИЧЕСКИЕ САХАРА

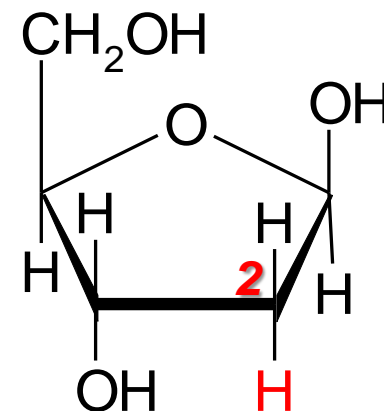
## Дезоксисахара



*рибоза*

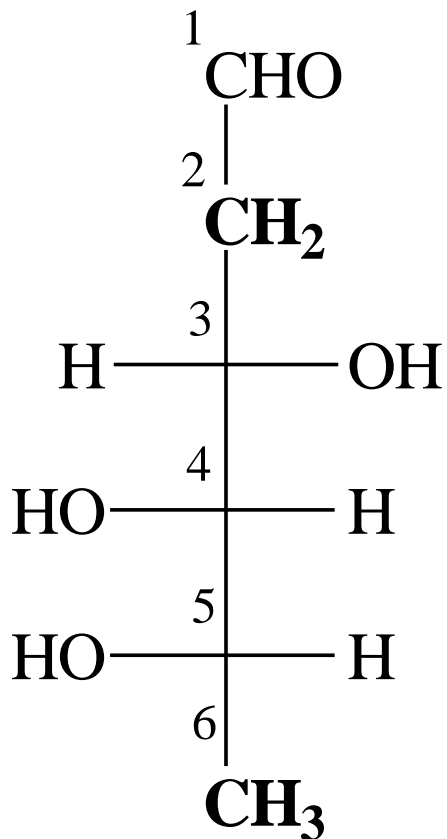


*2-дезоксид-рибоза*



*2-дезоксид-  
β-D-рибофураноза*

# Дидезоксисахара



**D-дигитоксоза**

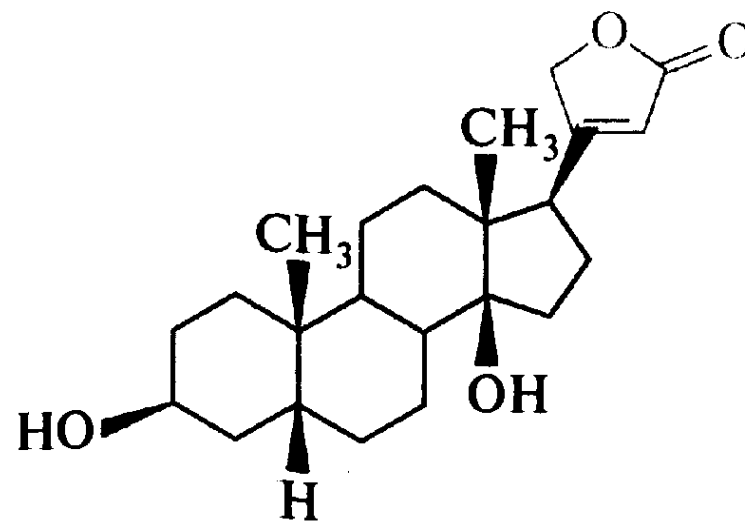
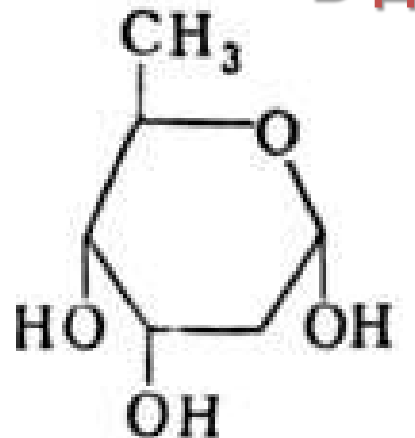
**Сердечные гликозиды** — группа лекарственных средств растительного происхождения, оказывающих в терапевтических дозах кардиотоническое и антиаритмическое действие.



# Наперстянка пурпурная

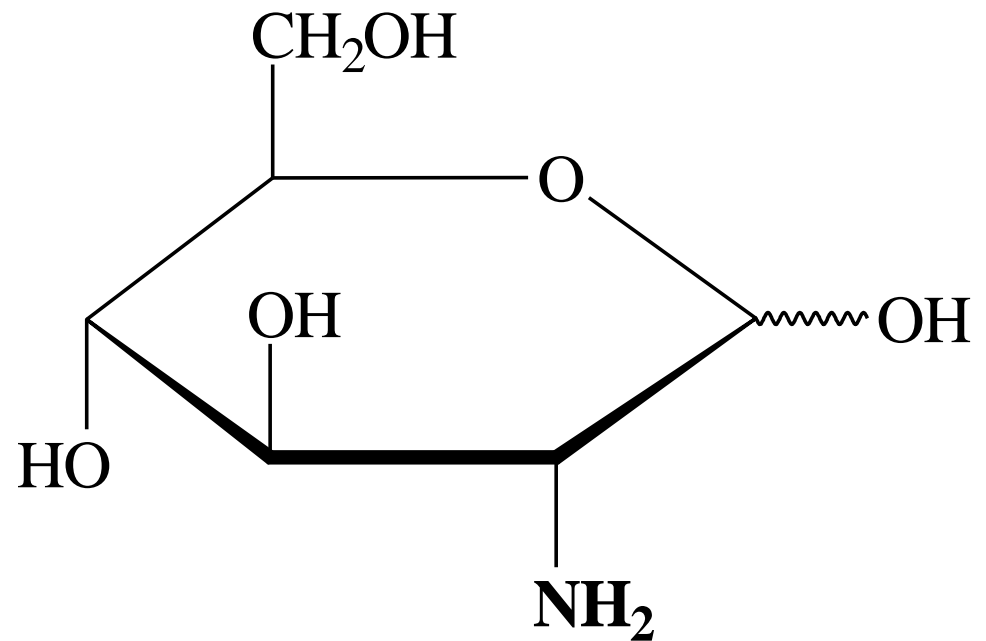
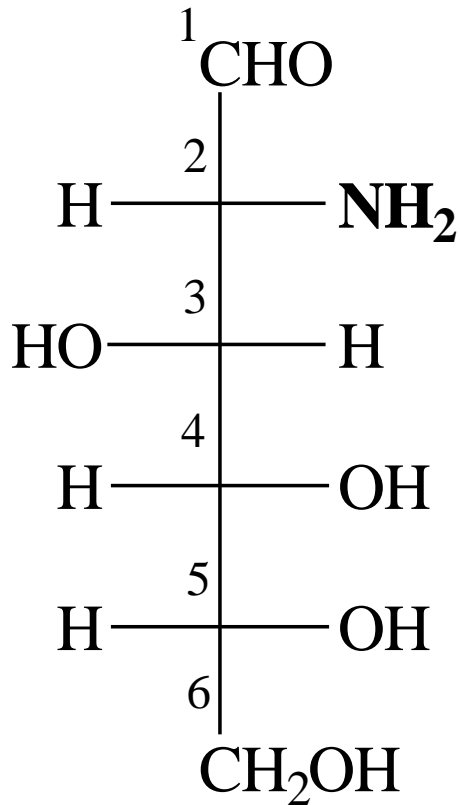


**D-дигитоксоза**



**ДИГИТОКСИГЕНИН**

# Аминосакхара



**D-глюкозамин**  
**(2-амино-2-дезокси-D-глюкопираноза)**

# **Аскорбиновая кислота (витамин С)**

**Источник витамина С: лимон, капуста, сладкий перец, другие фрукты и овощи. У большинства животных может синтезироваться в организме. Суточная потребность - 25-75 мг.**

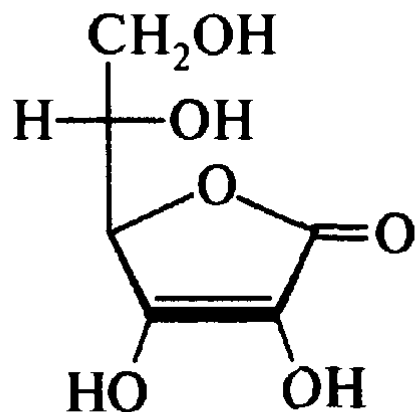
**Применяется для лечения цинги, геморрагических диатезов, кровотечениях, ряда инфекционных и иммунных заболеваний, для нормализации липидного обмена при атеросклерозе, при усиленном физическом и умственном напряжении, простуде.**

## Витамин С.

водорастворимый витамин. Отсутствие аскорбиновой кислоты в пище человека понижает сопротивляемость к заболеваниям, вызывает цингу, заболевание, ранее унесившее десятки тысяч жизней.

Слово “аскорбиновая” происходит от а – отрицающая частица и scorbutus – цинга. То есть аскорбиновая кислота означает “противоцинготная” кислота

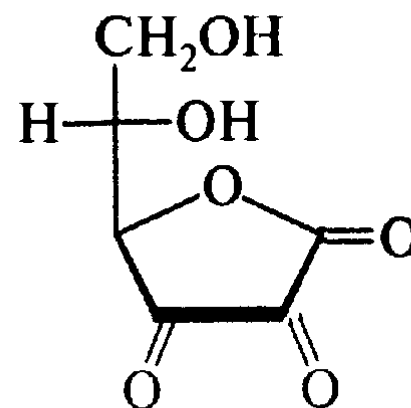
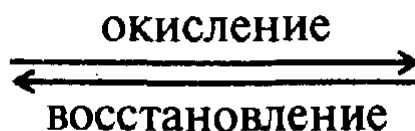




аскорбиновая кислота

**$\gamma$ -лактон 2-оксо-  
L-гулоновой  
кислоты**

( $pK_a$  4,2);



дегидроаскорбиновая кислота



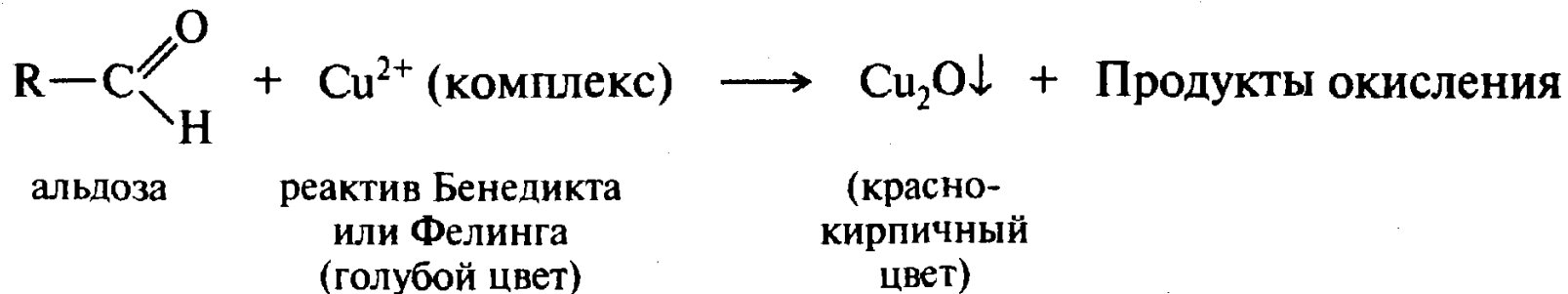
# РЕАКЦИИ НЕЦИКЛИЧЕСКИХ ФОРМ МОНОСАХАРИДОВ.

## I. РЕАКЦИИ $>C=O$ .

### 1. Окисление.

**Окисление** в щелочной среде.

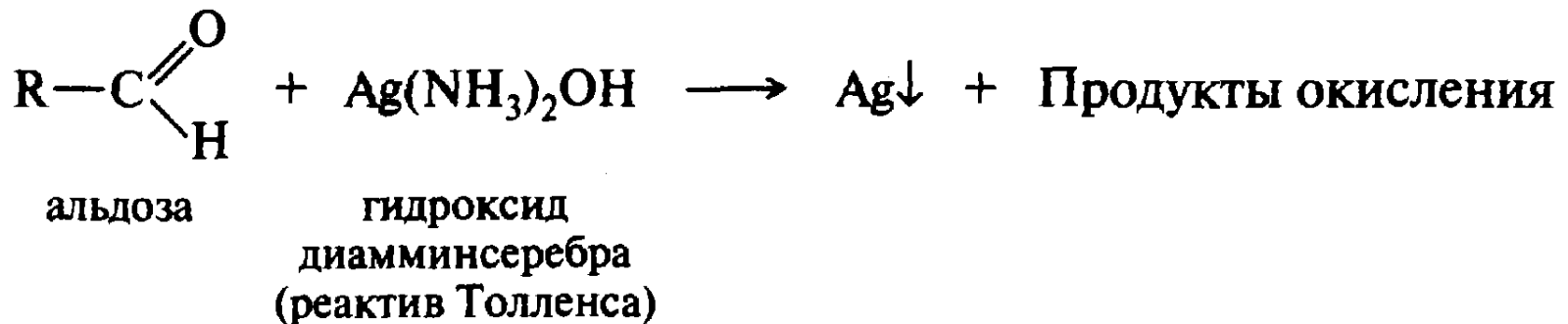
1) **реактив Фелинга** – смесь  $Cu(OH)_2$  с калий-натрий-тарtratом (калийно-натриевой солью винной кислоты)





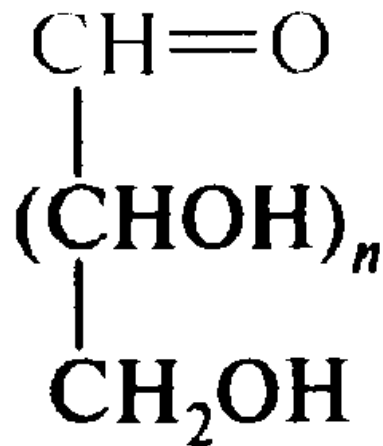
## Слабые окислители

2) **реактив Толленса** – аммиачный раствор окиси серебра  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$ ;

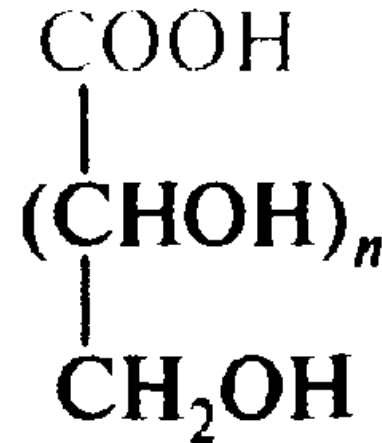
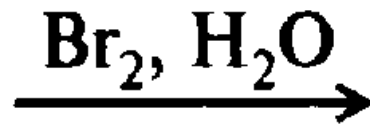


# Мягкое окисление

раствор брома в воде (бромная вода).



альдоза

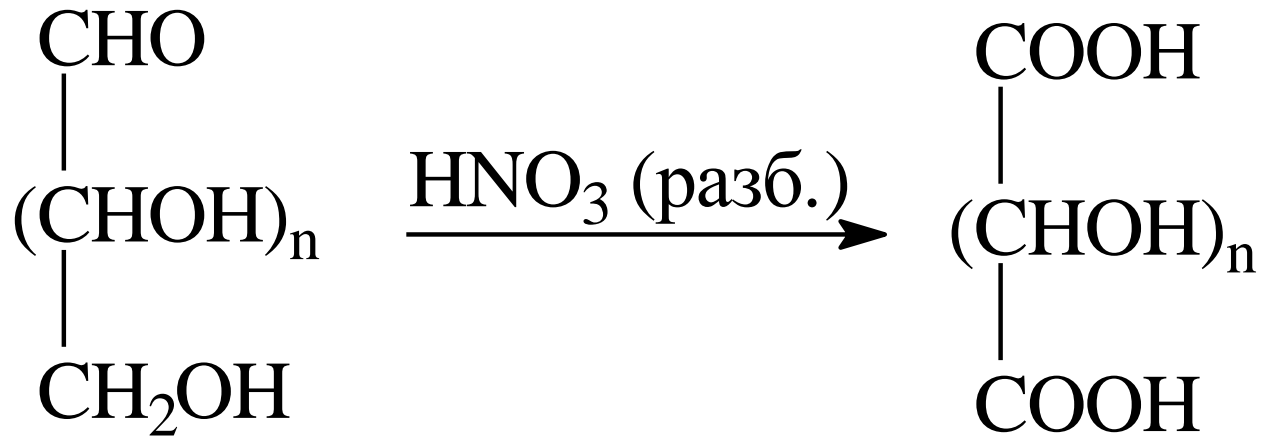


альдоновая кислота

*( Гликоновая кислота )*

# Окисление (сильное) в кислой среде.

---



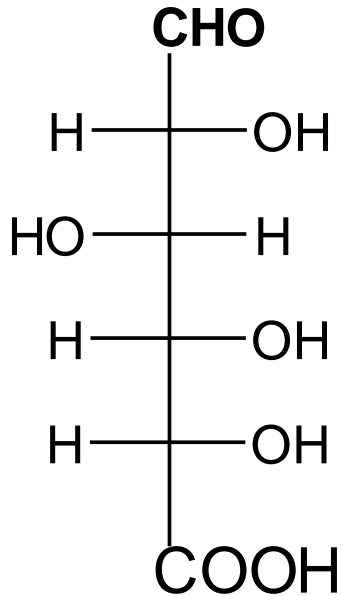
Альдоза

Гликарсовая кислота  
(общее название)

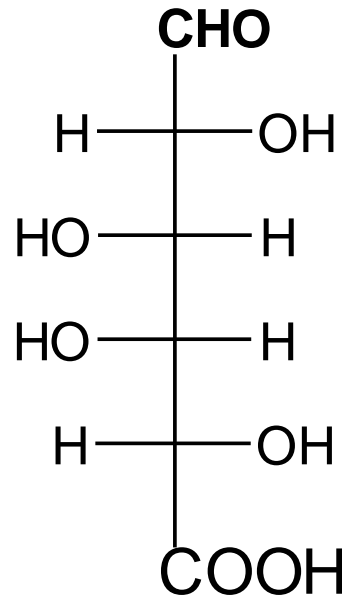
**альдаровые кислоты**

# Окисление конц. азотной кислотой

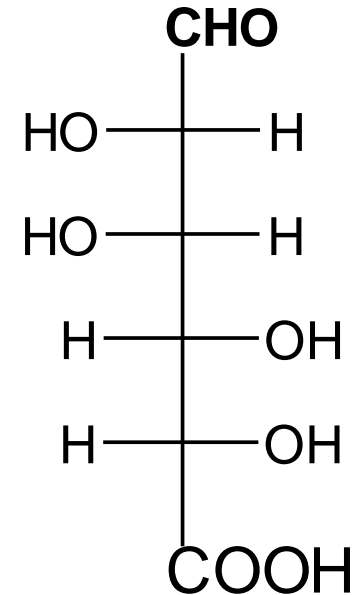
\*Гликуроновые (**уроновые**) кислоты



**глюкуроновая**  
кислота



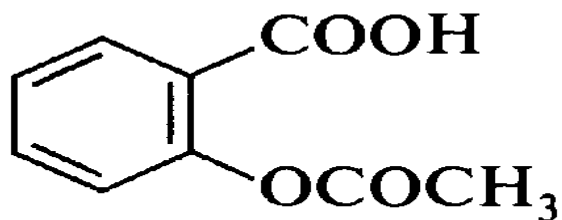
**галактуроновая**  
кислота



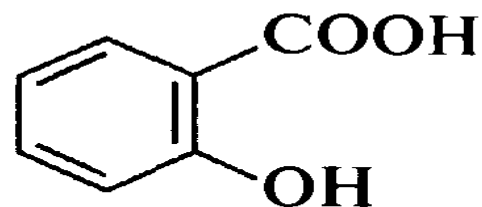
**маннуроновая**  
кислота

**Уроновые кислоты** выполняют важную биологическую функцию – вывод из организма ксенобиотиков и токсичных веществ.

**Ксенобиотики** (от греч. ξενος — чужой и βίος — жизнь), чужеродные для организмов соединения (промышленные загрязнения, пестициды, препараты бытовой химии, лекарственные средства и т. п.).

