



**ОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ  
КАФЕДРА ХИМИИ**

# **БИООРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ**

## **Лекция 6**

### **Сложные углеводы. Олигосахариды и полисахариды**

Лектор: доктор биологических наук, профессор,  
зав. кафедрой химии Степанова Ирина Петровна

## **ЦЕЛИ ЛЕКЦИИ**

**ОБУЧАЮЩАЯ:** сформировать знания о классификации, строении и реакционной способности сложных углеводов.

**РАЗВИВАЮЩАЯ:** расширить кругозор обучающихся на основе интеграции знаний, развить логическое мышление.

**ВОСПИТАТЕЛЬНАЯ:** содействовать формированию у обучающихся устойчивого интереса к изучению дисциплины.

# ПЛАН ЛЕКЦИИ

- **Олигосахариды**
- **Гомополисахариды**
- **Гетерополисахариды**
- **Гликопротеины**

# Олигосахариды

Олигосахариды (от греч. *oligos* - несколько) – углеводы, гидролизующиеся с образованием нескольких молекул моносахаридов (2-10).

# Классификация олигосахаридов

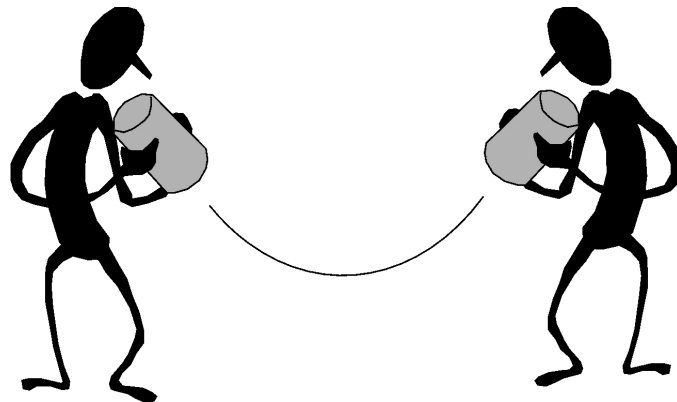
По числу моносахаридных звеньев:  
дисахариды, трисахариды,  
тетрасахариды, пентасахариды и т.д.

По восстанавливающей способности:

- **восстанавливающие,**
- **невосстанавливающие.**

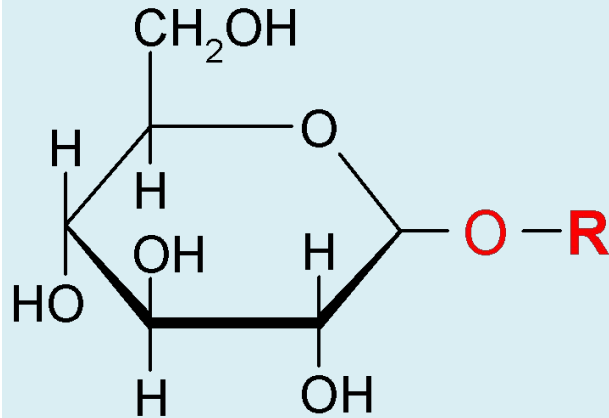
# Дисахариды

Дисахариды (биозы) – углеводы, состоящие из двух одинаковых или разных моносахаридных остатков с общей формулой  $C_{12}H_{22}O_{11}$ .



# Структура

## дисахаридов

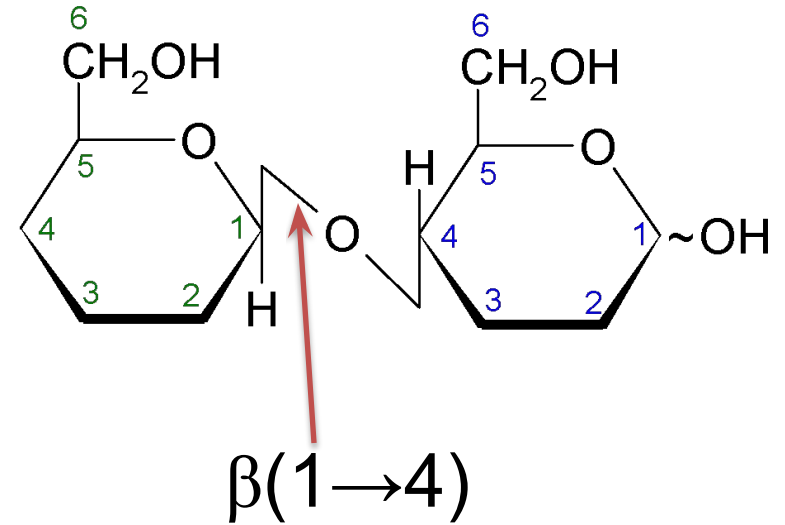
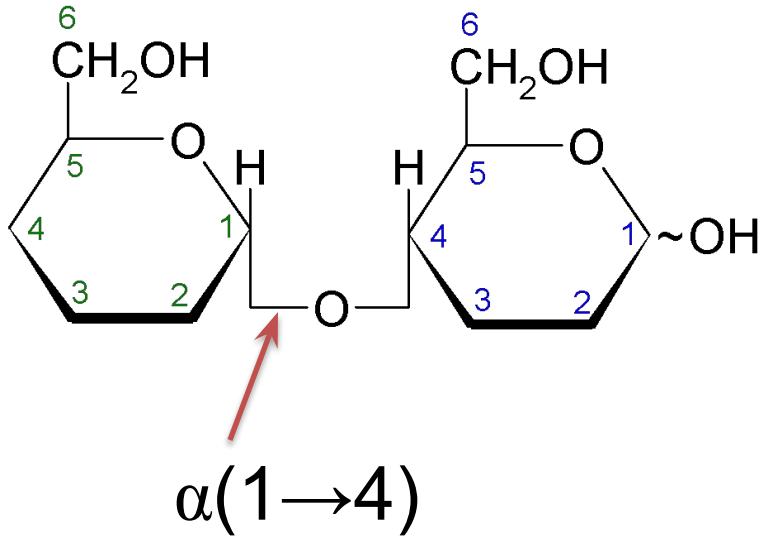


R = остаток моносахарида

По химической природе - это  
**О-гликозиды: два остатка моносахаридов  
связаны друг с другом гликозидной  
связью.**

## Дисахариды

### Тип гликозидной связи





## *Дисахариды*

**По строению и химическим связям дисахариды делят на 2 типа:**

**I. восстанавливающие (мальтоза, лактоза, целлобиоза),**

**II. невосстанавливающие (сахароза).**

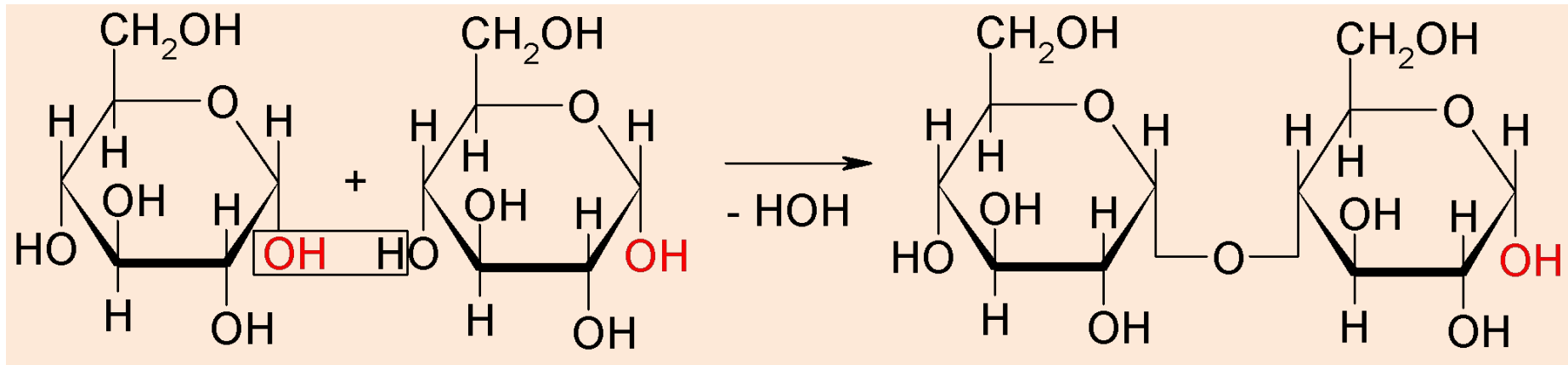
# *Восстанавливающие дисахариды*

Восстанавливающие дисахариды – это соединения I типа, в которых гликозидная связь образована за счет выделения воды из полуацетального гидроксила одной молекулы моносахарида и спиртовой ОН-группы другого.

За счет оставшегося полуацетального гидроксила второго моносахарида сохраняется возможность раскрытия цикла, перехода циклической формы в оксикарбонильную и проявления, таким образом, восстановительных свойств.

# Мальтоза

Мальтоза (от англ. *malt* - солод) (солодовый сахар) (4-O- $\alpha$ -D-глюкопиранозил-(1 $\rightarrow$ 4)-D-глюкопираноза) состоит из остатков  $\alpha$ ,D-глюкопиранозы и D-глюкозы.



Связь между остатками  
 $\alpha$ (1 $\rightarrow$ 4)-гликозидная.

## Мальтоза

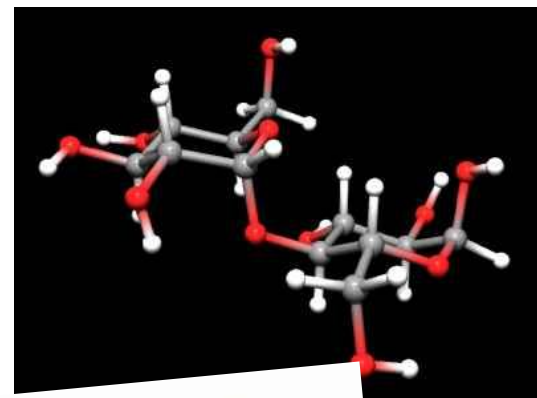


**Мальтоза содержится в больших количествах в проросших зёрнах (солоде) ячменя, ржи и других зерновых; обнаружена также в томатах, в пыльце и нектаре ряда растений.**