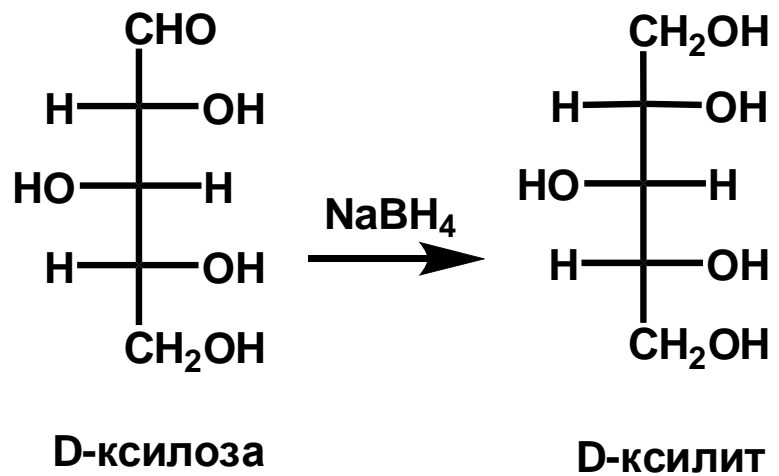
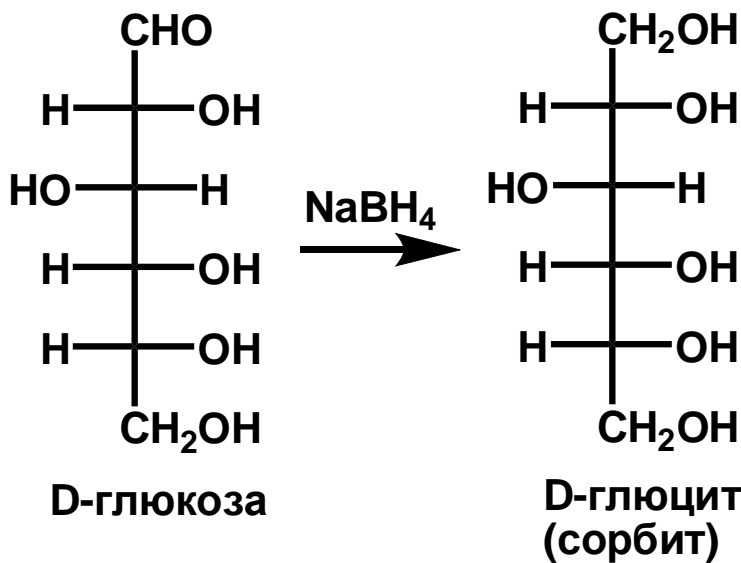


ацетилсалициловая кислота (аспирин)



салициловая кислота

# 2. Восстановление моносахаридов. Альдиты



заменитель сахара

обладает желчегонным эффектом

от кашля



(64 % от калорийности сахарозы), причём сладость меньше также на 40 %.

Ксилоза → ксилит (E967), *xylitol*  
Манноза → маннит, *mannitol*  
Глюкоза → глюцит (сорбит) E420

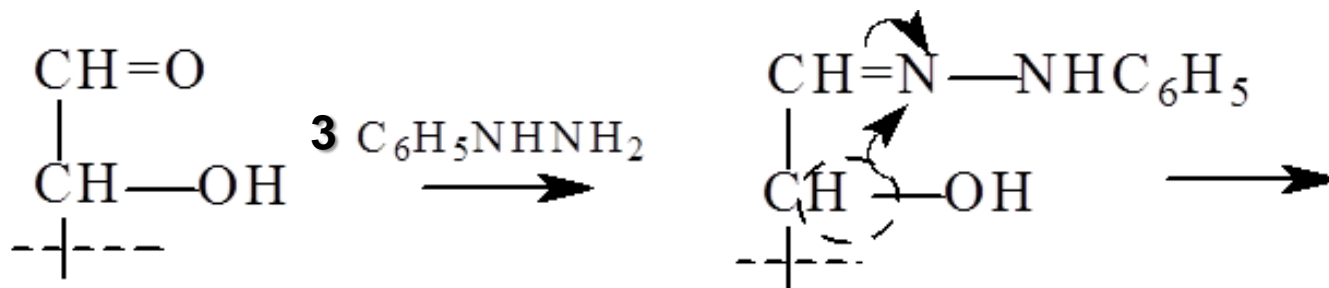


количество 10 г и более сорбита может вызвать желудочно-кишечную недостаточность.

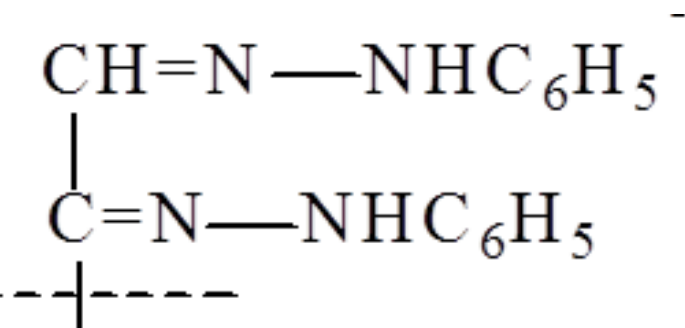


подсластитель,  
влагоудерживающий агент,  
стабилизатор и эмульгатор.  
Обладает желчегонным и послабляющим  
действием при употреблении около 50 г в сутки.

## 4. Образование фенилозазонов при действии на монозы 3-х количества фенилгидразина:



альдоза

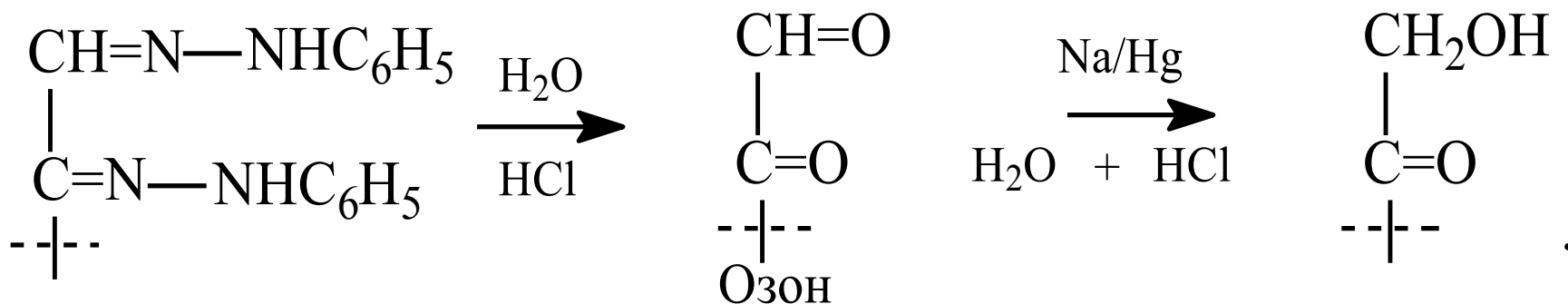


Фенилозозон монозы (единый для трёх моноз, образующихся в результате эпимеризации)

фенилозозон



## 2. Переход от альдоз к кетозам



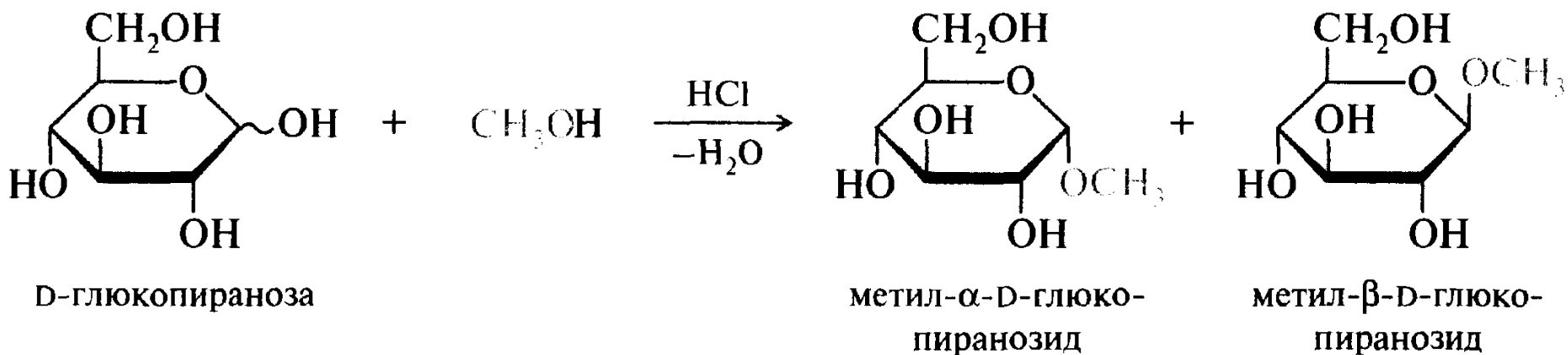
**фенилозозон**

**кетоза**

# РЕАКЦИИ ЦИКЛИЧЕСКИХ ФОРМ МОНОСАХАРИДОВ.

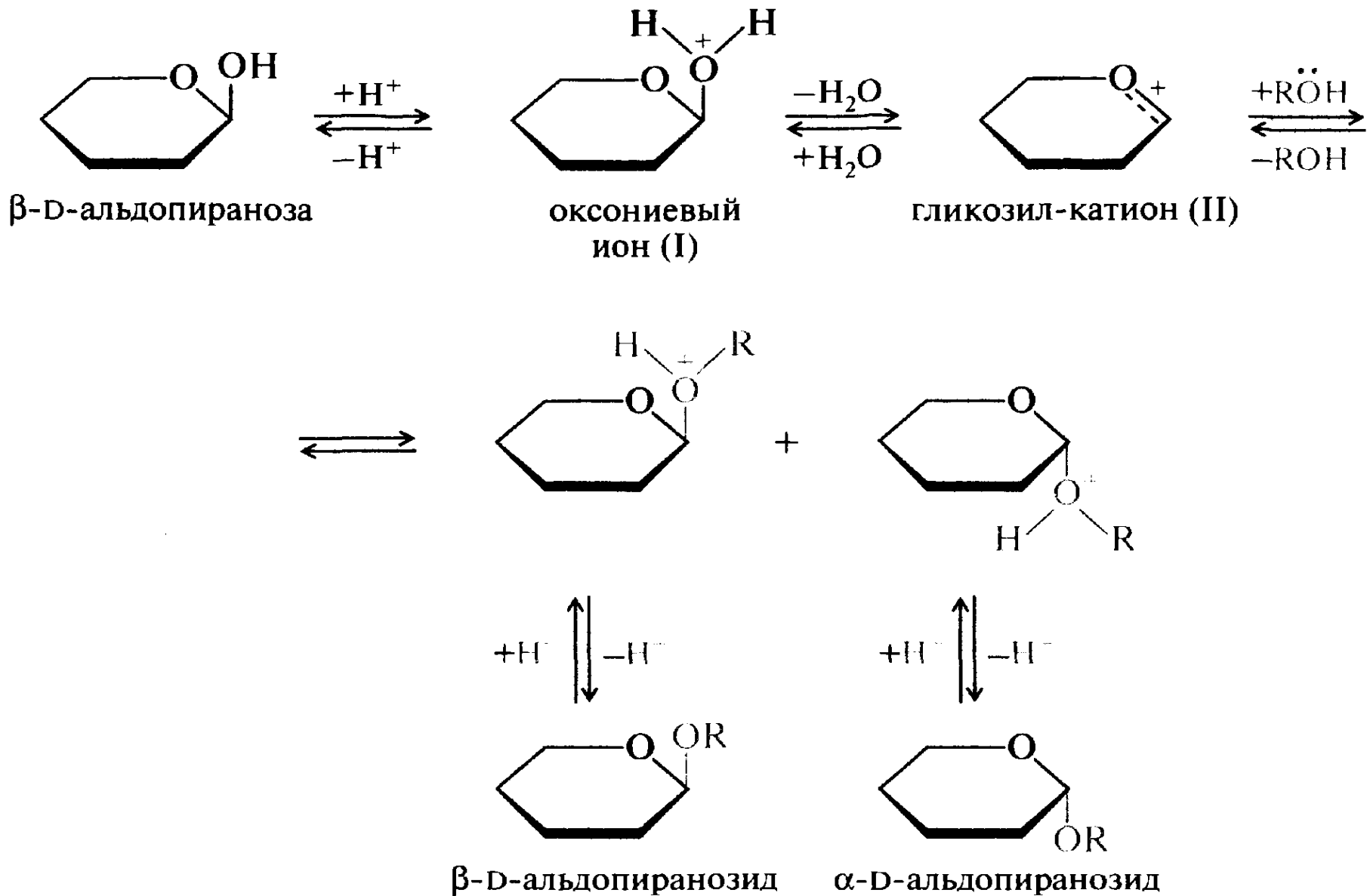
## III. РЕАКЦИИ ГЛИКОЗИДНОГО ГИДРОКСИЛА.

### Алкилирование моноз



Ацетали, гликозиды

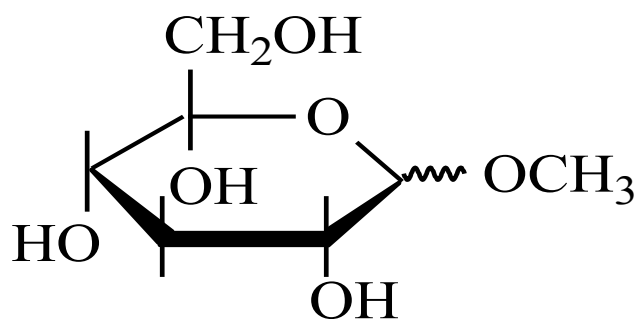
# Схема механизма образования гликозидов



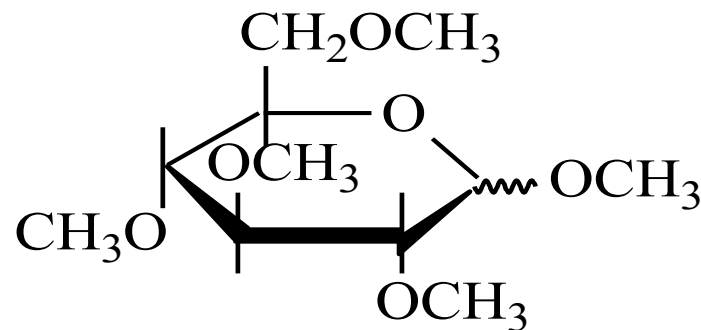
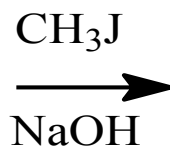
# IV. РЕАКЦИИ СПИРТОВЫХ ОН-ГРУПП.