**Біофер (Biofer)  
(3-гідрокси-2-метил-4-  
пірон) - стабільний  
комплекс трехвалентного  
железа і мальтози**

*Мальтоза*

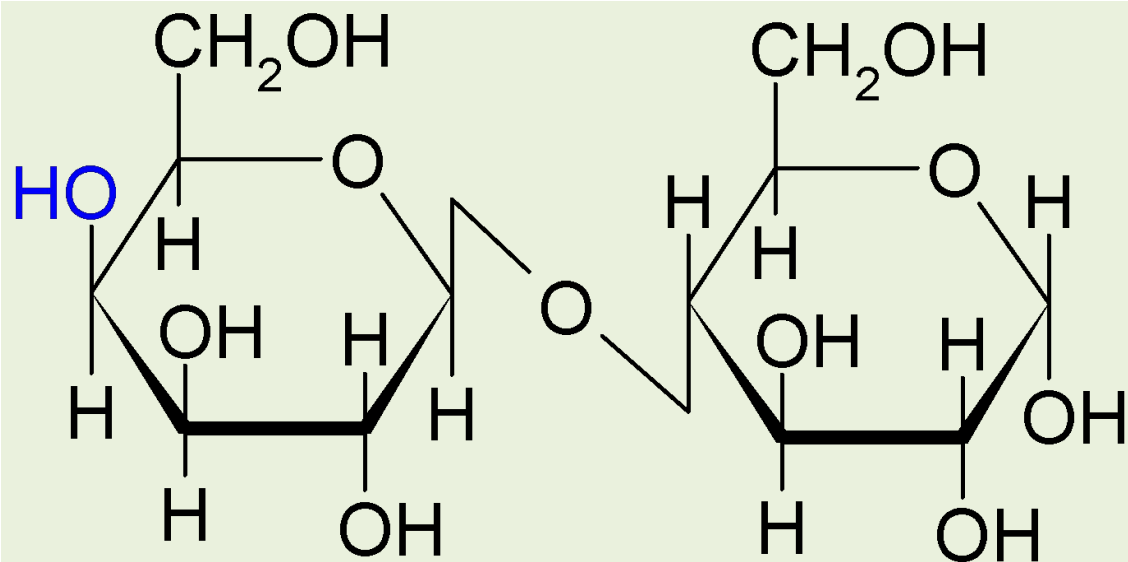


*Мальтоза входить в состав  
препаратов различных  
фармакологических групп как  
активное вещество.*

# Лактоза

Лактоза (от лат. *lactis* - молоко)

( $\beta$ -D-галактопиранозил-(1 $\rightarrow$ 4)-D-глюкопираноза) – молочный сахар; состоит из остатков  $\beta$ -D-галактопиранозы и D-глюкозы, связь между остатками  $\beta$ (1 $\rightarrow$ 4)-гликозидная.



## Лактоза

**Лактоза содержится в молоке и молочных продуктах.**



## Лактоза



**Лактоза является основным углеводом женского молока. В ходе метаболизма она преобразуется в глюкозу (источник энергии) и галактозу, составную часть гликолипидов, необходимых для развития центральной нервной системы мылыша.**

**Лактоза способствует поглощению кальция и железа и стимулирует образование кишечных колоний *Lactobacillus bifidus*.**



## Лактоза

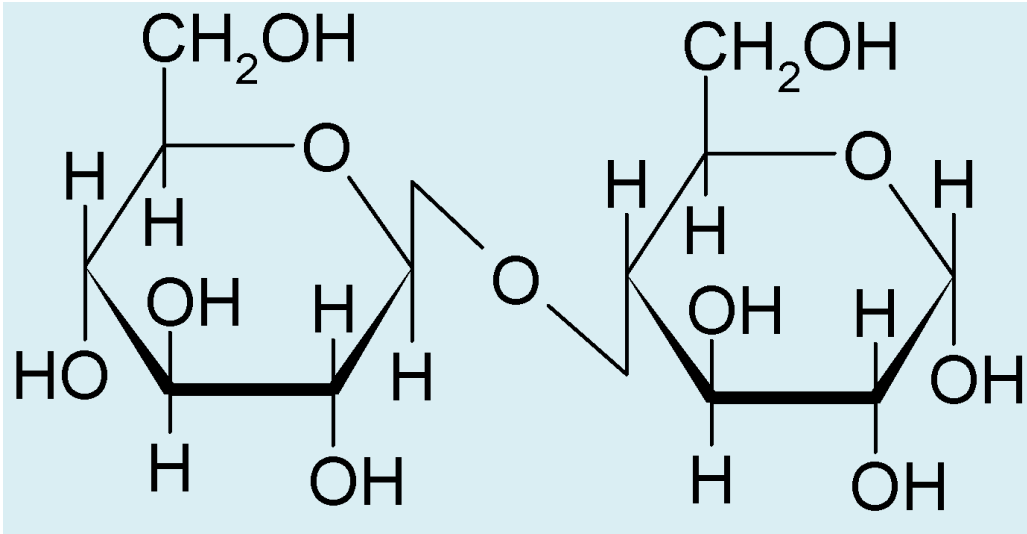
**Лактоза входит в состав фарм. препаратов в качестве дополнительного вещества.**



# Целлобиоза

## Целлобиоза

( $\beta$ -D-глюкопиранозил-(1 $\rightarrow$ 4)-D-глюкопираноза) состоит из остатков  $\beta$ ,D-глюкопиранозы и D-глюкозы, связь между остатками  $\beta$  (1 $\rightarrow$ 4)-гликозидная.



Целлобиоза -  
основная  
структурная единица  
целлюлозы.

## *Невосстанавливающие дисахариды*

**Соединения II типа (сахароза) образуются за счет выделения воды при участии полуацетальных гидроксильных групп обоих моносахаридов. Отсутствие свободной полуацетальной группы свидетельствует об отсутствии восстановительной способности.**

# Сахароза (тростниковый сахар, свекловичный сахар)

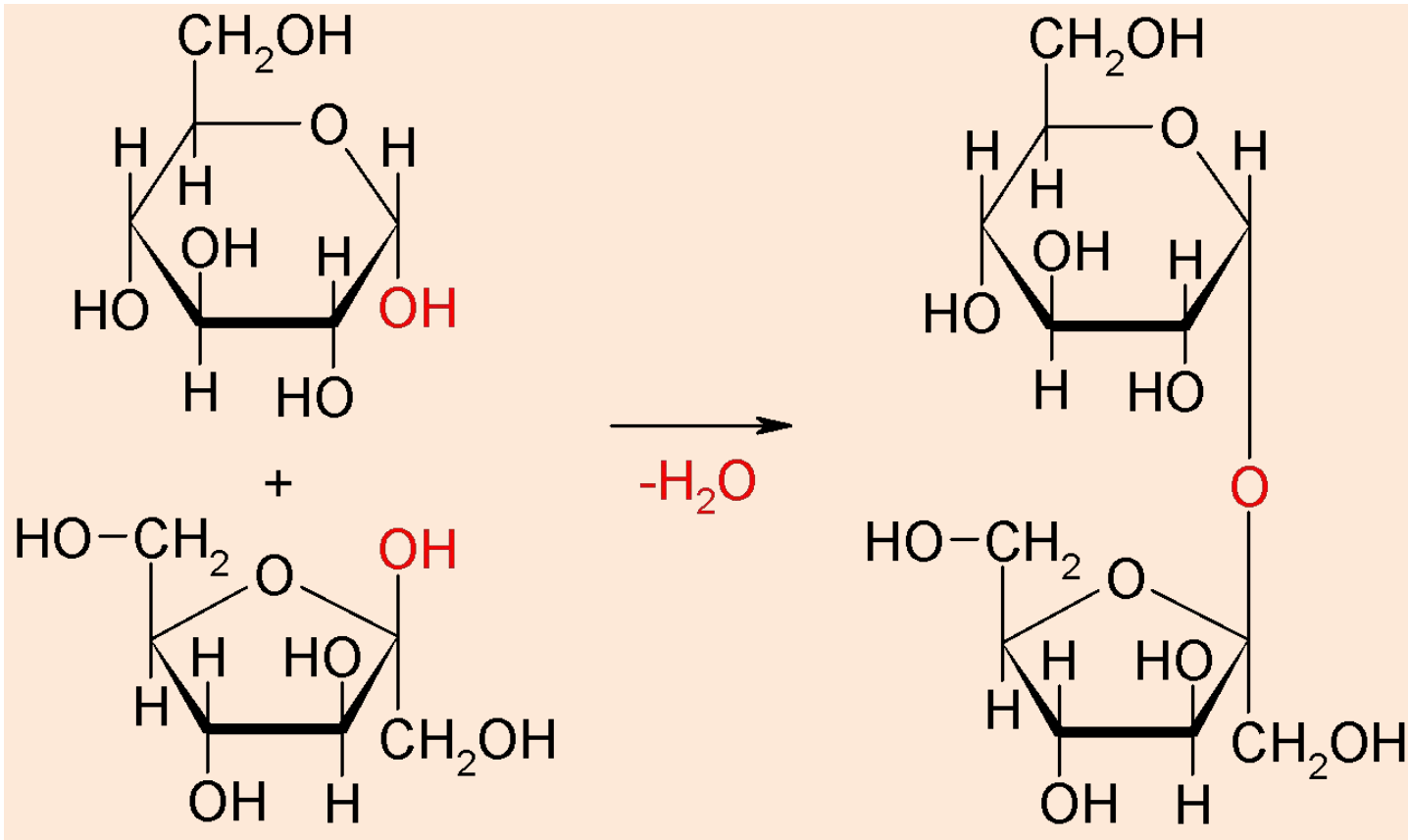
( $\beta$ -D-фруктофуранозил- $\alpha$ -D-глюкопиранозид)



**Сахароза содержится в сахарном тростнике, сахарной свекле (до 28% от сухого вещества), соках растений и плодах.**

## Сахароза

Сахароза состоит из остатков  $\alpha$ ,D-глюкопиранозы и  $\beta$ ,D-фруктофуранозы, связи между остатками (1 $\rightarrow$ 2) и (2 $\rightarrow$ 1)-гликозидные.