## 1. Простые эфиры

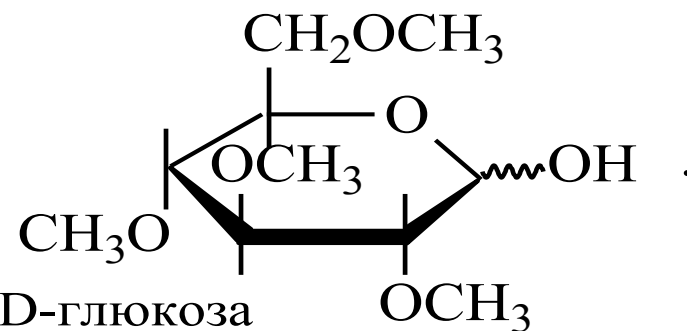
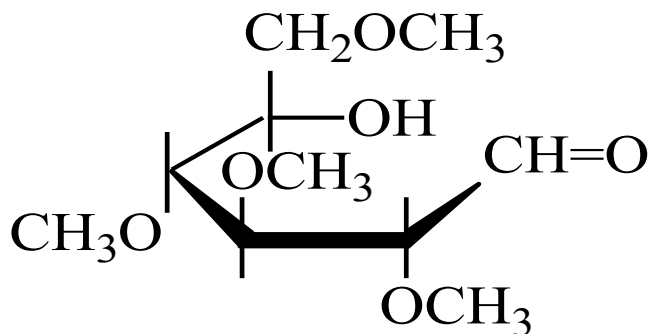
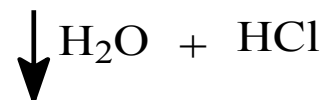
**"исчерпывающе метилированные  
МОНОЗЫ"**



Метил-D-глюкопиранозид

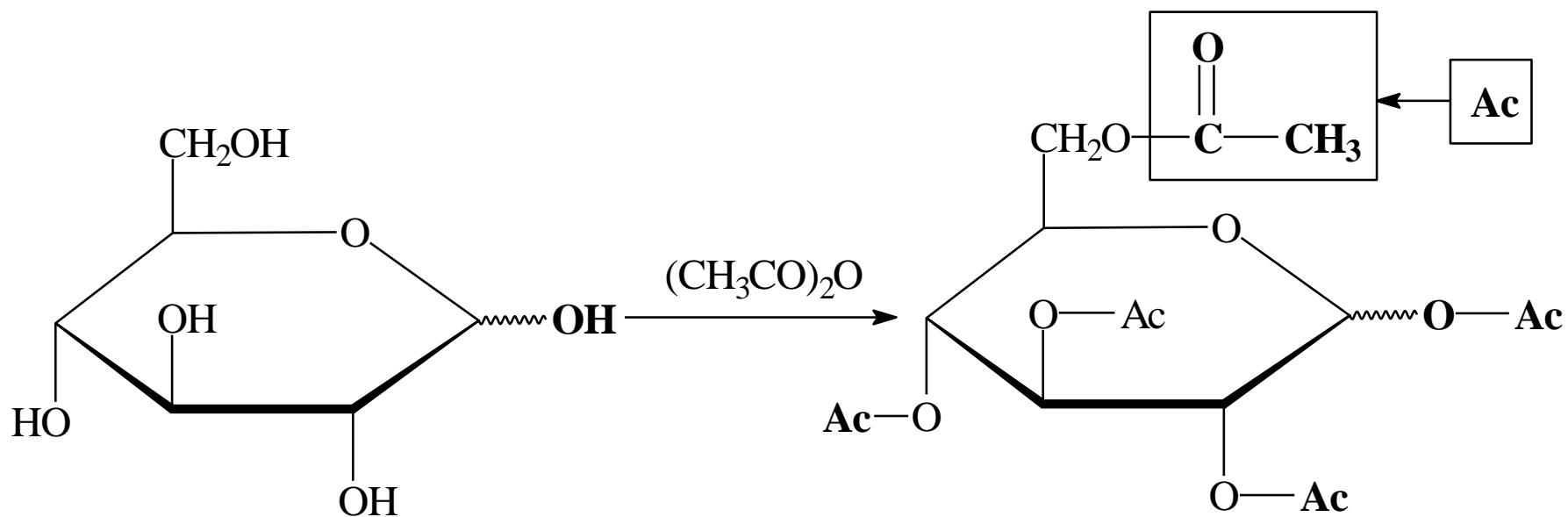


Тетраметил-О-метил-  
D-глюкопираноза



Тетраметил-D-глюкоза

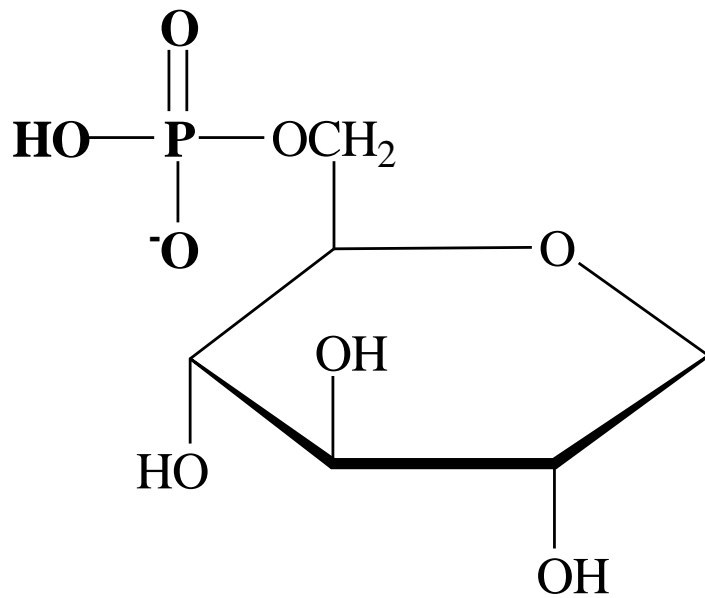
## 2. Сложные эфиры. Ацилирование моноз



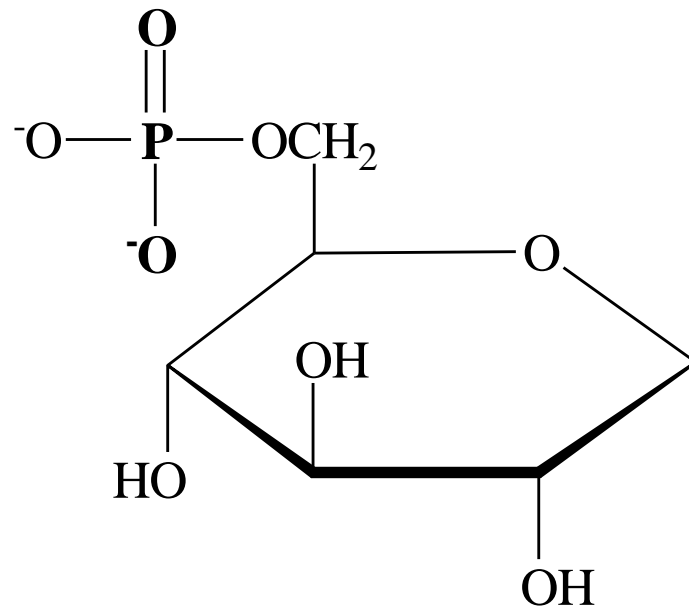
Сложные эфиры моносахаридов гидролизуются как в кислой, так и щелочной средах.

# Участие фосфатов моносахаридов в биохимических процессах

---



Моноанион  
(10% при pH 7)

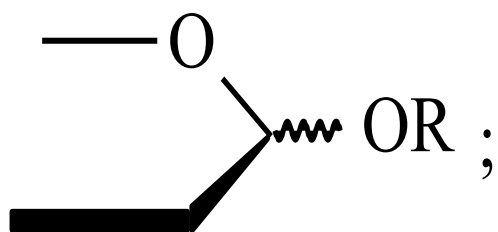


Дианион  
(90% при pH 7)

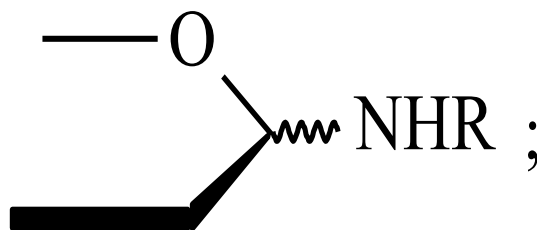
Радикал, замещающий атом водорода в гликозидном гидроксиле, называется

**агликоном.**

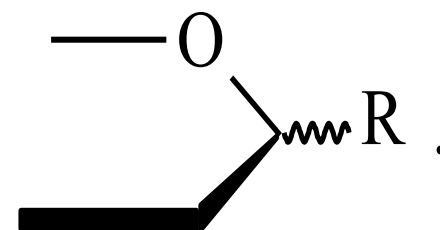
Помимо *O*-гликозидов, существуют также *N*-гликозиды и *C*-гликозиды:



*O*-Гликозид

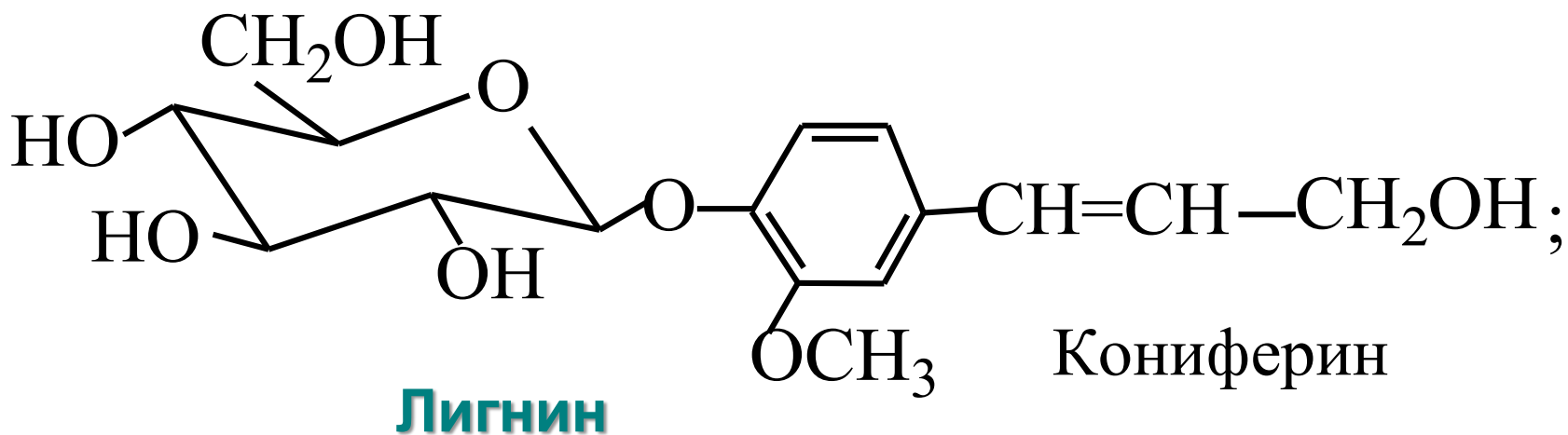
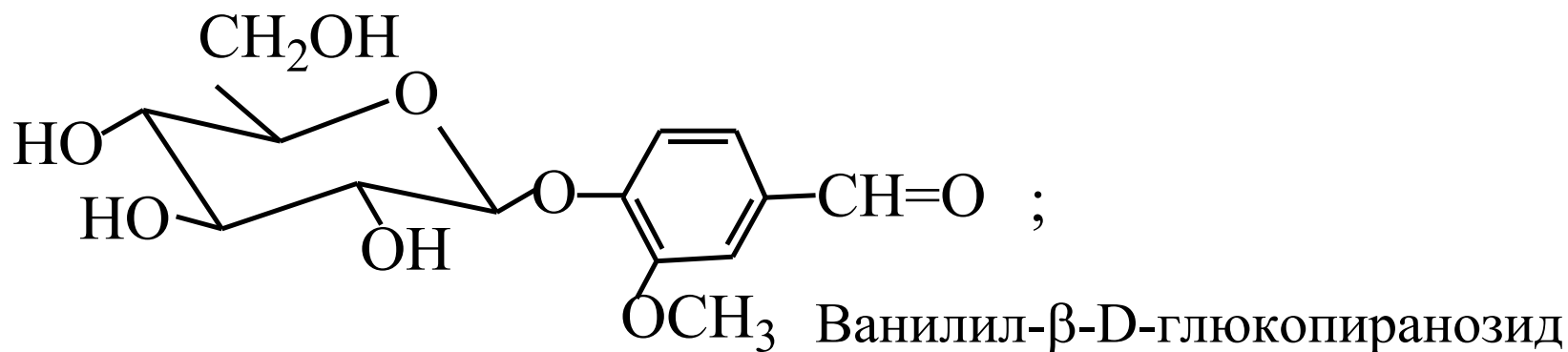


*N*-Гликозид

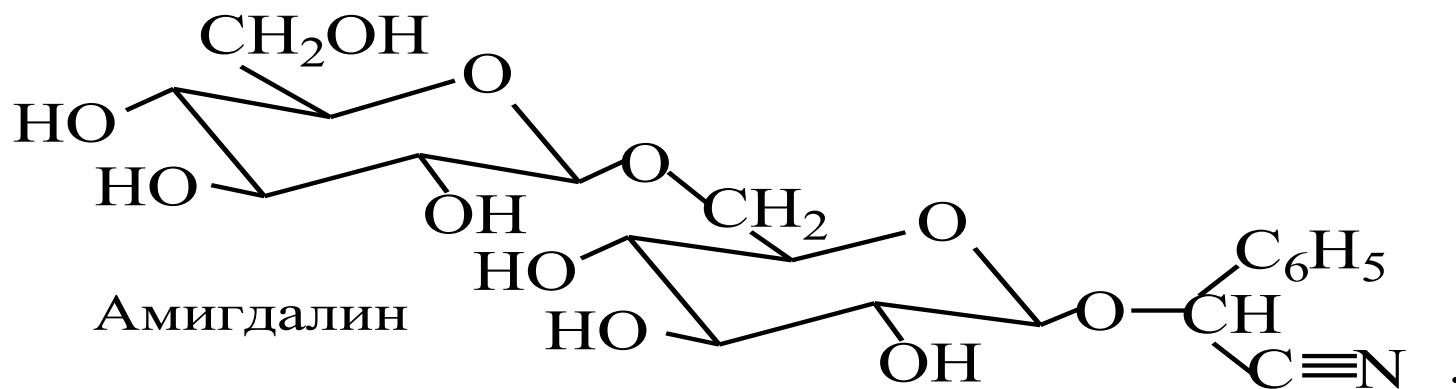


*C*-Гликозид

. Большое количество **O-гликозидов** с агликонами, принадлежащими к различным классам органических соединений, встречается в растениях



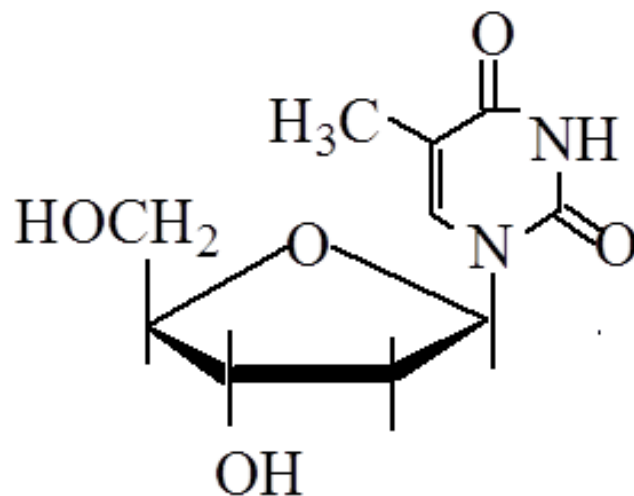




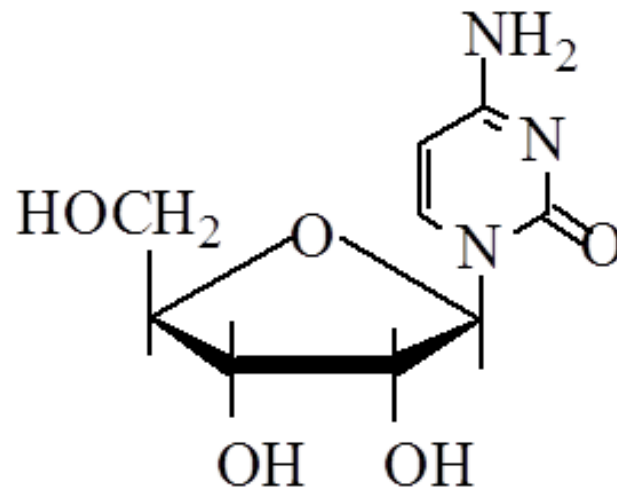
**горький вкус и специфический аромат миндаля**



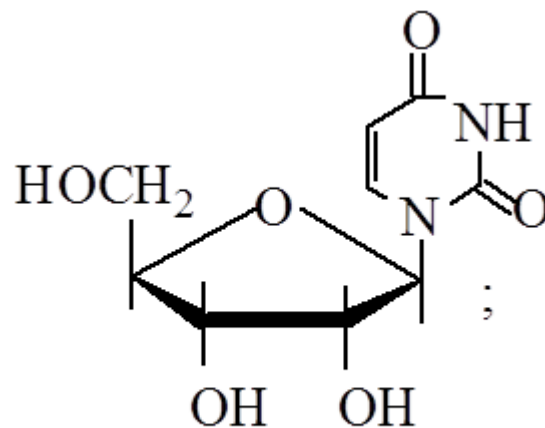
# Наиболее распространёнными в природе N-гликозидами являются компоненты нуклеиновых кислот – **нуклеозиды**.



Тимидин (только в составе ДНК)



Цитидин



Уридин (только в составе РНК)

**Олигосахариды** – (греч. oligos – несколько) соединения, построенные из нескольких остатков моносахаридов (от 2 до 10), связанных между собой гликозидной связью.