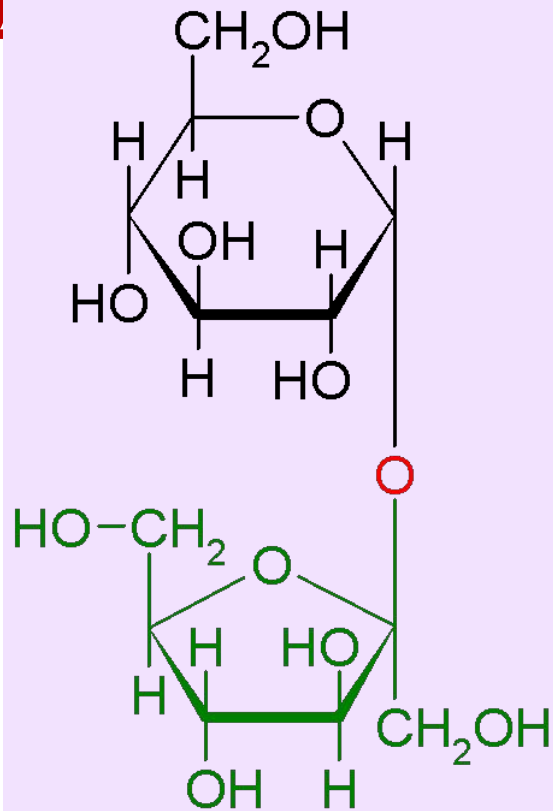


## Сахароза



**Сахароза входит в состав фарм. препаратов в основном как вспомогательное вещество.**

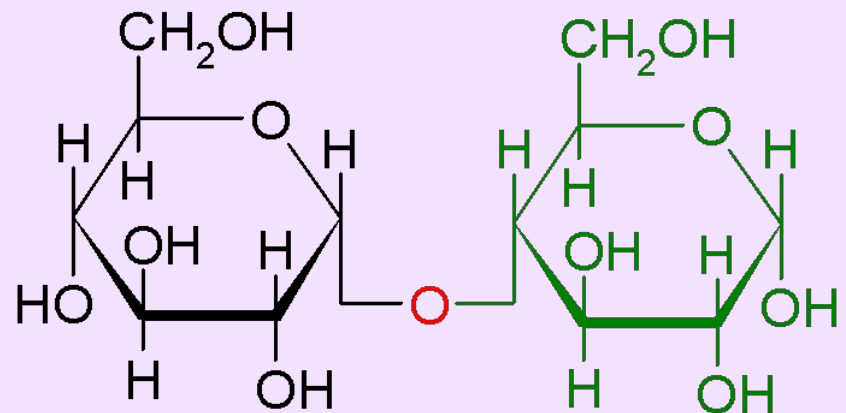
# Номенклатура



Сахароза

$\beta$ -D-фруктофуранозил-  
 $\alpha$ -D-глюкопиранозид

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



# **Физические свойства дисахаридов**

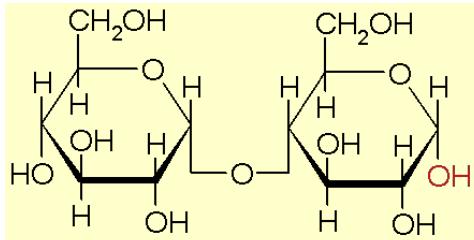
**Физические свойства дисахаридов практически не отличаются от свойств моносахаридов.**

**Согласно условной шкале сладостей:**

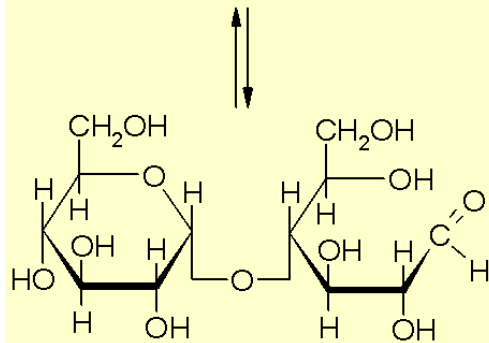
<b>сахароза</b>	<b>100</b>
<b>фруктоза</b>	<b>173</b>
<b>глюкоза</b>	<b>74</b>
<b>мальтоза</b>	<b>32</b>
<b>талин (белок)</b>	<b>200000.</b>



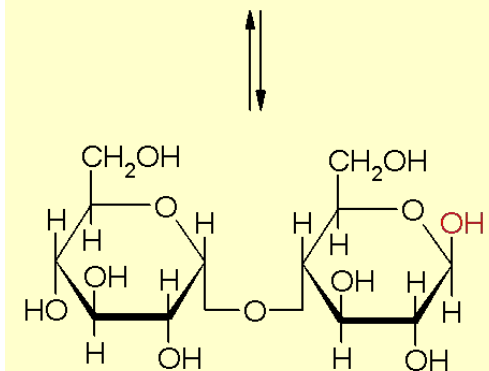
# Кольчато-цепная таутомерия восстанавливающих дисахаридов



$\alpha$ -мальтоза



открытая форма мальтозы



$\beta$ -мальтоза

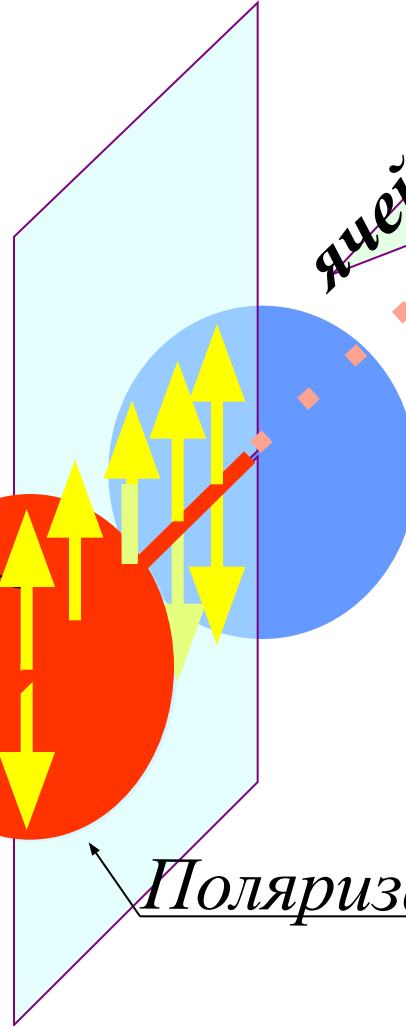
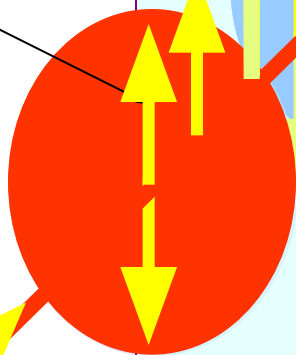
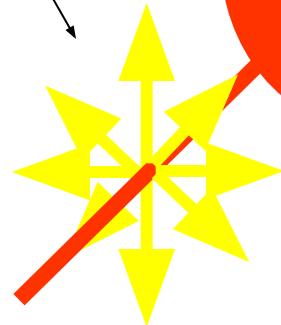
*В растворах восстанавливающие дисахариды существуют в виде трех таутомерных форм, взаимно переходящих друг в друга.*

# Мутаротация

Таутомерия является химической основой мутаротации – изменения во времени угла вращения плоскости поляризованного света.

$$[\alpha]_{\text{D}}^{25^{\circ}} = \frac{\alpha}{l \cdot c}$$

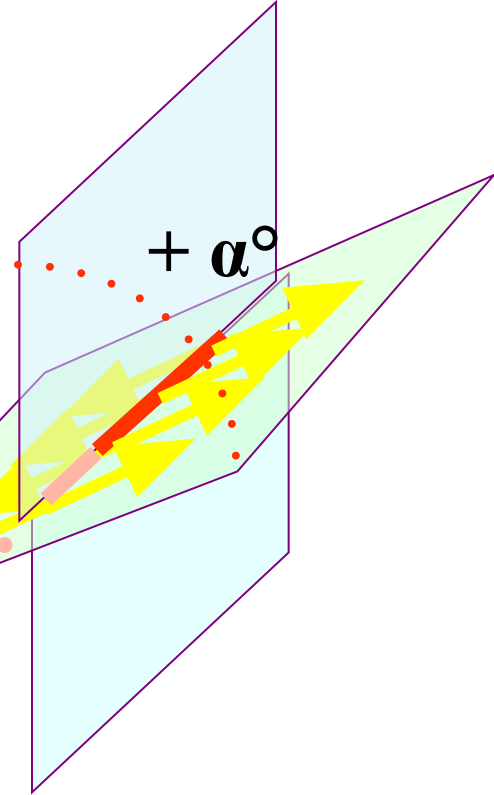
Поляризованный свет  
Обычный свет



Поляризатор

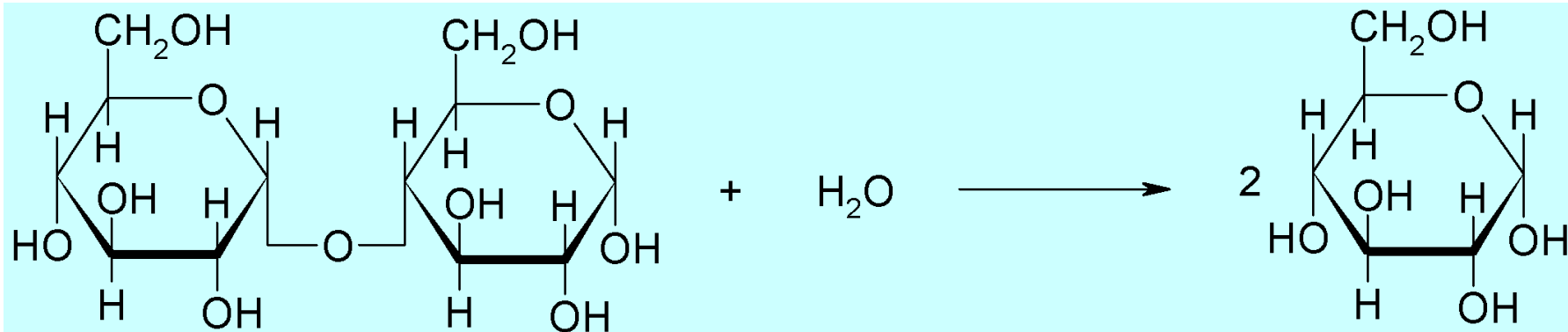
ячейка

Поляриметр



## Химические свойства дисахаридов

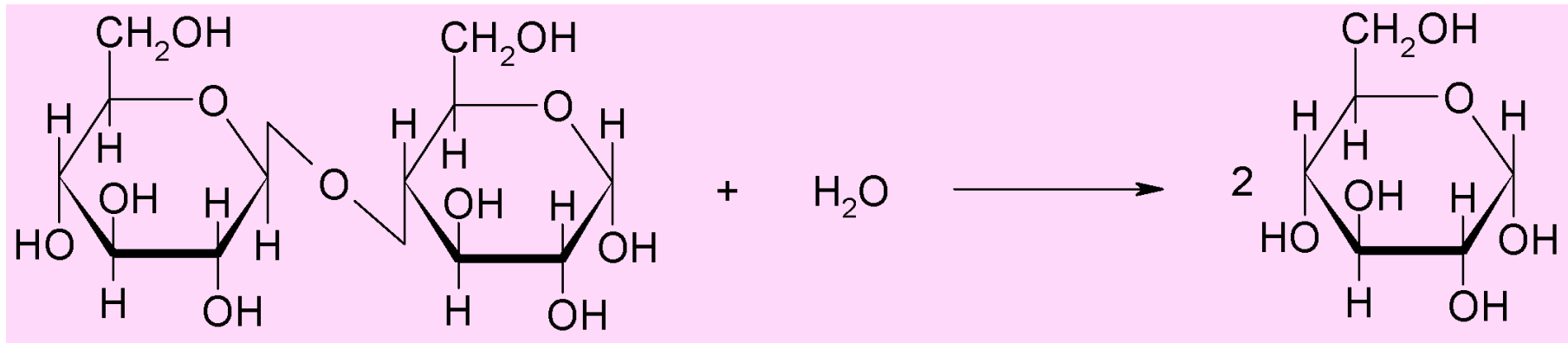
**1) В присутствии кислот или ферментов легко гидролизуются с образованием двух молекул моносахаридов:**



**мальтоза**

**глюкоза**

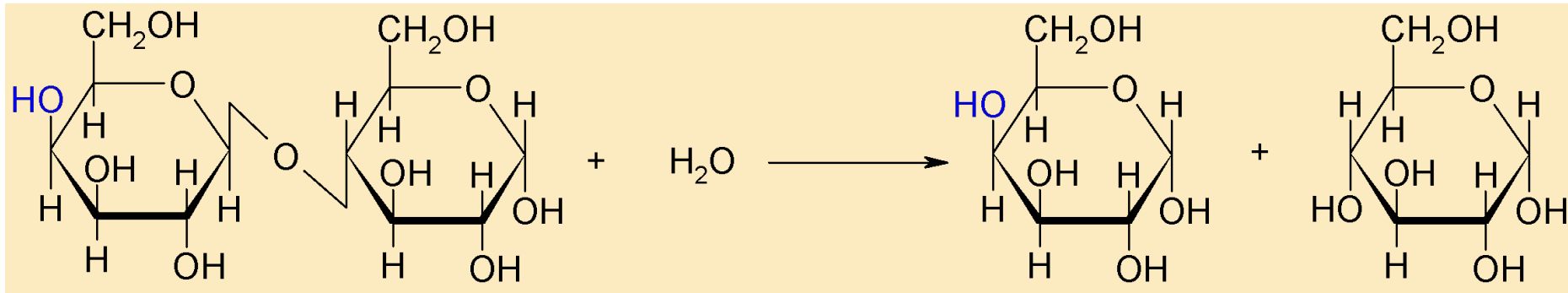
## Химические свойства дисахаридов



**целлобиоза**

**глюкоза**

## Химические свойства дисахаридов

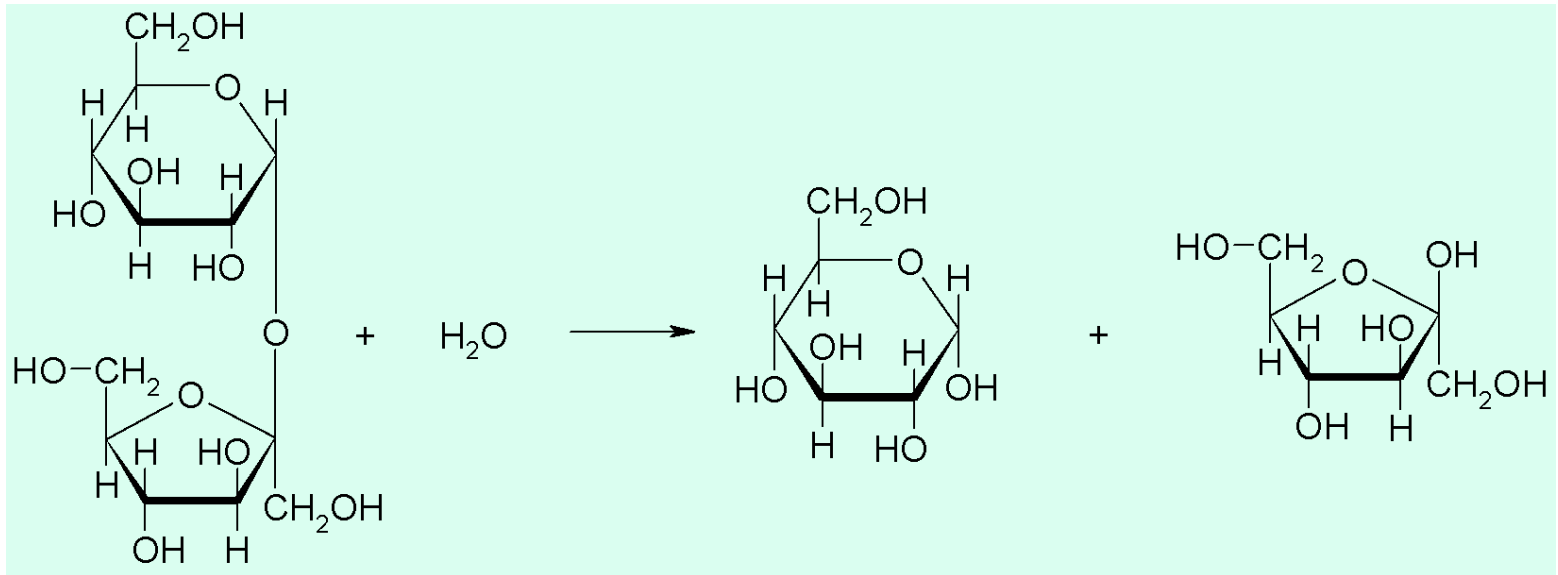


**лактоза**

**галактоза**

**глюкоза**

## Химические свойства дисахаридов



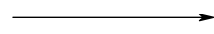
сахароза

глюкоза

фруктоза

сахароза

+66,5°



глюкоза + фруктоза

+52,5°

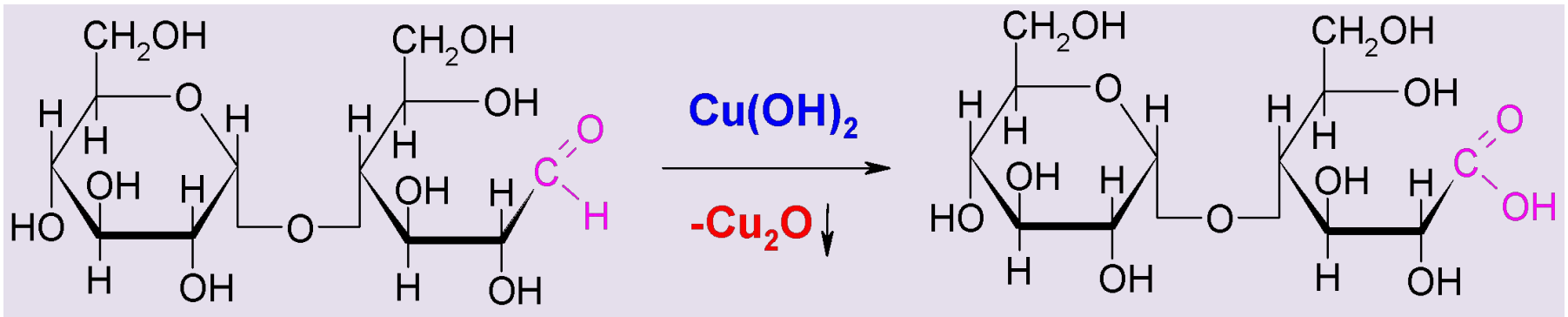
-92,4°

-39,9°

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

## 2) Реакции окисления:

**Восстанавливающие дисахариды окисляются мягкими окислителями до соответствующих карбоновых кислот.**



*мальтоза*

*мальтобионовая кислота*

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

### **3. Образование гликозидов, простых и сложных эфиров и хелатных комплексных соединений с ионами меди(II).**

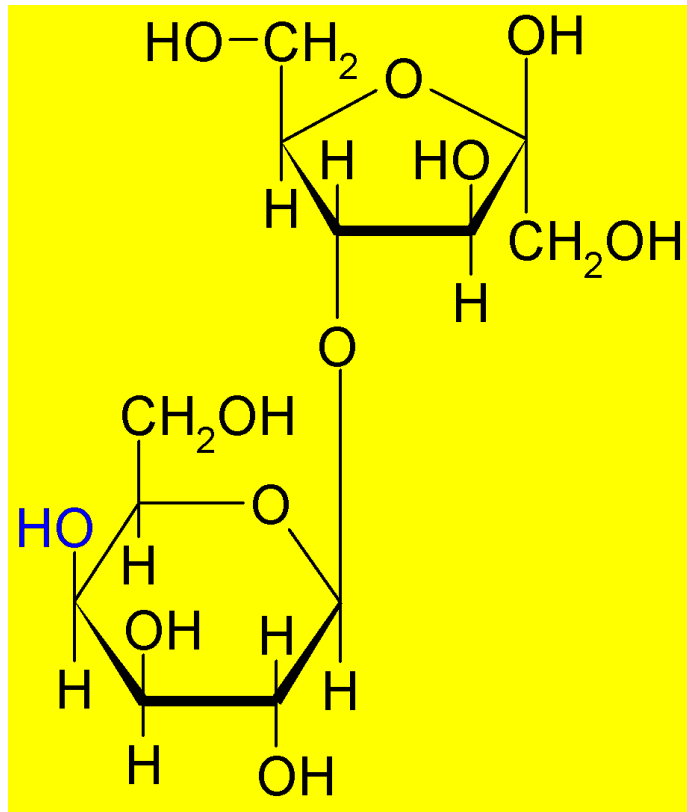
**Как и моносахариды, восстанавливающие дисахариды способны проявлять эти свойства, так как именно у них есть свободная полуацетальная ОН-группа.**



# Отдельные представители

## Лактулоза

( $\beta$ -D-галактопиранозил-(1 $\rightarrow$ 4)-D-фруктофураноза) – синтетический стереоизомер лактозы. В природе не встречается.



## Лактулоза

**Лактулоза входит в состав некоторых молочных продуктов, используется в качестве осмотического слабительного лекарственного средства, стимулирующего перистальтику кишечника.**



## *Полисахариды*

**Полисахариды (гликаны) - это высокомолекулярные углеводы, по химической природе относящиеся к полигликозидам, т.е. продуктам поликонденсации моносахаридов, связанных между собой гликозидными связями.**

## Полисахариды

**По составу полисахариды делят на:**

- 1. гомополисахариды - биополимеры, образованные из остатков одного моносахарида;**
- 2. гетерополисахариды, образованные из остатков разных моносахаридов.**

# Гомополисахариды

*К биологически важным относятся крахмал, гликоген, клетчатка, состоящие из остатков глюкозы.*

**Общая формула:  $(C_6H_{10}O_5)_n$ .**

# Крахмал

***Крахмал - это белое аморфное вещество, синтезируемое в растениях в процессе фотосинтеза и запасующееся в клубнях и семенах.***