# • Классификация олигосахаридов

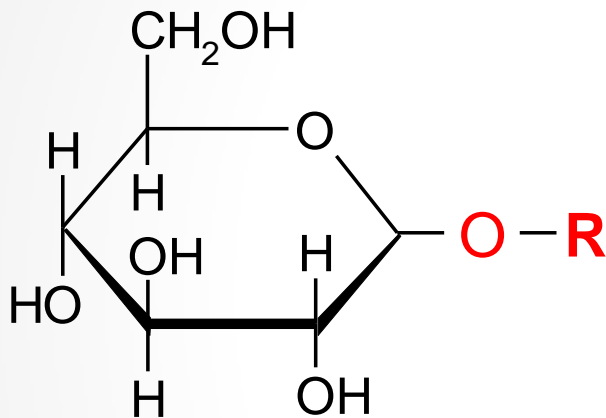
## • По числу моносахаридных звеньев:

дисахариды, трисахариды,  
тетрасахариды, пентасахариды и т.д.

## • По восстанавливающей способности

**восстанавливающие**  
**невосстанавливающие**

# Структура дисахаридов



R = остаток моносахарида

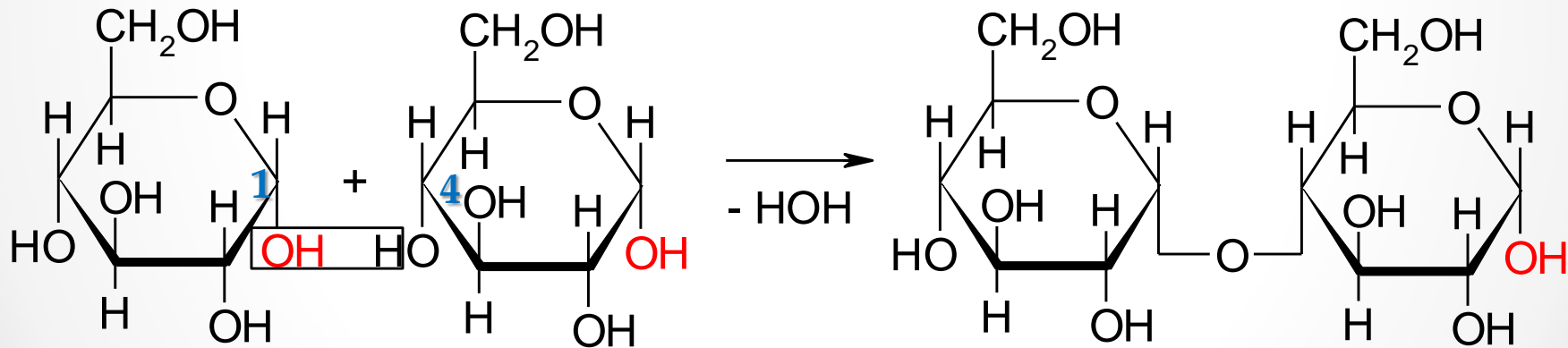
Два остатка моносахаридов связаны друг с другом гликозидной связью.

# Отдельные дисахариды

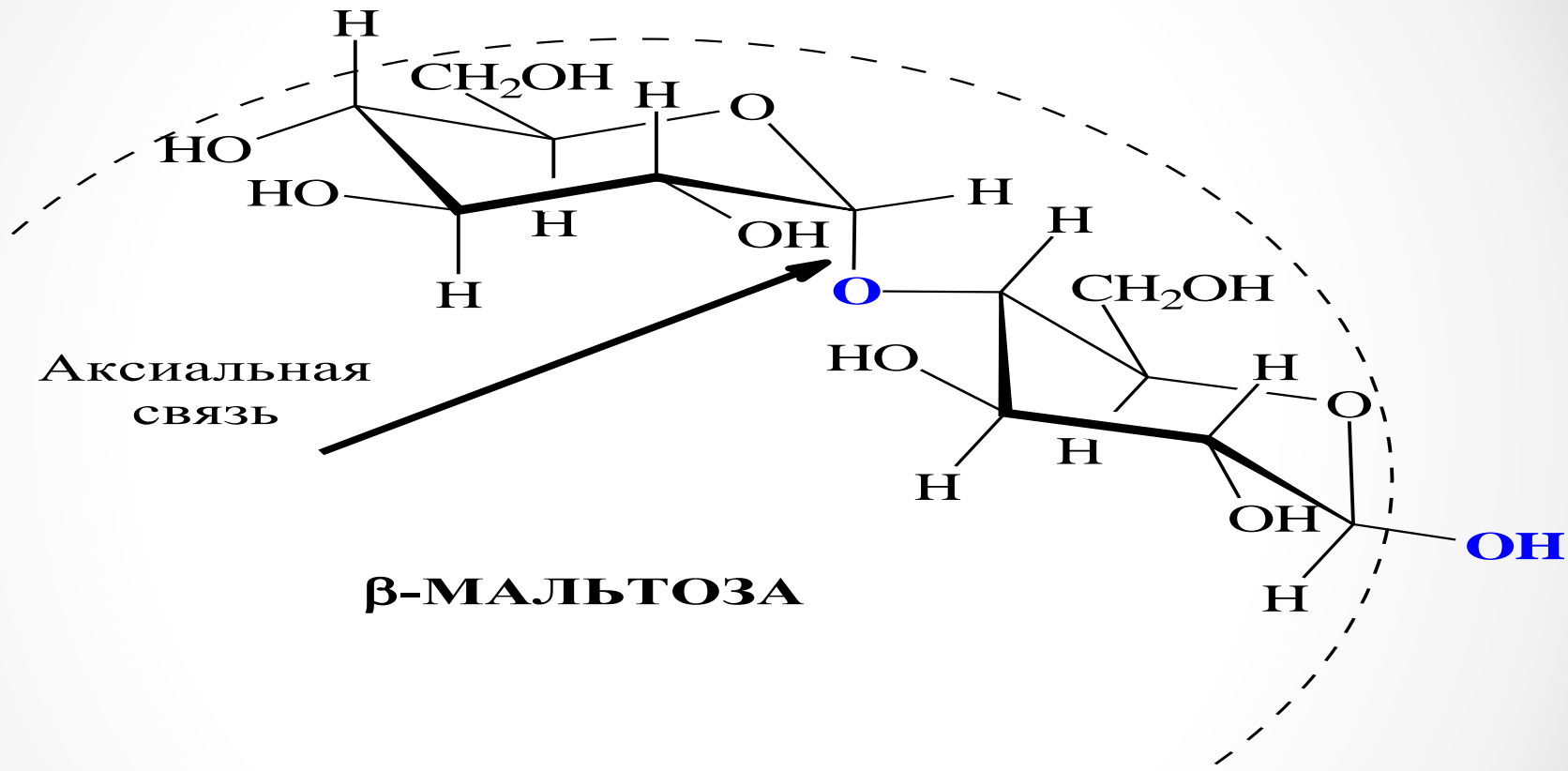
## 1. Мальтоза

**$\alpha$ -1,4** солодовый сахар, лат. malt - солод

*Восстанавливающий дисахарид*



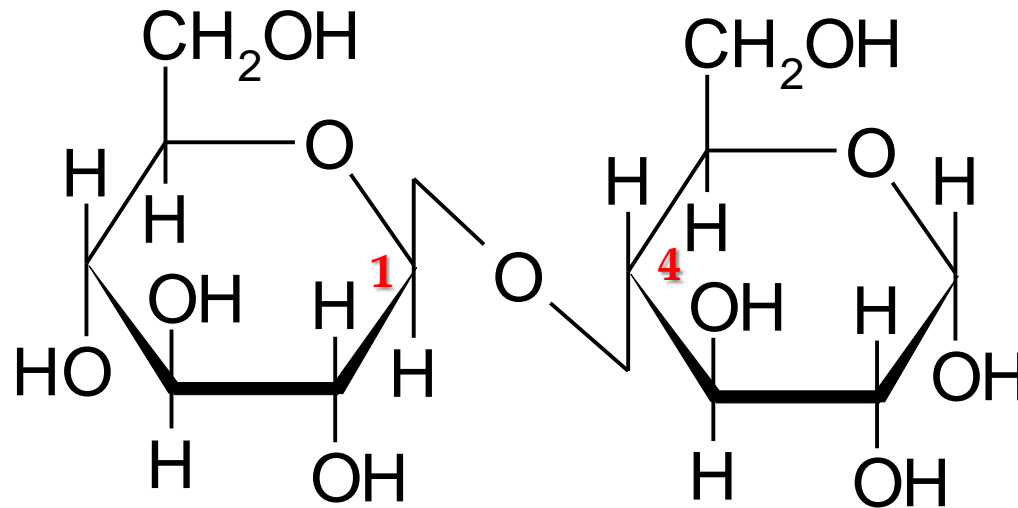
**O- $\alpha$ -D-глюкопиранозил-(1 $\rightarrow$ 4)- $\alpha$ -D-глюкопираноза**



## 2. Целлобиоза.

*Восстанавливающий дисахарид*

**$\beta$ -1,4**

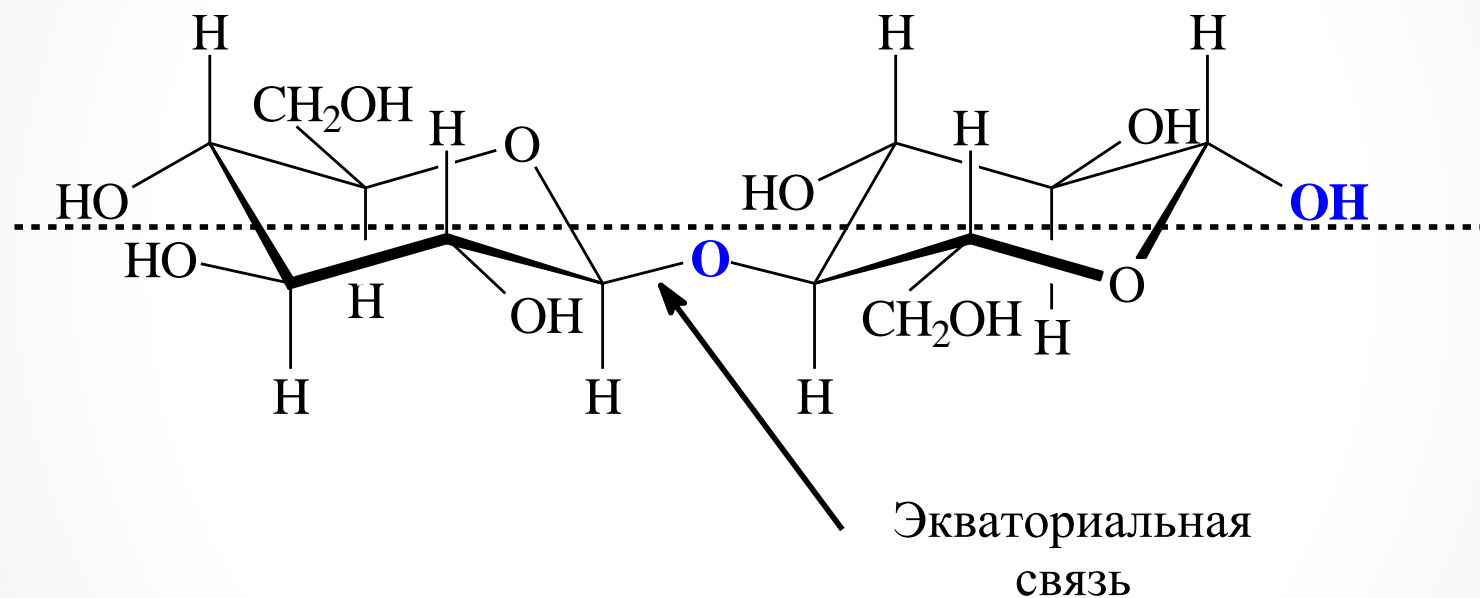


**$\beta$ -D-глюкопиранозил-O- (1 $\rightarrow$ 4)-  $\alpha$ - D-  
глюкопираноза**



# ДИСАХАРИДЫ.

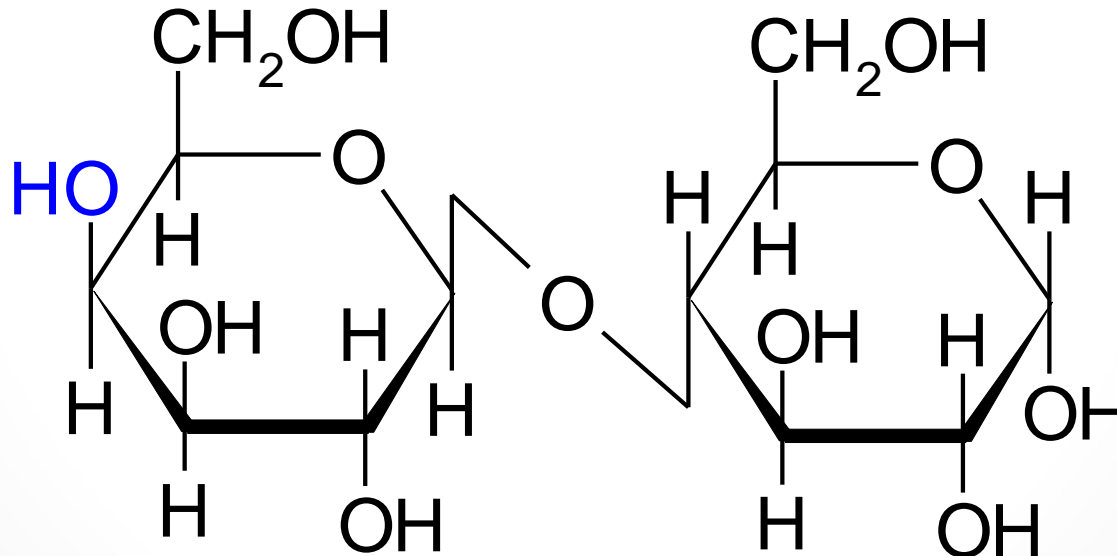
## Восстанавливающие дисахариды



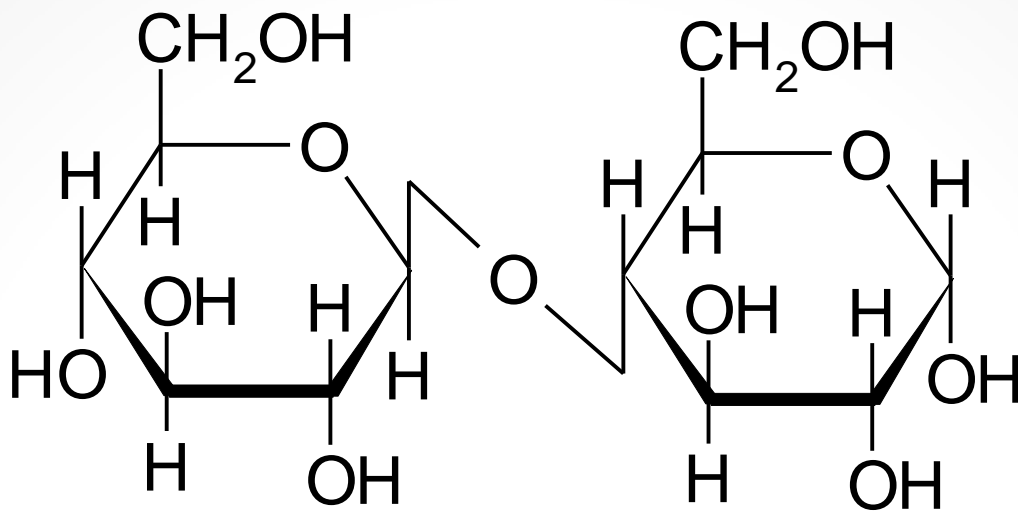
**β-ЦЕЛЛОБИОЗА**

- **3. Лактоза** (лат. lactis - молоко) – молочный сахар.