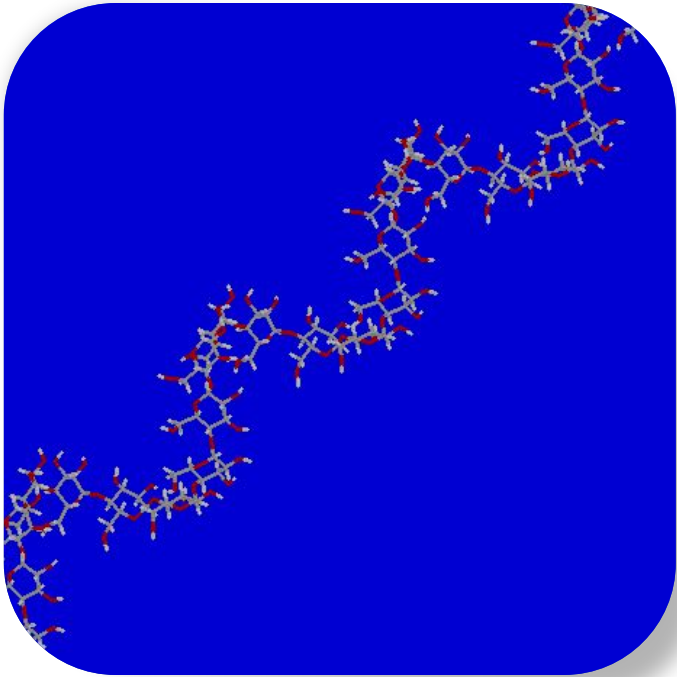
# Крахмал



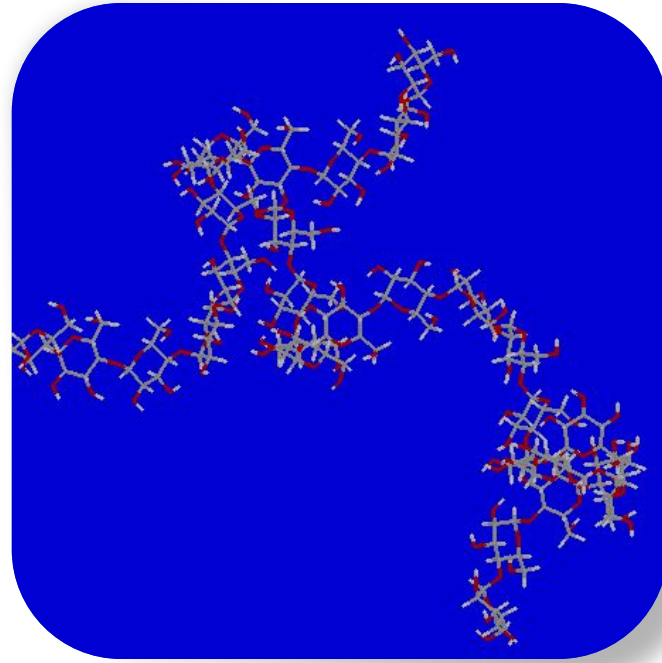
***В горячей воде крахмальные зерна набухают и образуют коллоидный раствор - клейстер.***

## Крахмал

**Крахмал** - это смесь двух полисахаридов:  
**амилозы (10-20%)** и **амилопектина (80-90%)**.



**Амилоза**  
(линейное  
строение)

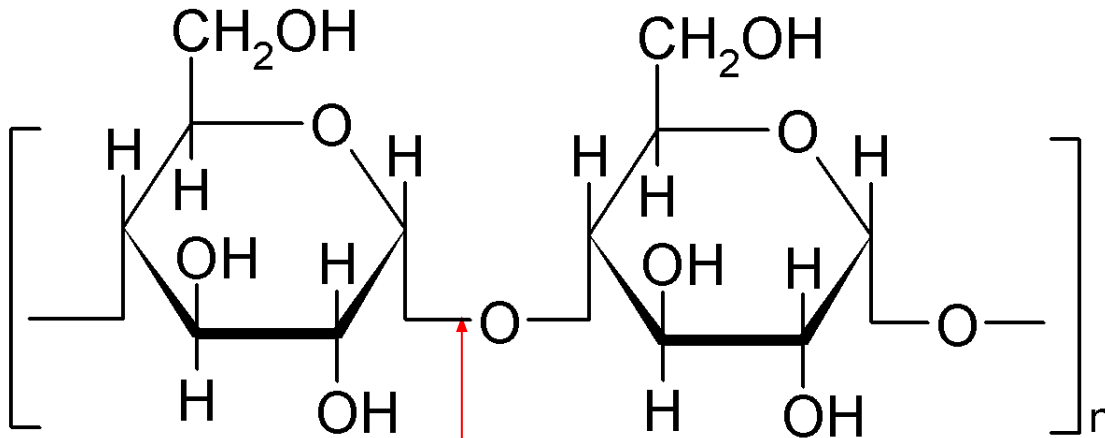


**Амилопектин**  
(разветвленное  
строение)



# Амилоза

**Амилоза состоит из  $\alpha$ ,D-глюкопиранозных остатков, связанных  $\alpha(1\rightarrow4)$ -гликозидными связями.**



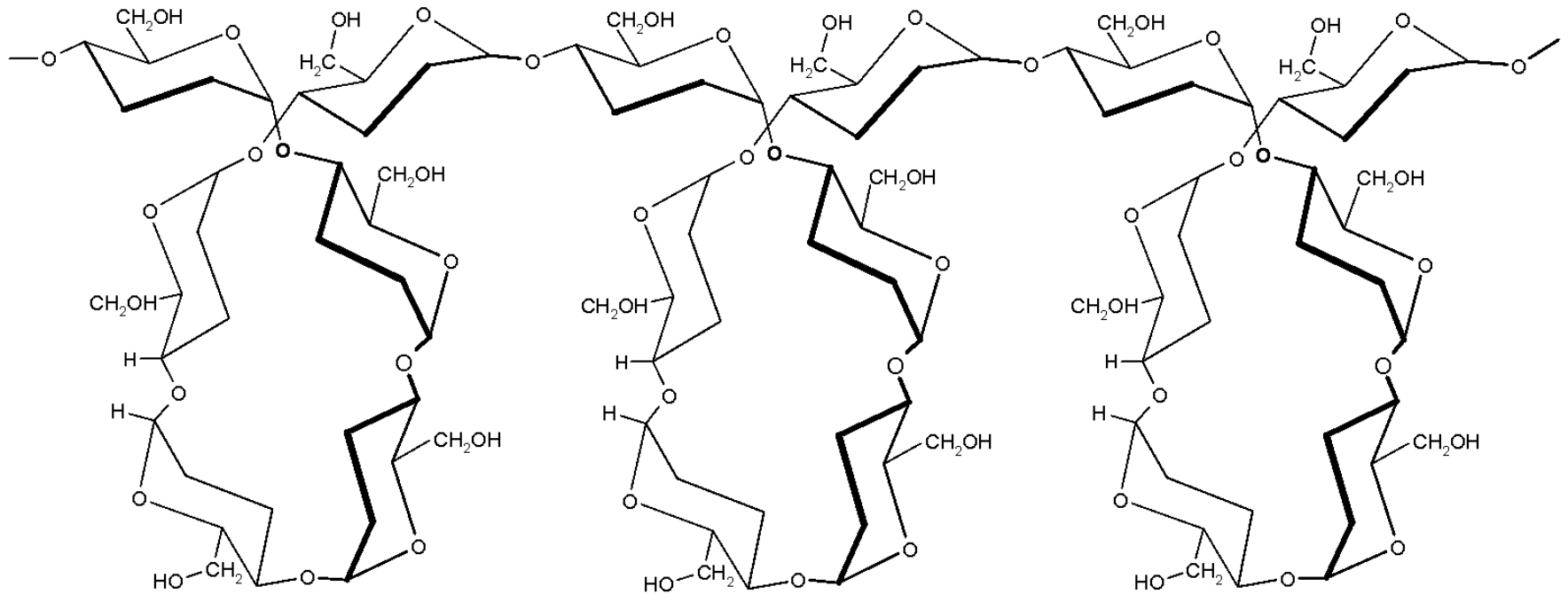
$$n = 200-1000$$

$$Mr = 40000-160000$$

**$\alpha(1\rightarrow4)$   
гликозидная  
связь**

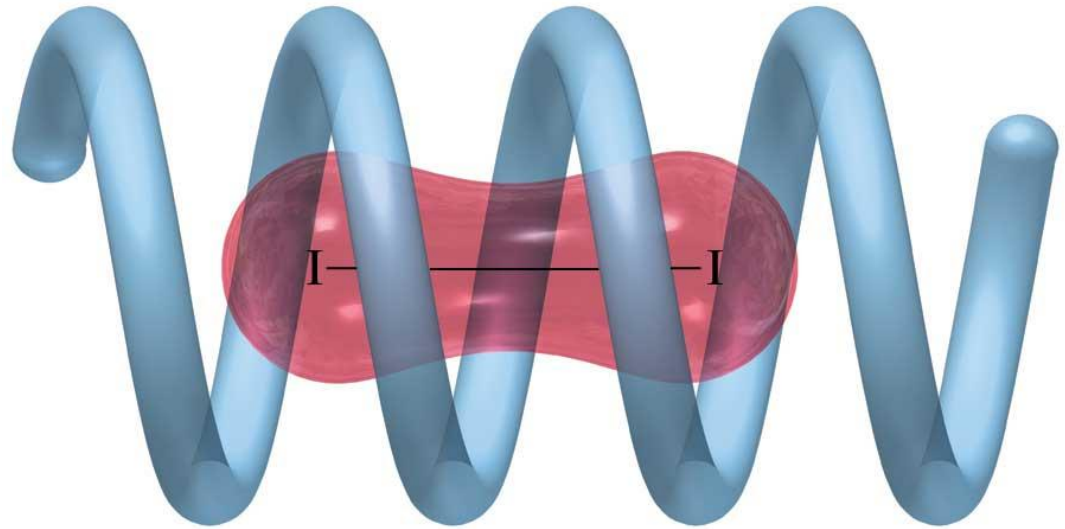
# Вторичная структура амилозы

*Макромолекула амилозы свёрнута в спираль.*

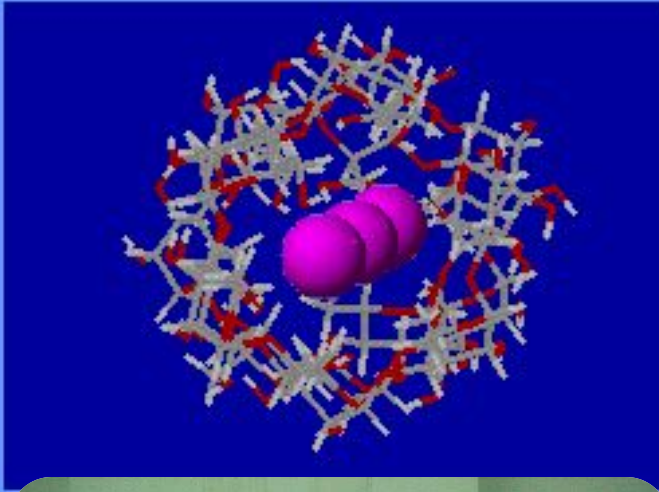


## Амилоза

**Во внутренний канал амилозы могут проникать молекулы небольших размеров, образуя комплексы - «соединения включения».**



## Амилоза



**Например, комплекс амилозы с иодом имеет синее окрашивание.**

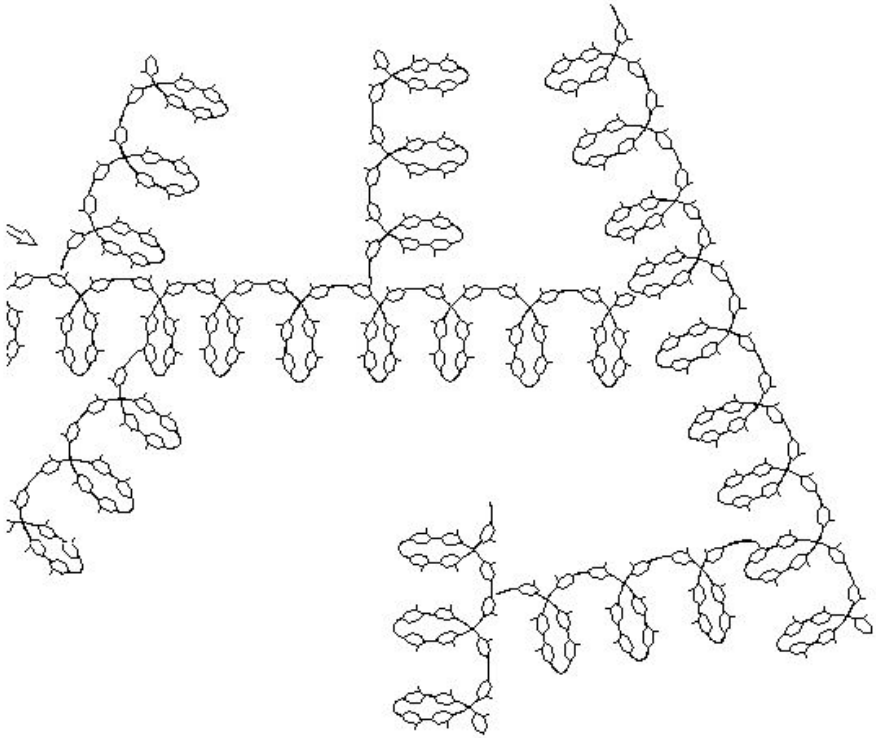


## Крахмал

Амилопектин - это гомополисахарид разветвлённой структуры.

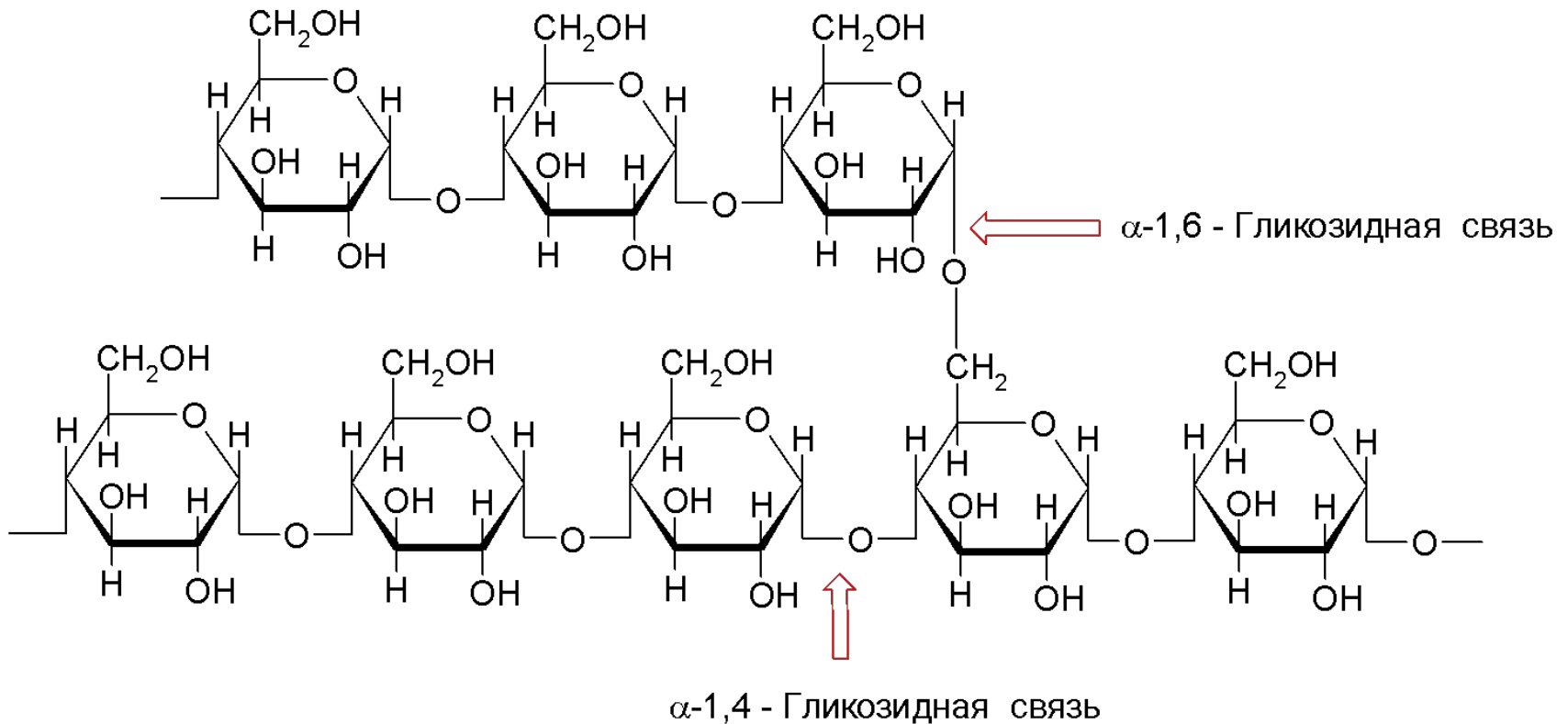


## Амилопектин



**Линейная цепь построена за счёт  $\alpha(1\rightarrow4)$ -гликозидных связей, а элементы разветвления формируются за счёт  $\alpha(1\rightarrow6)$ -гликозидных связей.**

# Амилопектин



**Между точками разветвления укладывается от 20 до 25 глюкозных остатков;  
молекулярная масса амилопектина  
 $\approx$ 1-6 млн. а.е.м.**

## Содержание амилозы и амилопектина в крахмале из различных источников

Источник	Амилоза, %	Амилопектин, %
Картофель	20	80
Пшеница	24	76
Рис	17	83
Кукуруза	22	78
Яблоки	100	0



## Применение крахмала

Крахмал относится к разрывающим и разрыхляющим веществам. Сухие зерна крахмала в водной среде набухают, увеличиваются в объеме и разрывают таблетку. Кроме того, зерна крахмала имеют округлую форму, вследствие чего при прессовании смеси в таблетках остаются поры, через которые проникает вода, способствующая распадению или растворению таблетки.



## Крахмал



**В медицине используют пшеничный (*Amylum Tritici*), кукурузный (*Amylum Maydis*), рисовый (*Amylum Oryzae*) и картофельный (*Amylum Solani*) крахмал.**

**Эти крахмалы имеют различные температуры клейстеризации: наиболее низкая у картофельного крахмала (55-65°) и наиболее высокая у рисового (70-80°).**

## *Крахмал*

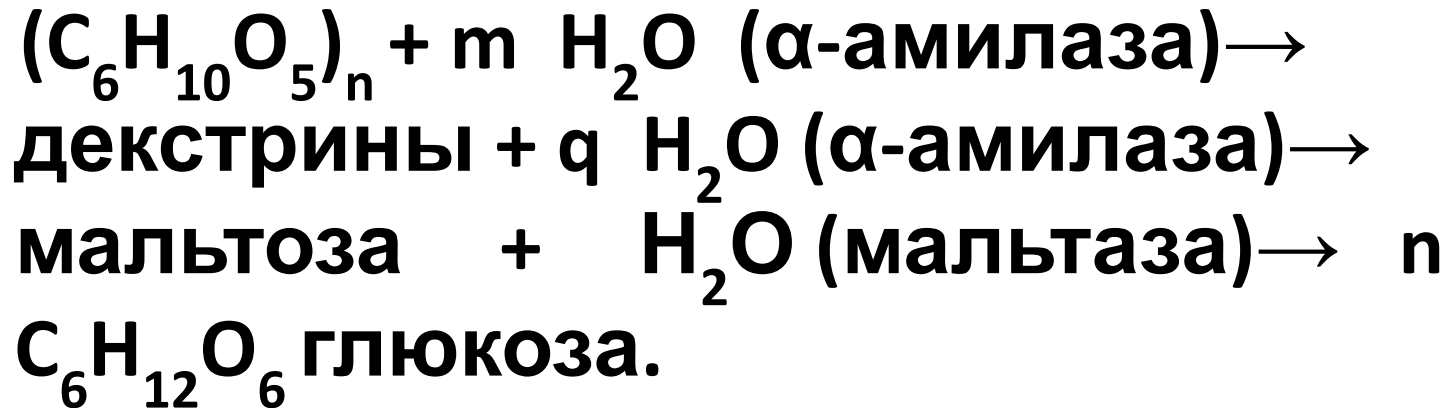
**Для разрывания таблеток в основном достаточно от 5 до 10% крахмала, считая от общей массы порошка, причем сухой крахмал должен содержать не более 10% влаги.**

***Торговый крахмал (20% влаги) перед таблетированием высушивают при возможно низкой температуре (30-35°C), потому что выше 50-55°C часть или весь крахмал превращается в клейстер, который в воде не разбухает и не способен разрывать таблетку.***

# Химические свойства крахмала

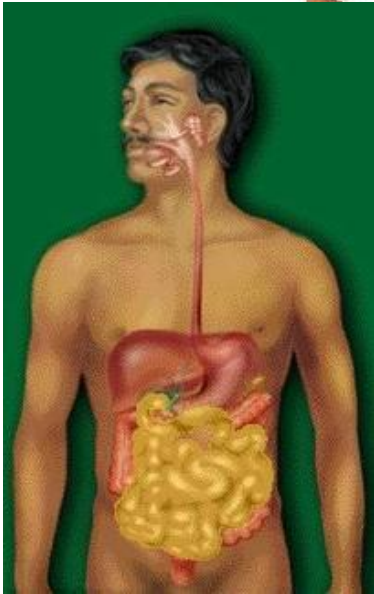
**1. Гидролиз крахмала.** Начинается в ротовой полости под действием  $\alpha$ -амилазы слюны с образованием декстринов, продолжается в тонкой кишке под действием  $\alpha$ -амилазы поджелудочной железы и заканчивается образованием молекул глюкозы.