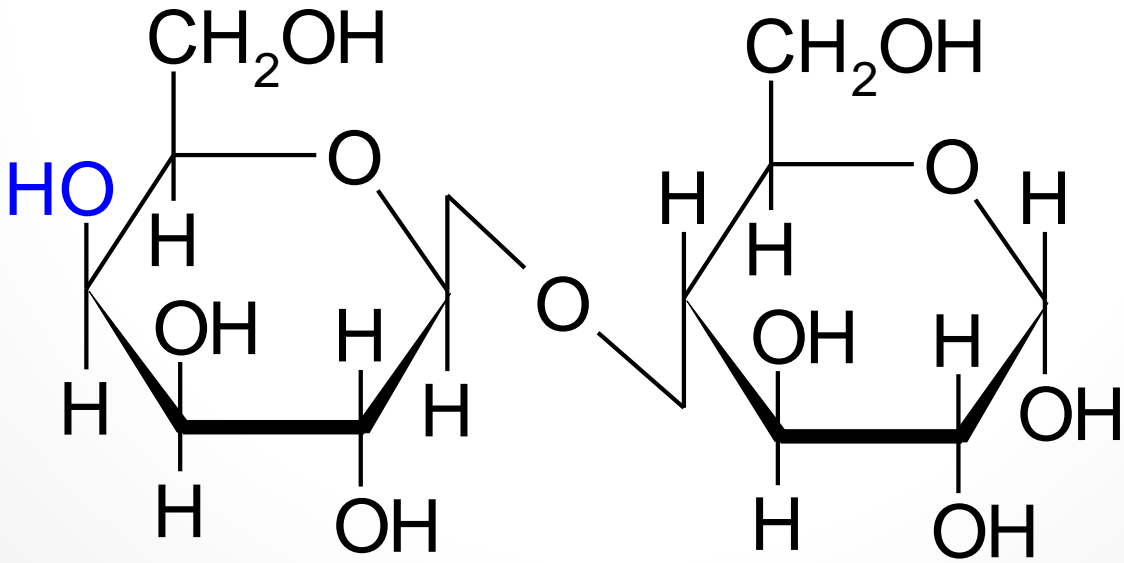
**$\beta$ -D-галактопиранозил-O-(1 $\rightarrow$ 4)- $\alpha$ -D-глюкопираноза.**



**$\beta$ -1,4**



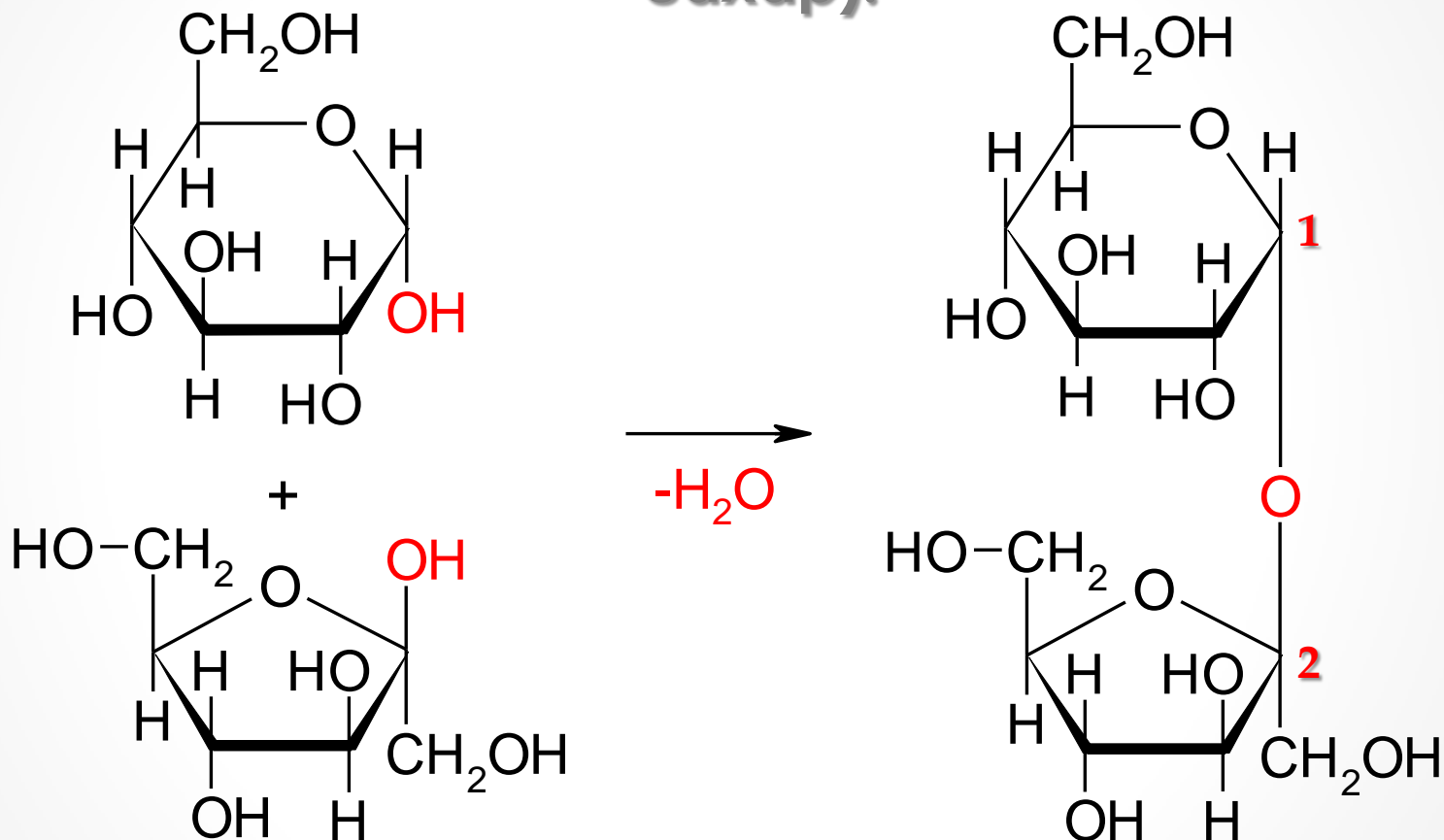
**ЦЕЛЛОБИОЗА**



**Лактоза**

# • Невосстанавливающие дисахариды

## • Сахароза (тростниковый сахар, свекловичный сахар).



$\beta$ -D-фруктофуранозил-O-(2-1)- $\alpha$ -D-глюкопиранозид

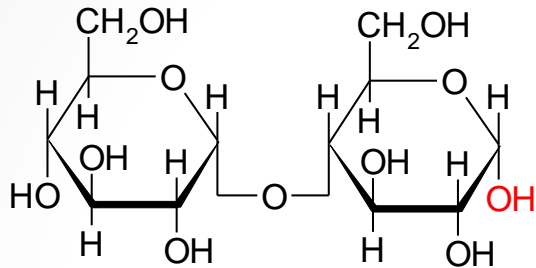
Первым природным веществом, выделенным человеком в чистом виде, была **сахароза**. Она была выделена из сахарного тростника в Китае еще в VIII ст.

свекловичный (тростниковый) сахар, содержится в сахарной свекле (от 16 до 18 %), в сахарном тростнике (до 28 % от сухого вещества), соках

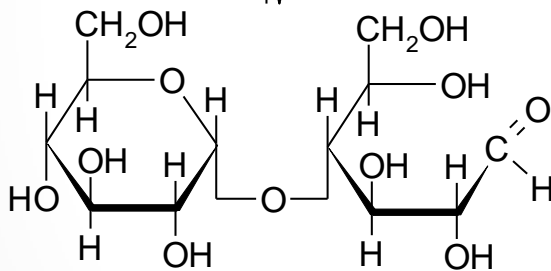


# • Химические свойства дисахаридов

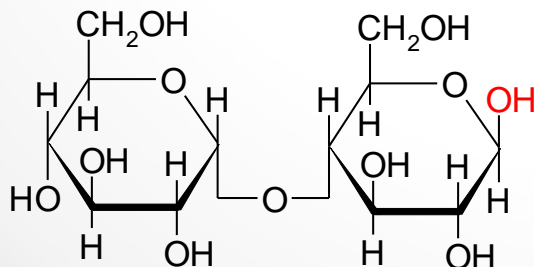
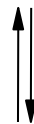
## • Кольчато-цепная таутомерия. Мутаротация



$\alpha$ -мальтоза

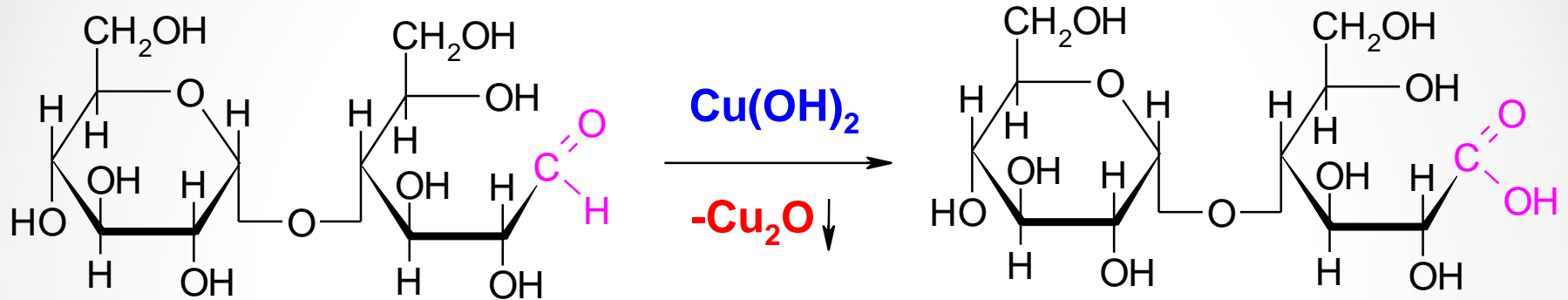


открытая форма мальтозы



$\beta$ -мальтоза

# Окисление дисахаридов



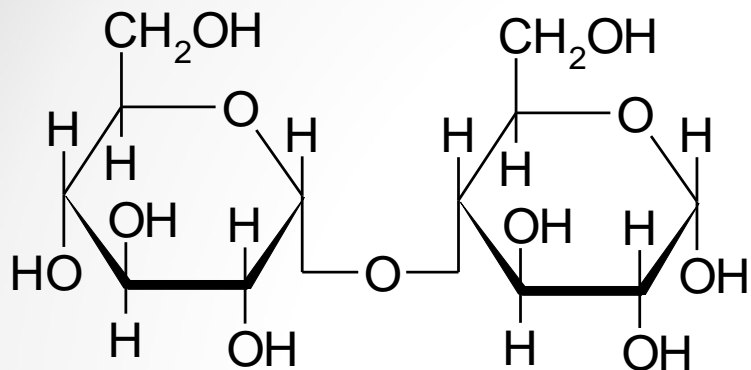
*мальтоза*

*мальтобионовая кислота*

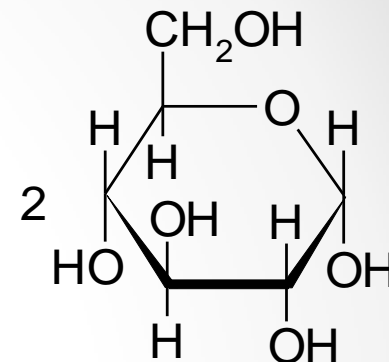
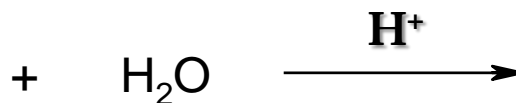
**Окислители:** Реактив Фелинга, реактив Толленса, бром и другие окислители, окисляющие альдегиды

**Сахароза** реактивом Фелинга не окисляется, ибо является невозстанавливающим дисахаридом

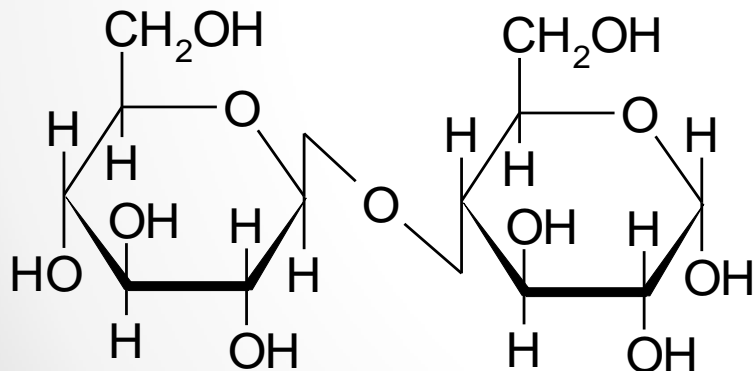
# Гидролиз дисахаридов



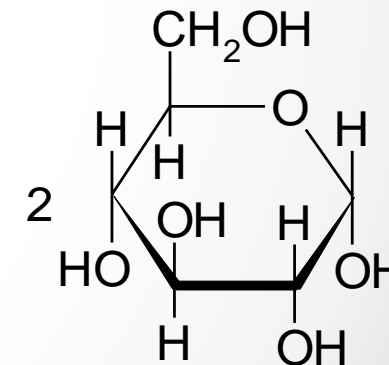
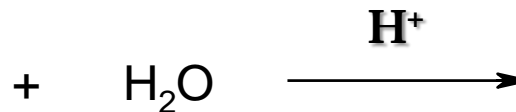
**мальтоза**



**глюкоза**

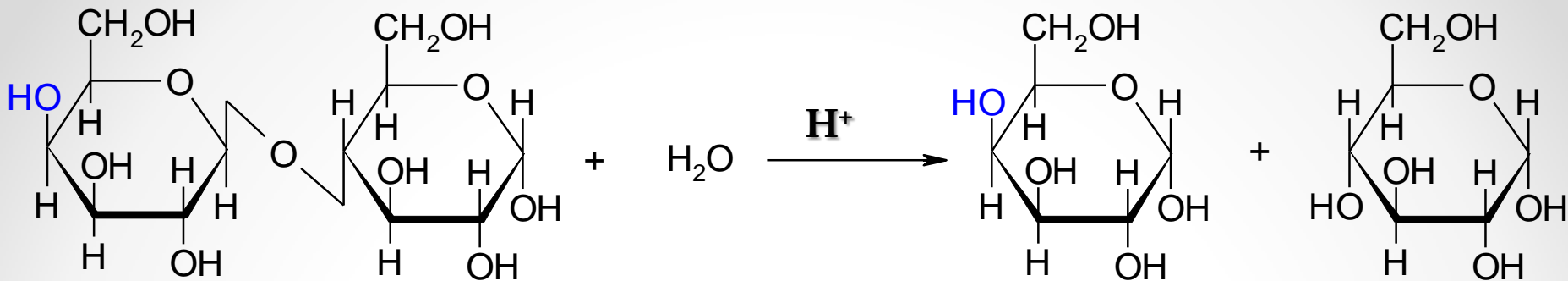


**целлобиоза**



**глюкоза**

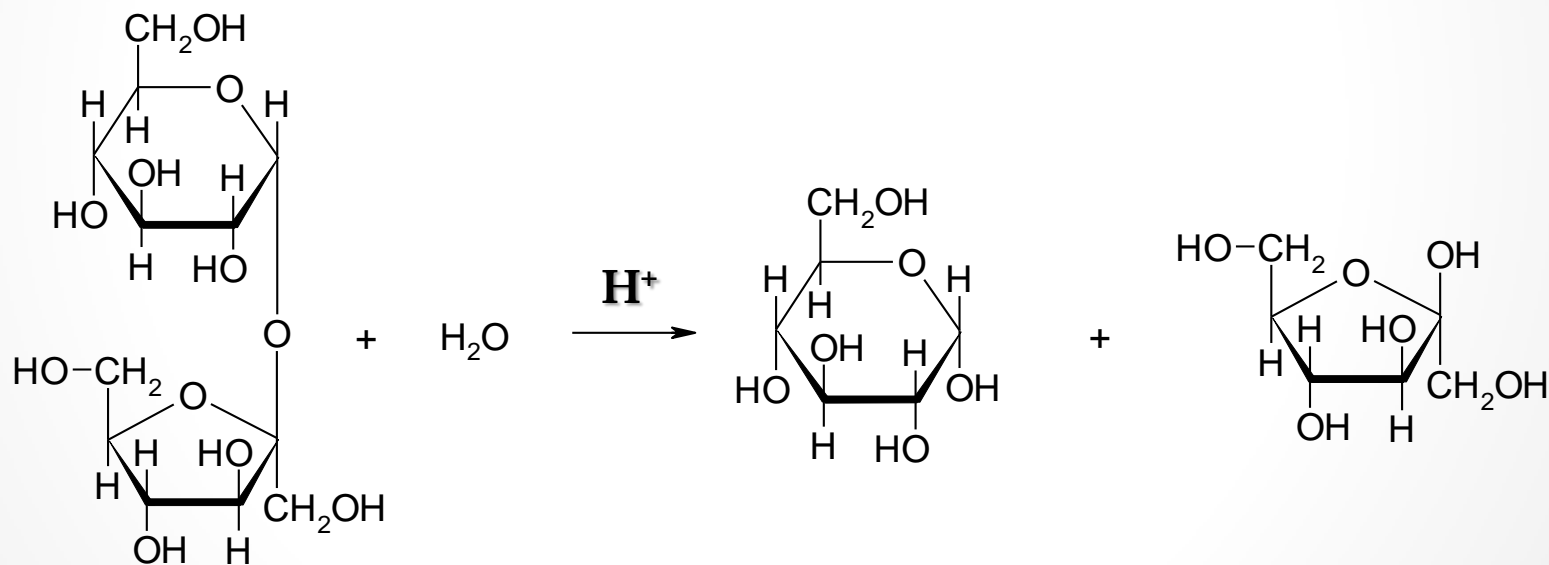




**лактоза**

**галактоза**

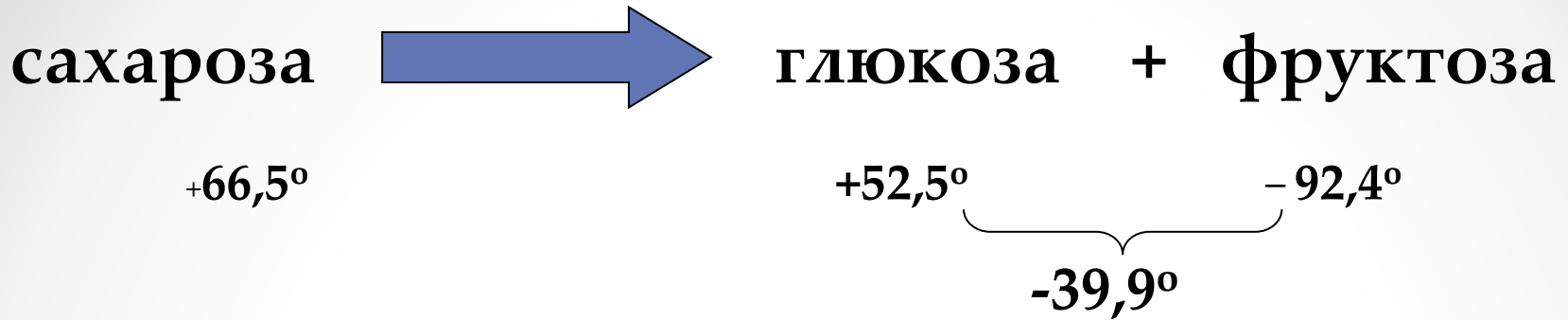
**глюкоза**



**сахароза**

**глюкоза**

**фруктоза**



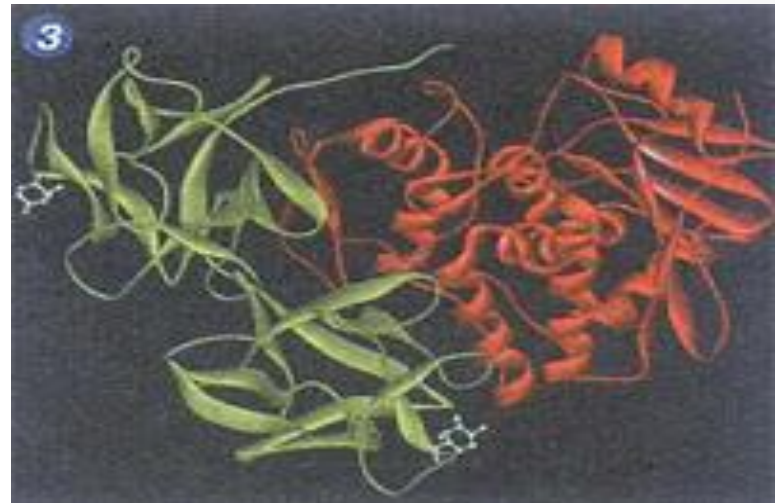
- Гидролиз сахарозы называется **инверсией сахарозы**.
- **Инверсия** (лат. *inversio* – перестановка) – это изменение какой-либо величины на обратную.