**Схема гидролиза:**



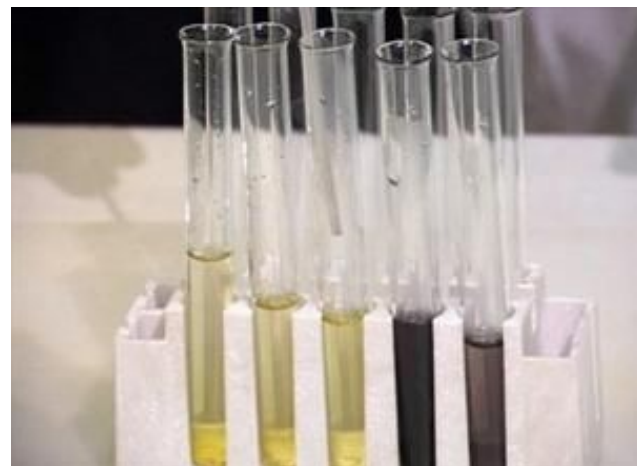
## *Крахмал*

**Глюкоза из кишечника по воротной вене поступает в печень, где участвует в синтезе гликогена, или кровью переносится к различным органам и тканям, где окисляется, выделяя энергию.**



**Уровень глюкозы в крови в норме составляет 3,3-6,0 ммоль·дм<sup>-3</sup>.**

**2. Качественным реактивом на крахмал и продукты гидролиза является раствор иода. С крахмалом он образует комплекс тёмно-синего цвета. С декстринами - от фиолетового до красно-бурого цвета. Мальтоза и глюкоза раствором иода не окрашиваются.**



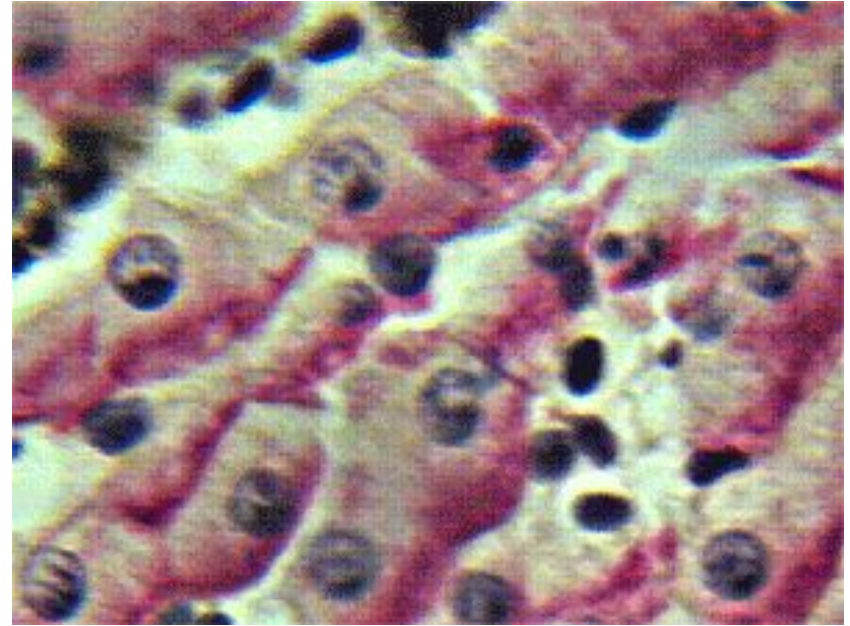
## Гликоген или животный крахмал

**Гликоген является структурным и функциональным аналогом крахмала. Он содержится во всех животных тканях, особенно много в печени (до 20%) и мышцах (до 4%).**

**Молекулярная масса гликогена может достигать 10-12 тыс. и даже 1 млн. а.е.м.**

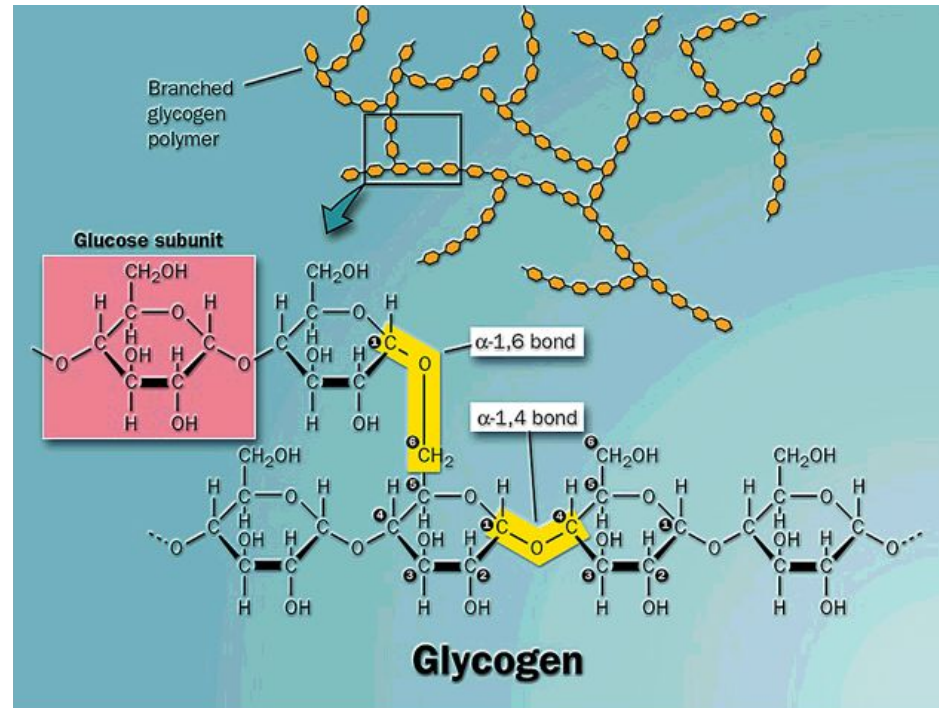
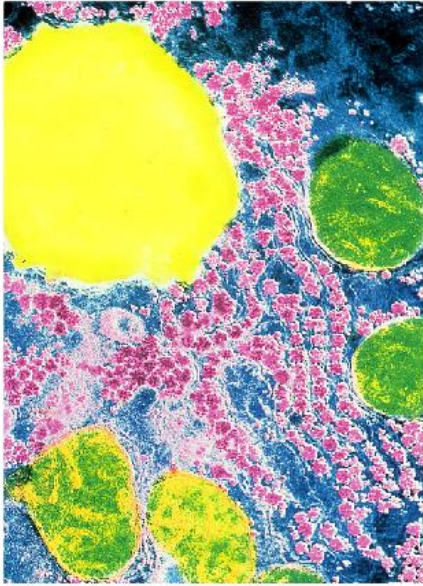
## *Гликоген*

**Макромолекула гликогена из-за большого размера не проходит через мембрану, а находится внутри клетки, то есть в резерве, до тех пор, пока не возникает потребность в энергии.**





# Гликоген

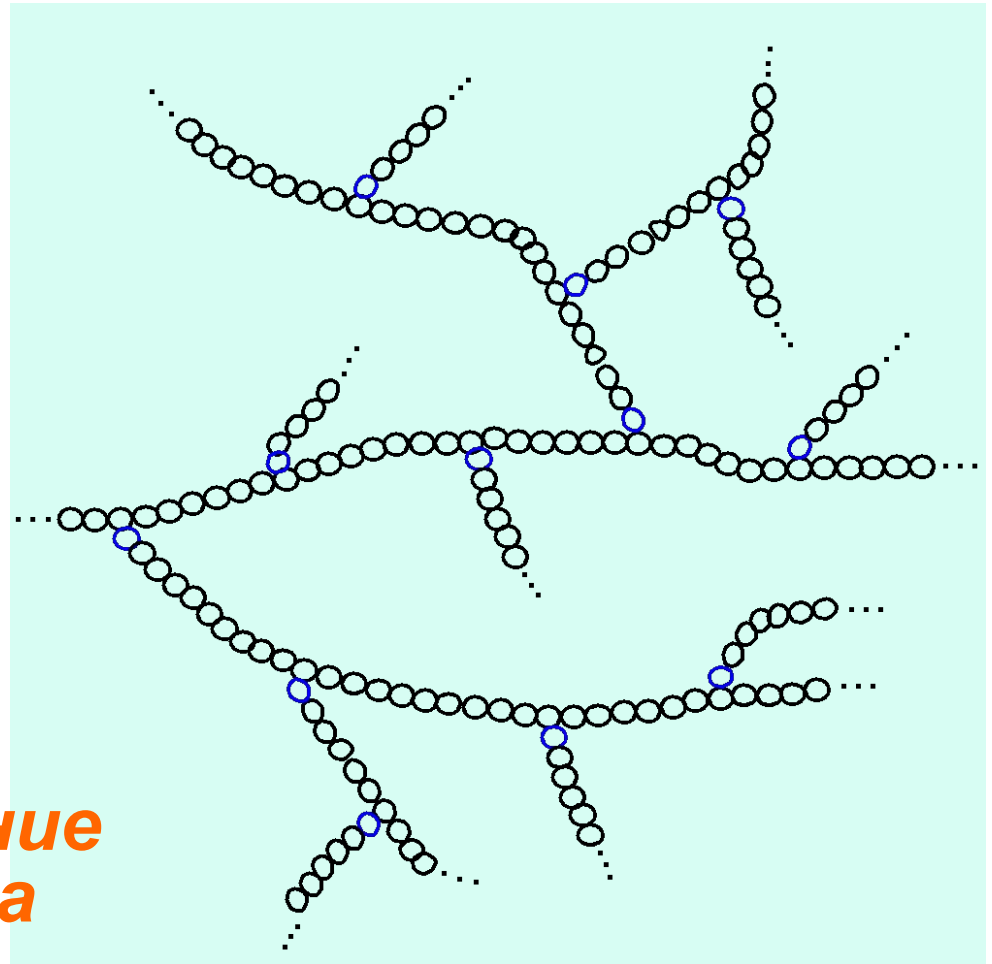


Макромолекула строится по принципу амилопектина с той лишь разницей, что  $\alpha$  (1 $\rightarrow$ 6)- гликозидных связей больше.

Гликоген имеет более разветвленное строение, чем амилопектин.

## Гликоген

**Сильное разветвление цепи способствует выполнению гликогеном энергетической функции, т.к. при наличии большого числа концевых остатков обеспечивается быстрое отщепление нужного количества молекул глюкозы.**



# *Химические свойства гликогена*

1. Все процессы жизнедеятельности сопровождаются мобилизацией гликогена, т.е. его **гидролитическим расщеплением** до глюкозы.

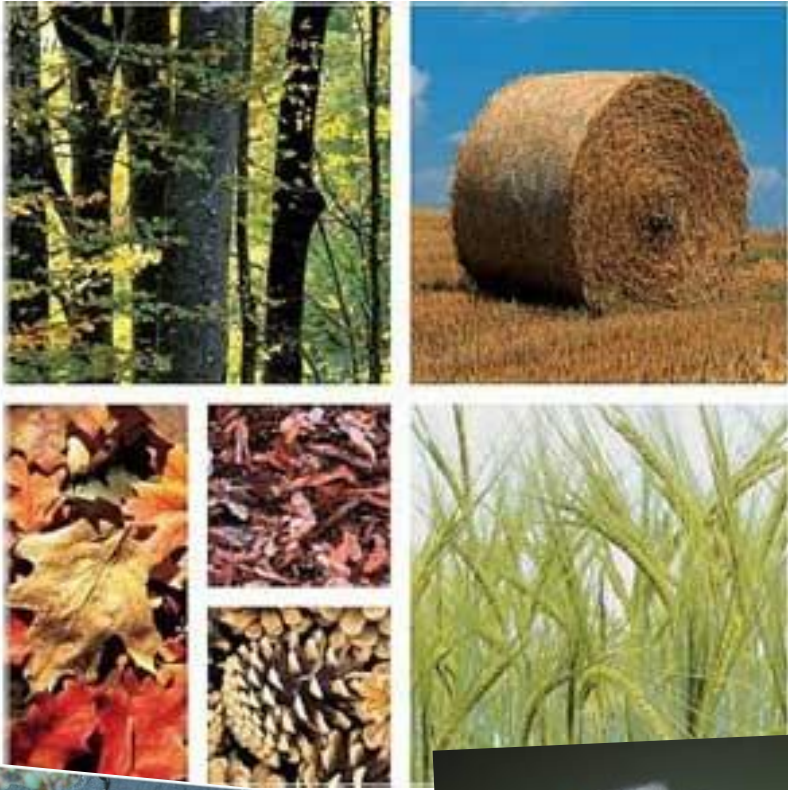
*Схема гидролиза:*



2. С раствором иода гликоген даёт окрашивание от винно-красного до бурого цвета.