**Инвертный сахар используется в кулинарии.**

- Составная часть пчелиного меда.

# Полисахариды

Важнейшие из полисахаридов - это **крахмал**, **гликоген (животный крахмал)**, **целлюлоза (клетчатка)**.



- **Полисахариды (полиозы)**

- **Классификация полисахаридов**

1. Гомополисахариды

2. Гетерополисахариды

**Гомополисахариды также называются  
ГЛИКАНАМИ.**

При фотосинтезе **крахмал** образуется в растениях и откладывается в корнях, клубнях, семенах, «картофельная мука». Запасающая функция

## **ЗНАЧЕНИЕ КРАХМАЛА**

- 1). В качестве пищевого продукта (хлеб, картофель, крупы и т. д.)
- 2). Для изготовления канцелярского клея
- 3). В медицине и фармации для приготовления присыпок, паст (густых мазей), а также при производстве таблеток.



# Крахмал

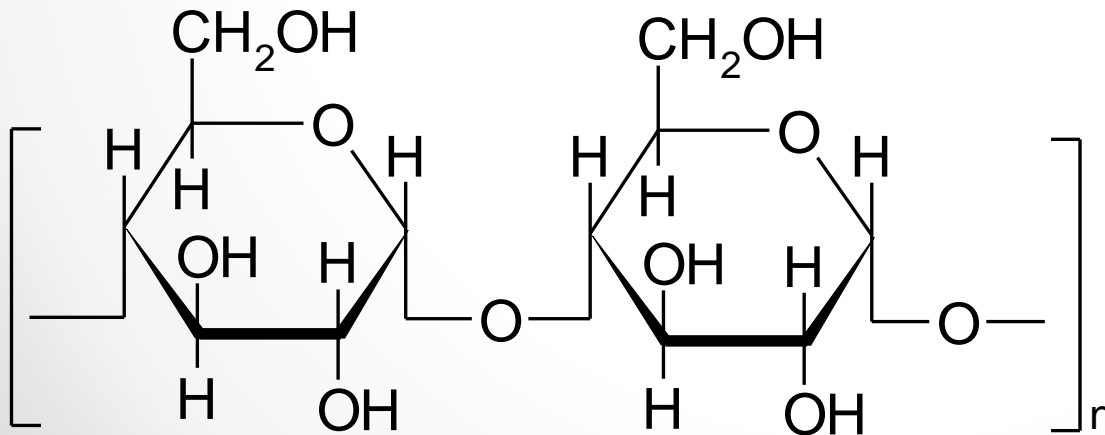
представляет собой смесь

двух полисахаридов – **амилозы и амилопектина**.

(20% амилозы и 80% амилопектина)

**основной запасной гомополисахарид**

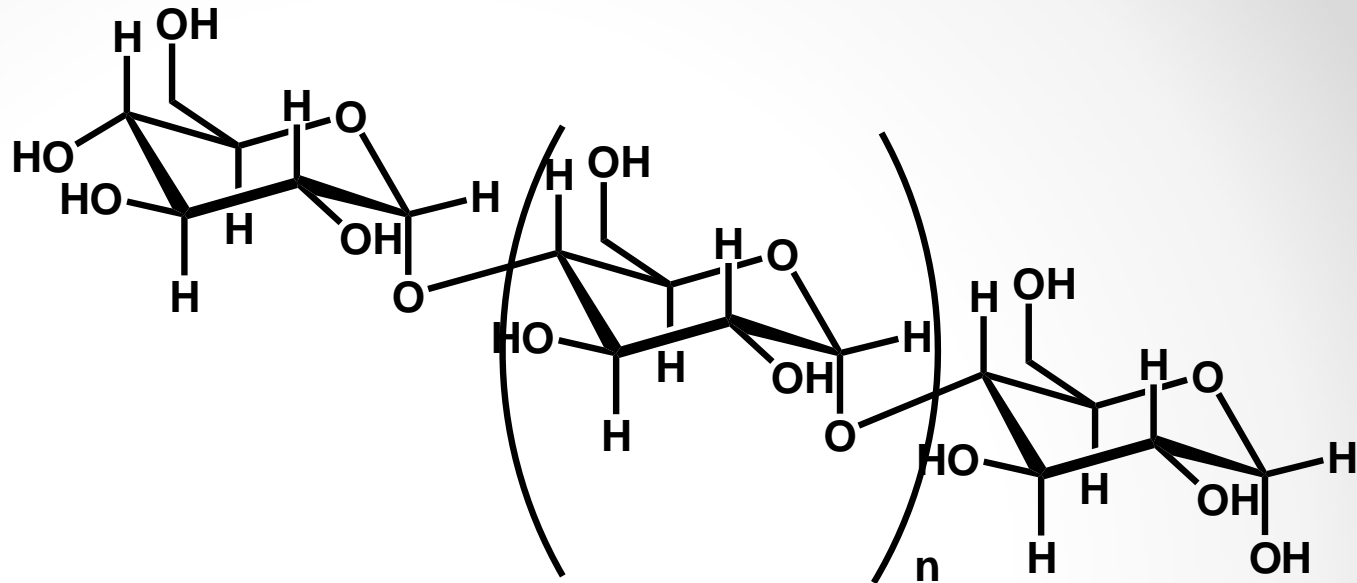
## Фрагмент молекулы АМИЛОЗЫ



$n = 200-1000$

$M = 40000-160000$

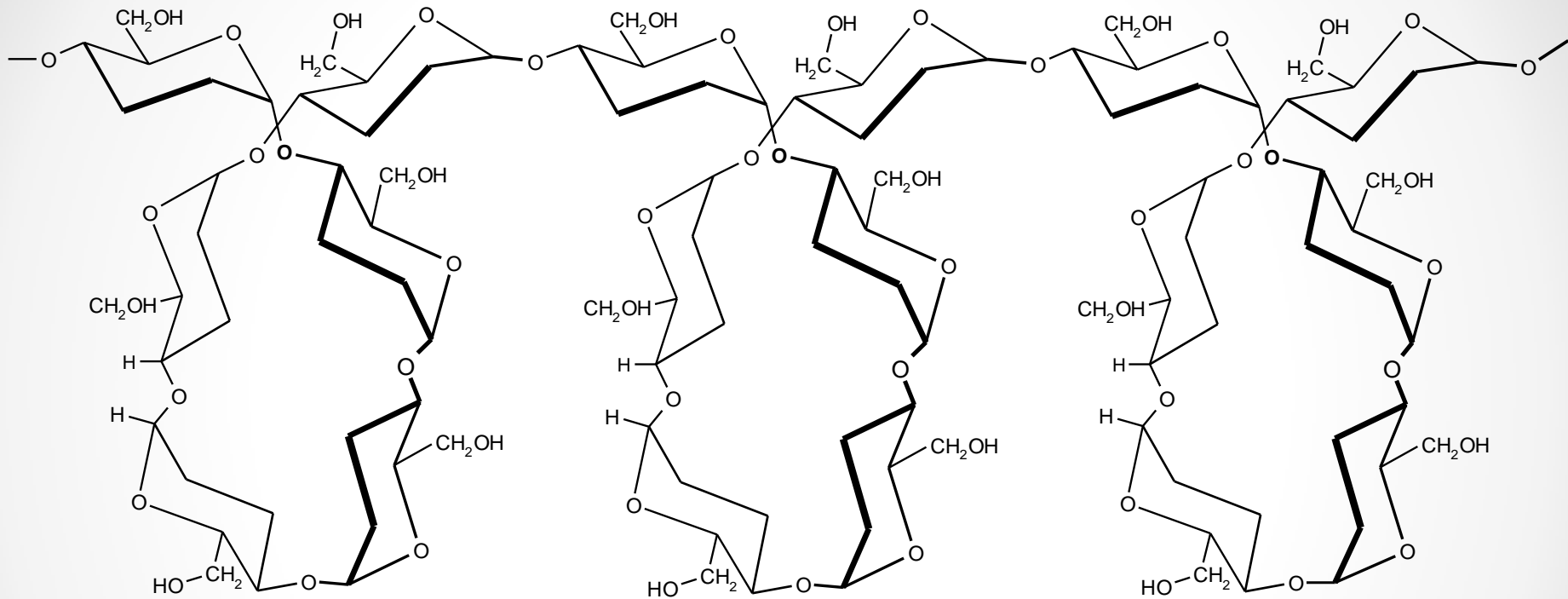
Состоит из  
звеньев  
глюкозы,  
1,4-сочленение  
альфа-  
гликозидной  
связью



амилоза  $n \sim 200$ ,  $M \sim 40\ 000$

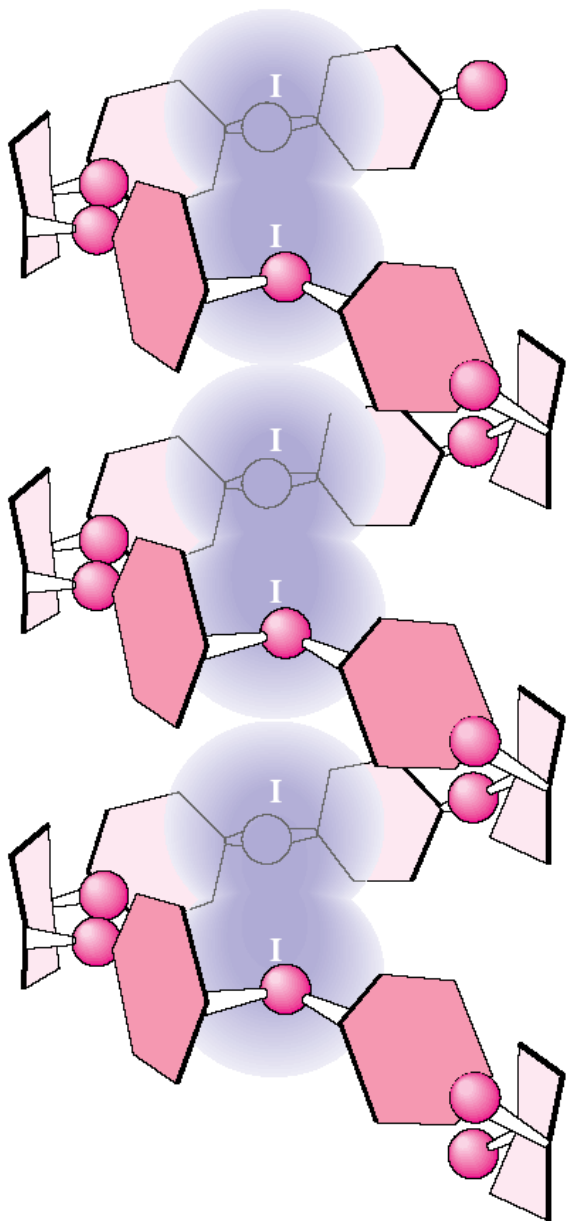


**клейстер**



\* **амилоза** представляет собой макромолекулу,  
\* **свёрнутую в спираль.**

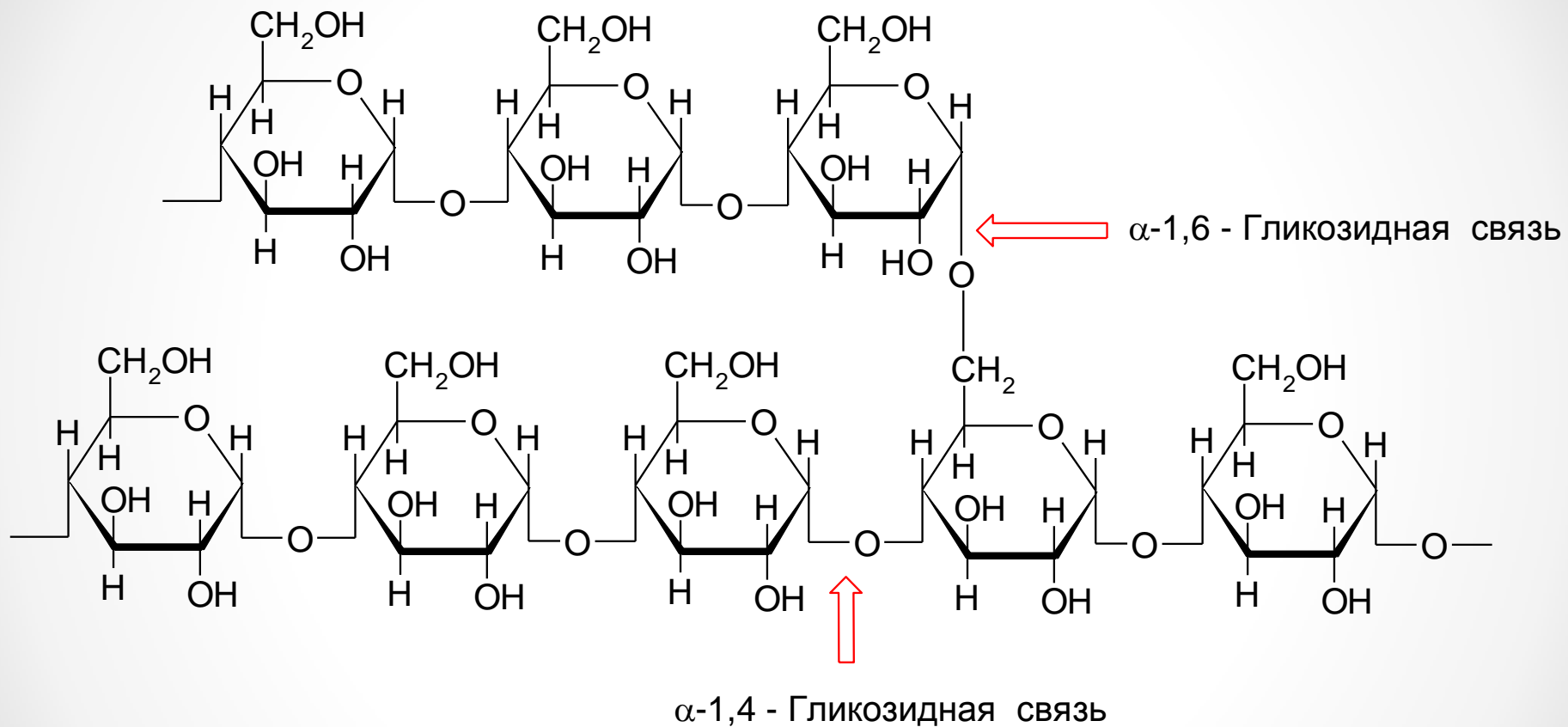




## Структура комплекса амилозы и иода

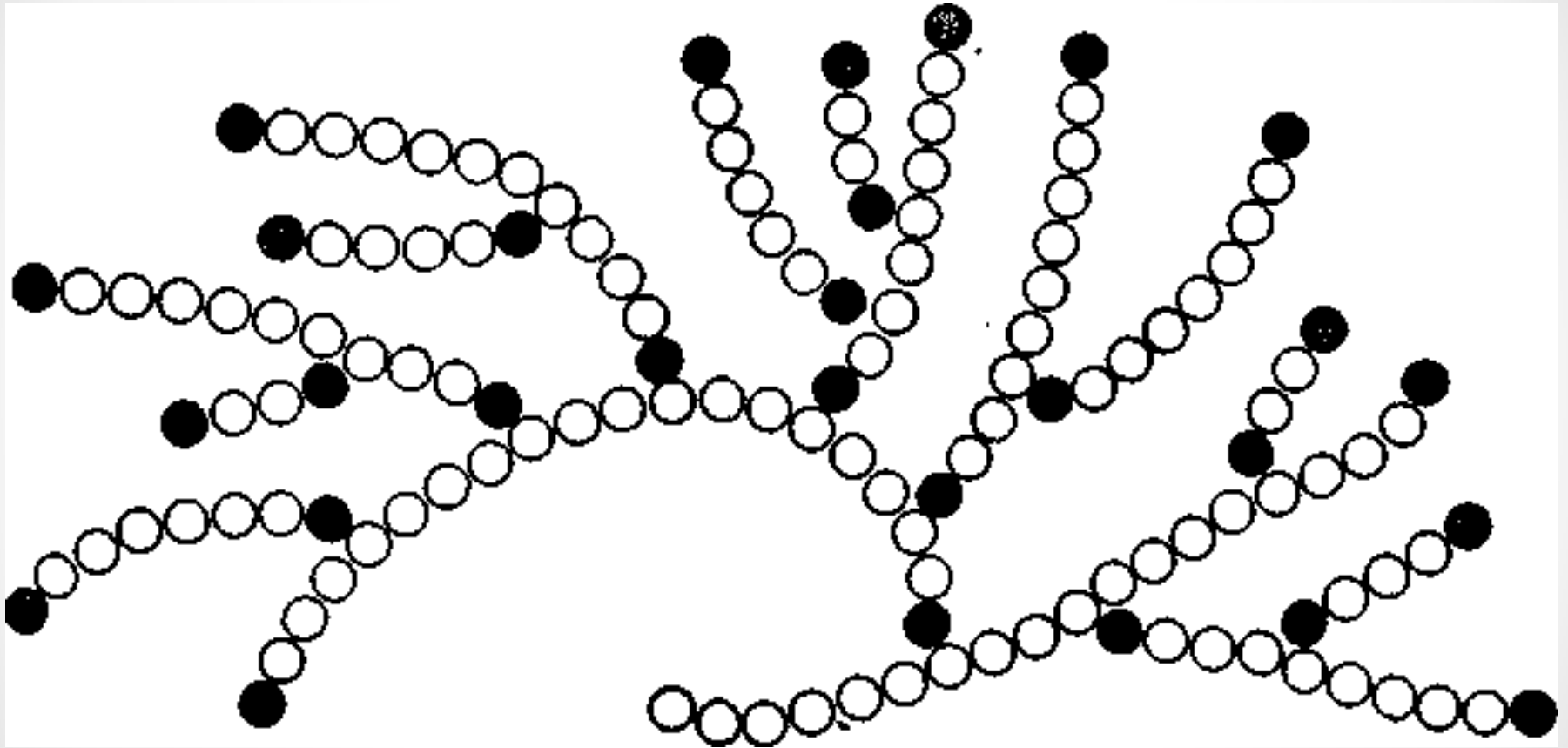
Реакция с иодом  
(фиолетовое окрашивание)  
**СОЕДИНЕНИЕ ВКЛЮЧЕНИЯ**

На один виток спирали приходится 6–7 остатков глюкозы



Молекулярная масса **амилопектина** 1-6 миллионов.

**АМИЛОПЕКТИН** имеет разветвлённое строение.



**Между точками ветвления располагается 20-25 глюкозных  
ОСТАТКОВ**

**\*При частичном гидролизе крахмала образуются полисахариды – декстрины.** Декстринизация идёт при нагревании крахмала, например, при выпечке хлеба, или глажении накрахмаленных тканей.

|       |   |                                      |
|-------|---|--------------------------------------|
| E1400 | Декстрины, крахмал, обработанный термически,  | стабилизатор, загуститель, связующее |
| E1401 | Крахмал, обработанный кислотой                | стабилизатор, загуститель, связующее |
| E1402 | Крахмал, обработанный щелочью                 | стабилизатор, загуститель, связующее |
| E1403 | Крахмал отбеленный                            | стабилизатор, загуститель, связующее |
| E1404 | Окисленный крахмал                            | эмульгатор, загуститель, связующее   |
| E1405 | Крахмал, обработанный ферментными препаратами | загуститель                          |

# **Гликоген** – аналог амилопектина с более разветвленной цепью

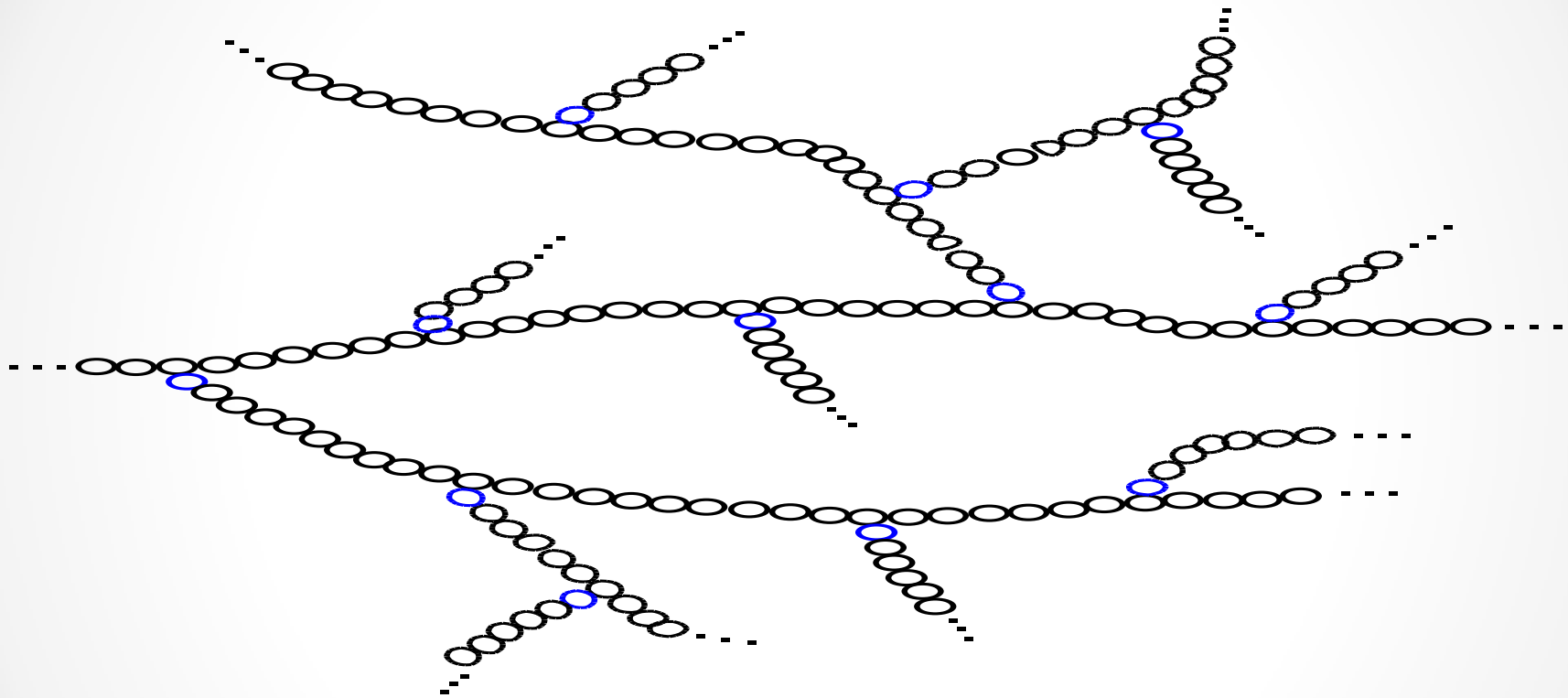
В животном мире роль «запасного крахмала» играет родственный крахмалу полисахарид - **гликоген**. Гликоген содержится во всех животных тканях. Особенно много его в печени (до 20%) и в мышцах (4%).

Гликоген представляет собой белый аморфный порошок, хорошо растворимый даже в холодной воде. Молекула животного крахмала построена по типу молекул амилопектина, отличаясь лишь большей ветвистостью.

Молекулярная масса гликогена исчисляется миллионами.

# Гликоген (животный крахмал)

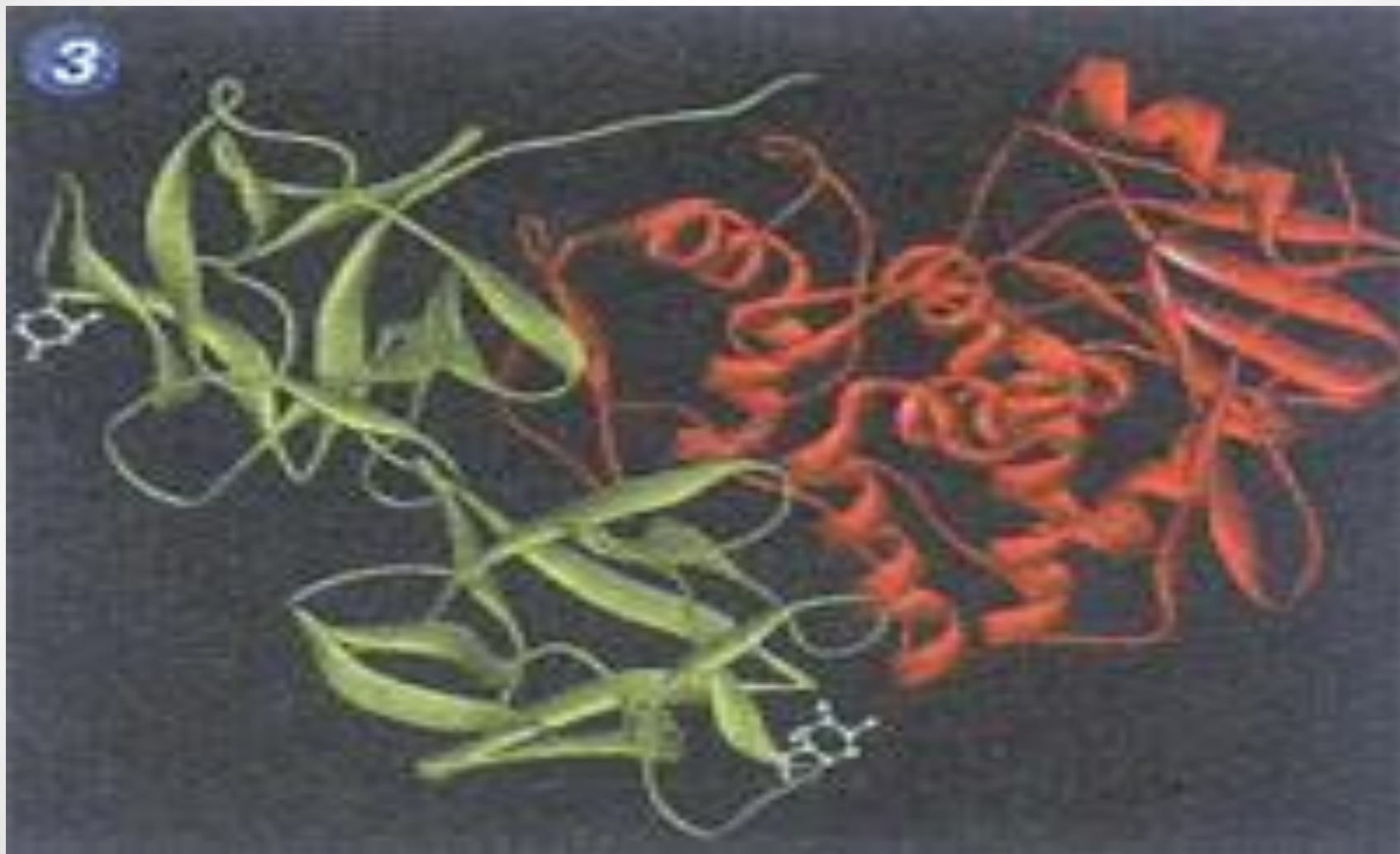
## Компактная и сильно разветвленная структура



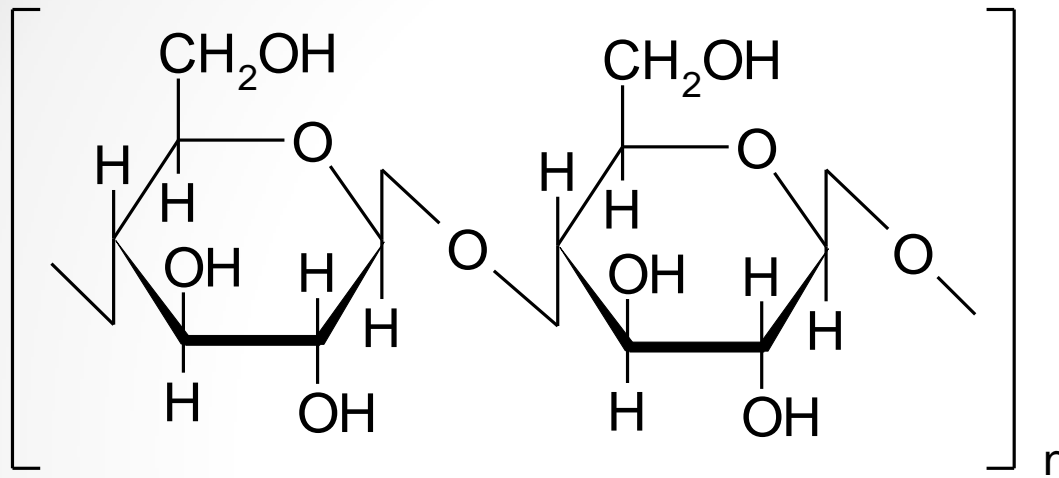
**Между точками ветвления располагается 10-12 глюкозных остатков**

**Функции: запасающая и поддержание уровня глюкозы в крови**

# Гликоген

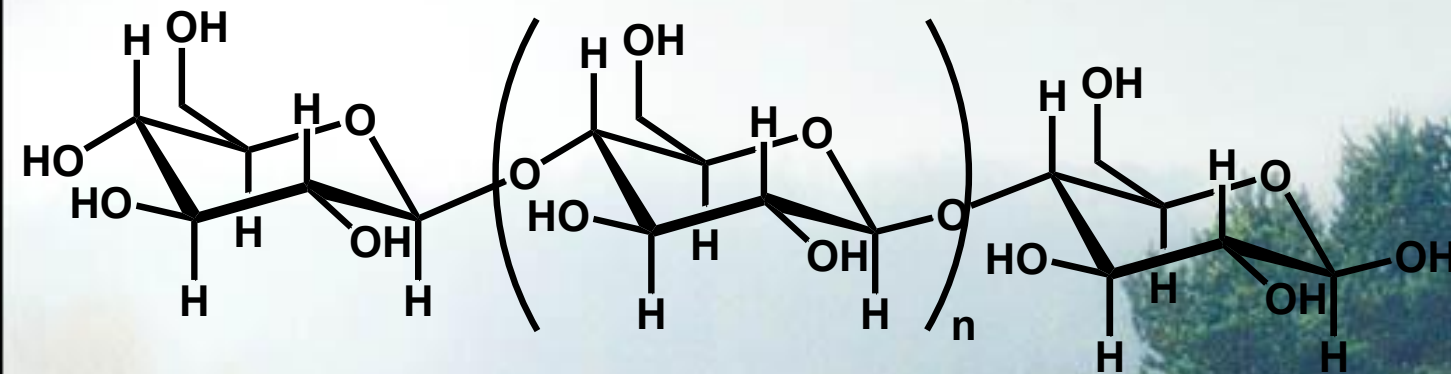


# Целлюлоза (клетчатка) (лат. cellula - клетка)



$n = 2500-12000$

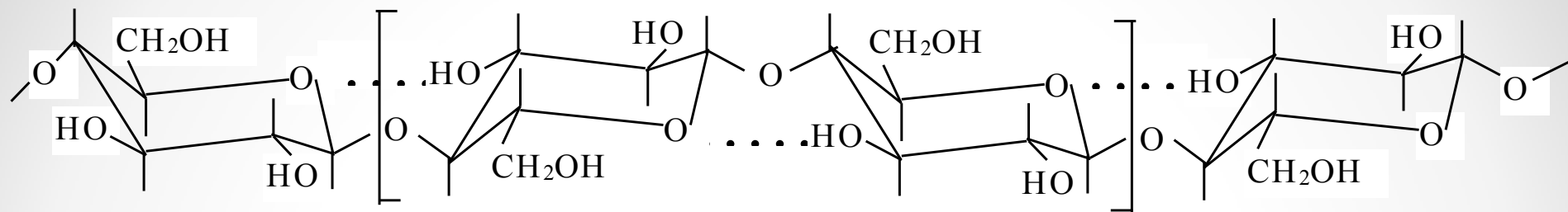
$M = 400000-2000000$



целлюлоза

Гомополимер, состоящий из глюкозных субъединиц, соединенных бета-гликозидной связью



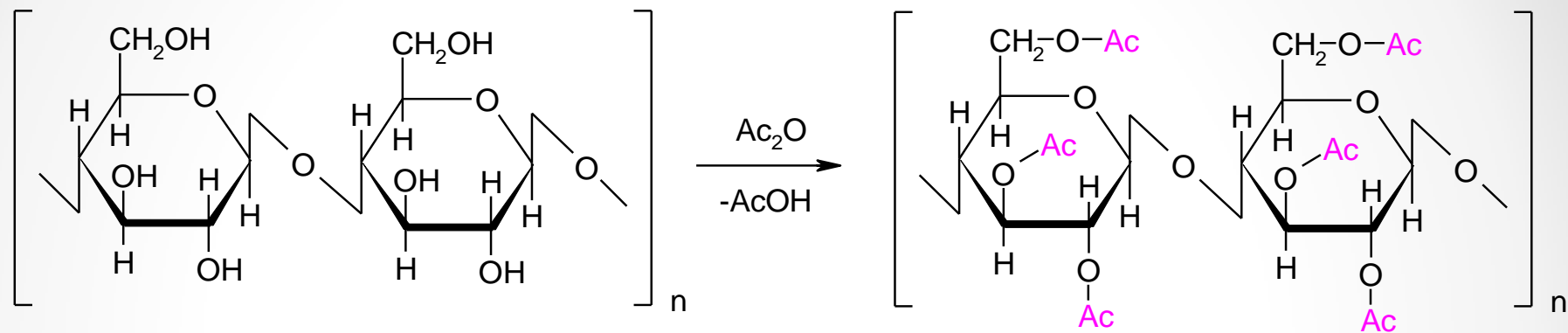


**Клетчатка** не расщепляется ферментами желудочно-кишечного тракта человека, но она должна быть обязательным компонентом пищи. Она выполняет следующие функции:

- создает чувство насыщения;
- стимулирует перистальтику желудочно-кишечного тракта;
- является субстратом для бактерий желудочно-кишечного тракта, синтезирующих витамины группы В;
- участвует в формировании каловых масс;
- способствует адсорбции токсических веществ в толстом кишечнике и их выведению, что снижает риск развития злокачественных новообразований толстого кишечника.

# Сложные эфиры целлюлозы

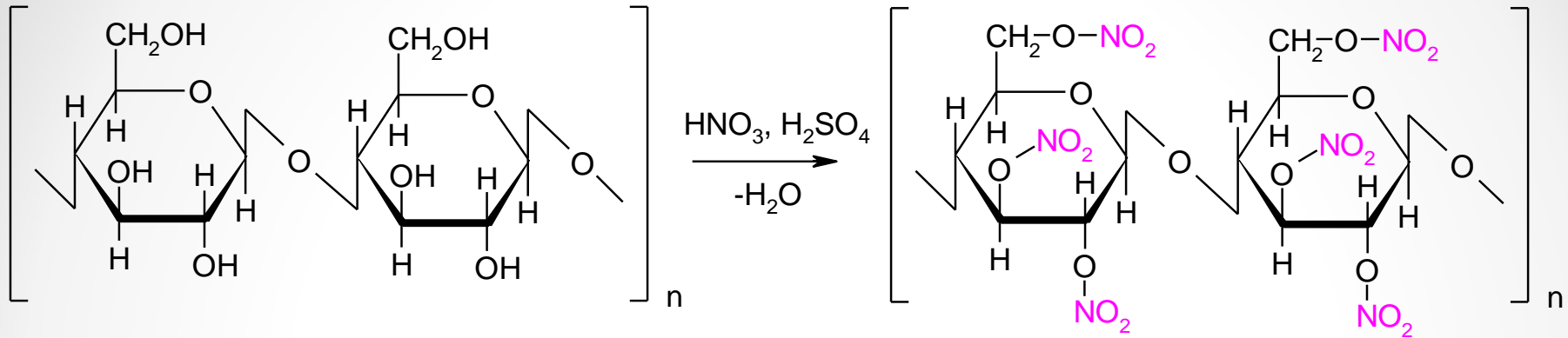
## Ацетат целлюлозы



**Ацетаты целлюлозы** являются термопластичными полимерами, которые используются для изготовления ацетатного волокна, лаков, пластмасс и киноплёнки.



# \* Нитроцеллюлоза.



- с максимальным содержанием азота (**12,5-13,5% N**)

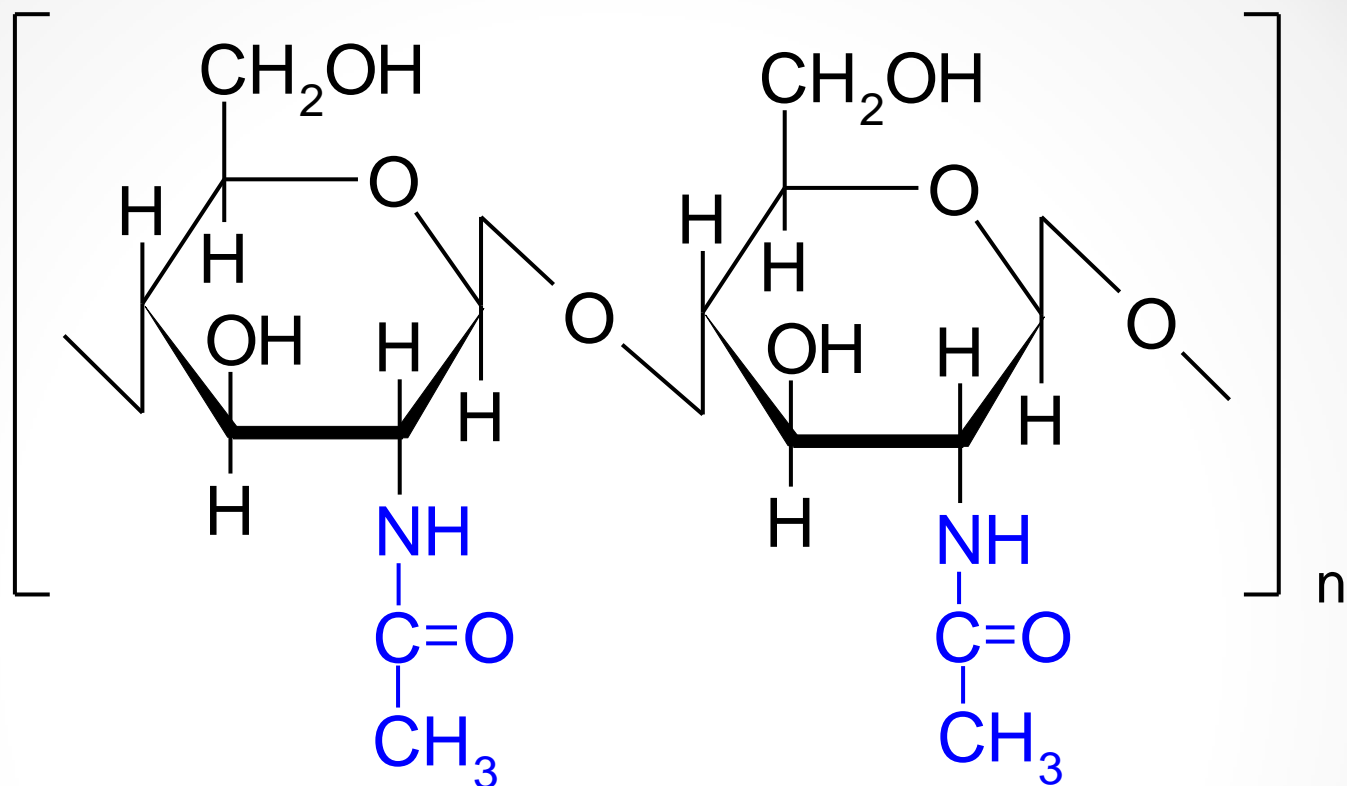
**пироксилин** – бездымный порох.

- с меньшим количеством азота (10,5-12,3% N) хорошо

растворима в спирте. Такой раствор называется **коллодий** - для герметизации ран.

Пластифицированная нитроцеллюлоза – **целлулоид** (пуговицы, расчёски, щётки и киноплёнка).



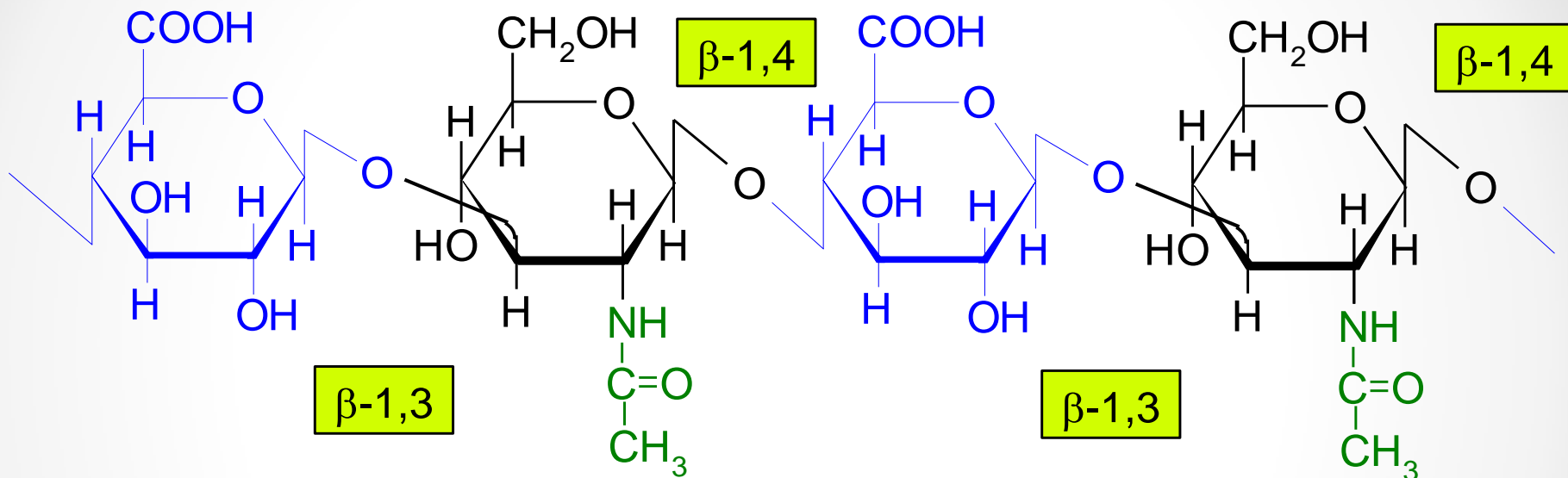


**ХИТИН** близок к целлюлозе; он встречается у некоторых форм грибов, а также как важный компонент наружного скелета некоторых насекомых, ракообразных и др. членистоногих. Функции: опорная, механическая.



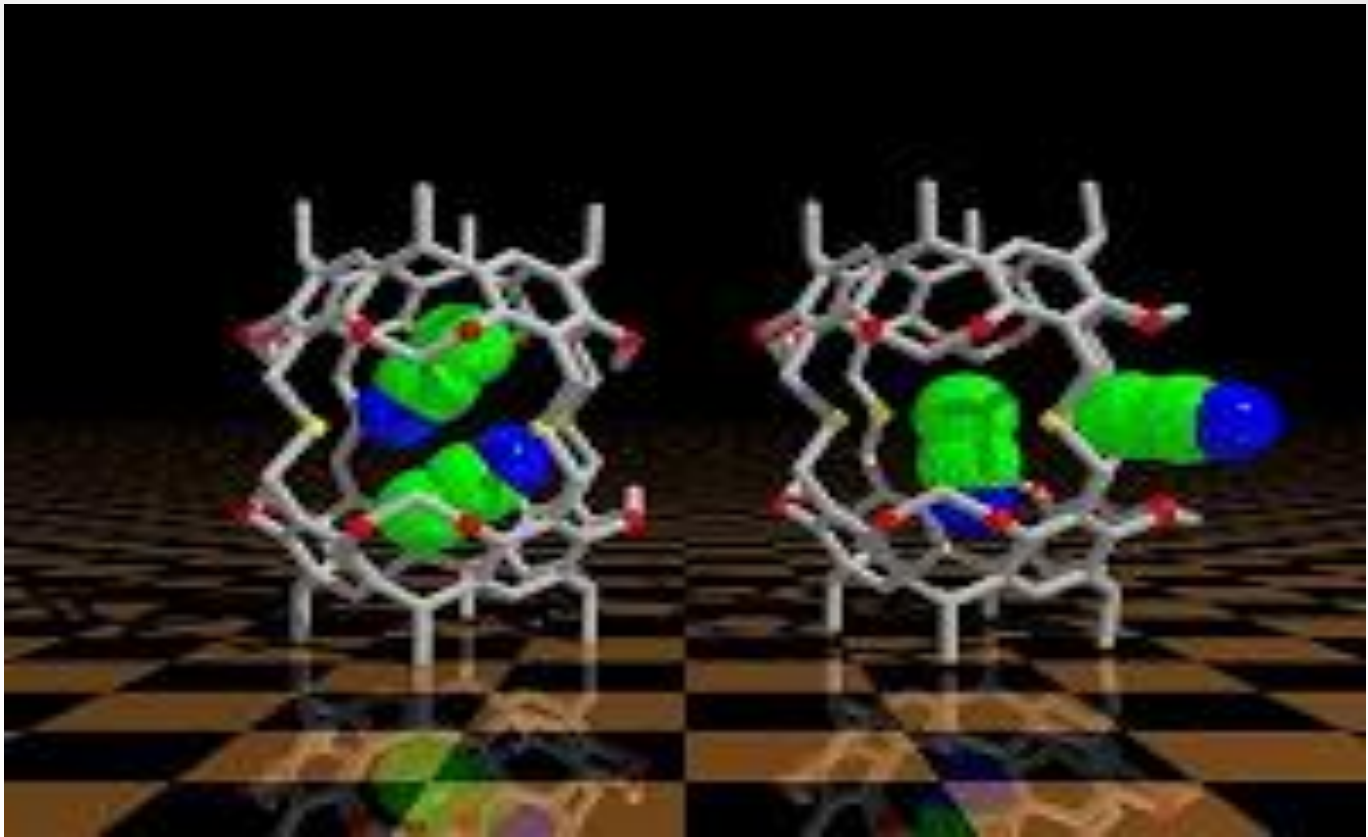
# \*Гиалуроновая кислота

$\beta$ ,D-глюкуроновая кислота



**N-ацетил- $\beta$ ,D-глюкозамин**

содержится в хрящах, сухожилиях, суставной жидкости, стекловидном теле глаза, пуповине и является не только смазкой и амортизатором в суставах конечностей, но, будучи протеогликаном, благодаря большому размеру молекул и наличию в них заряда, может функционировать в качестве полупроницаемой мембраны для удаления чужеродных веществ из организма.

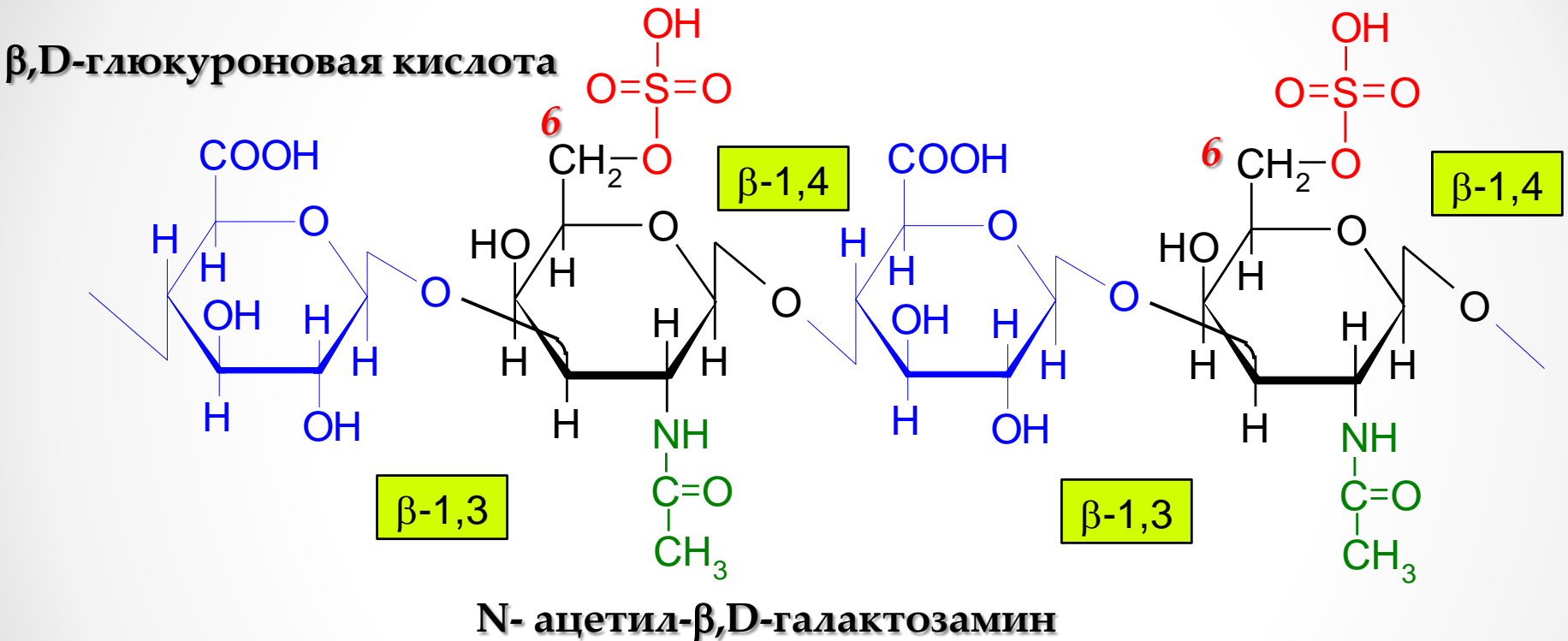


**Благодаря сильной гидратации карбоксильных групп один объём этого вещества связывает 10 000 объёмов воды. Кстати, мы смотрим на мир сквозь гель, образованный гиалуроновой кислотой, — стекловидное тело глаза.**

# Протеогликаны

# Хондроитинсульфаты

## Хондроитин-6-сульфат



В хрящевой и соединительной ткани хондроитинсульфаты прочно связываются с гиалуроновой кислотой с помощью связующих белков, образуя очень большие агрегаты.

# Применение углеводов

Углеводы применяют в качестве:

- лекарственных средств,
- для производства бездымного пороха (пироксилина), взрывчатых веществ,
- искусственных волокон (вискоза).
- огромное значение имеет целлюлоза как источник для получения этилового спирта (гидролизный), уксусной кислоты.