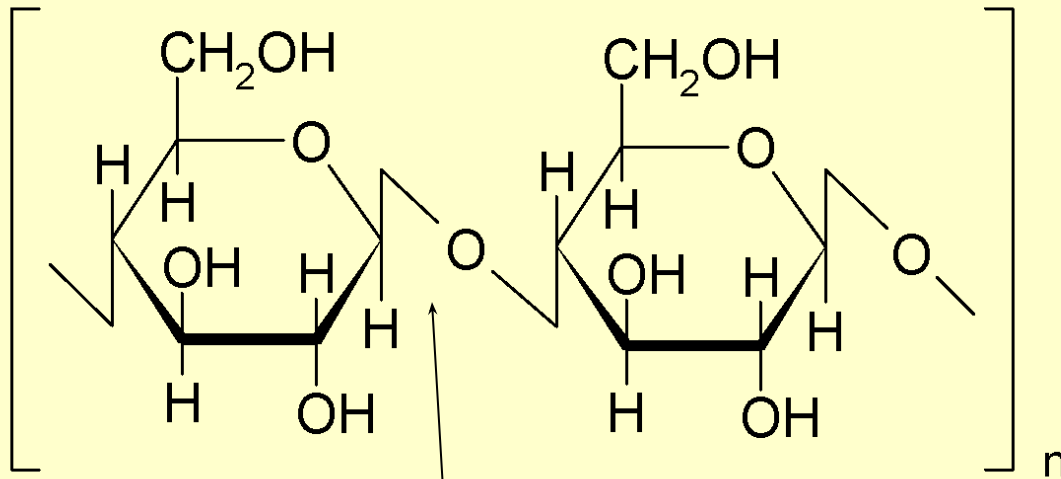
## Клетчатка или целлюлоза

Клетчатка (лат. *cellula* – клетка) - это структурный гомополисахарид растительного происхождения, являющийся основой опорных тканей растений.



## Целлюлоза

Структурной единицей клетчатки является  $\beta$ ,D-глюкопираноза, звенья которой связаны  $\beta(1\rightarrow4)$ -гликозидными связями.

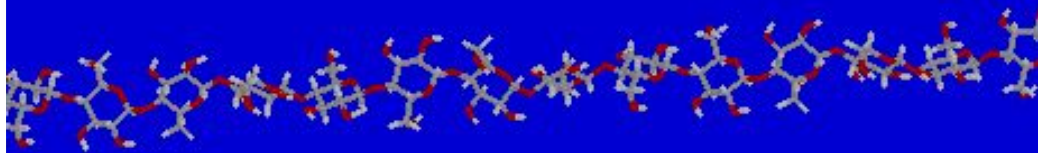


$$n = 2500-12000$$

$$M = 400000-2000000$$

$\beta(1\rightarrow4)$ - гликозидная связь

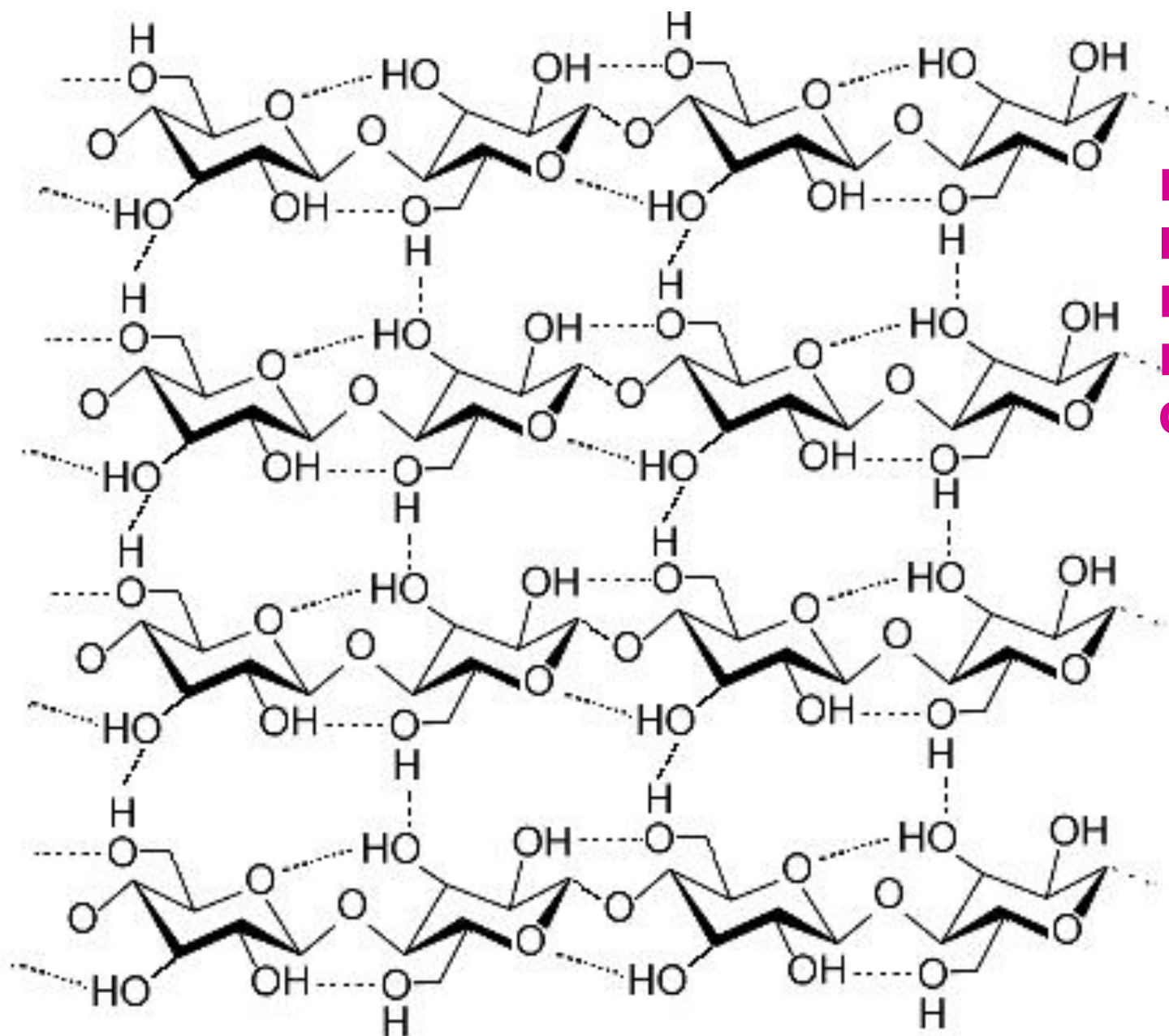
Целлюлоза



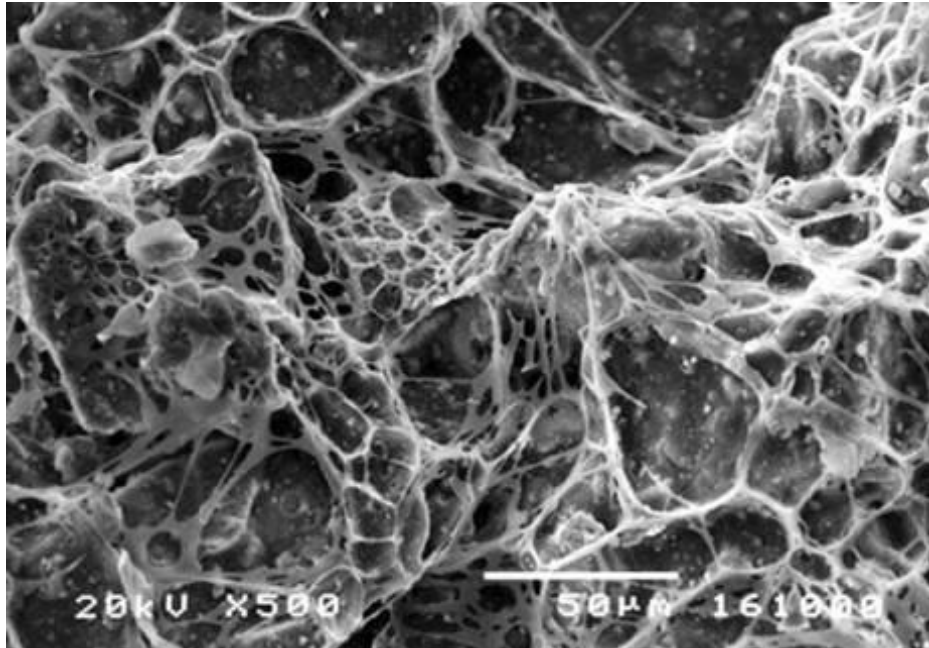
**Целлюлоза  
имеет  
линейное  
строение.**

*Целлюлоза*

**Внутри и между цепями возникают водородные связи.**



## Целлюлоза



**Водородные связи обеспечивают высокую механическую прочность, волокнистость, нерастворимость в воде и химическую инертность целлюлозы.**



# Бактериальная целлюлоза



Чайный гриб – симбиоз дрожжеподобного гриба [Saccharomyces ludwigii](#) и бактерий [Acetobacter xylinum](#)

## Целлюлоза

**Известен единственный случай образования клетчаткоподобного вещества в животном организме. Это асцидии (*Ascidiae*), класс хордовых животных подтипа личиночдохордовых (*Urochordata*), или оболочников (*Tunicata*).**



Колониальная асцидия  
из рода *Botryllus*

## Целлюлоза

**Асцидии – это исключительно морские животные, отдаленно родственные позвоночным. Тело асцидий покрыто оболочкой, содержащей тунцин.**

**Асцидии. Иллюстрация из книги «Kunstformen der Natur» Эрнста Геккеля (1904).**



# *Химические свойства целлюлозы*

**1. Из сложных углеводов только клетчатка не расщепляется в тонком кишечнике из-за отсутствия необходимых ферментов; в толстом кишечнике она частично гидролизуется под действием ферментов микроорганизмов.**

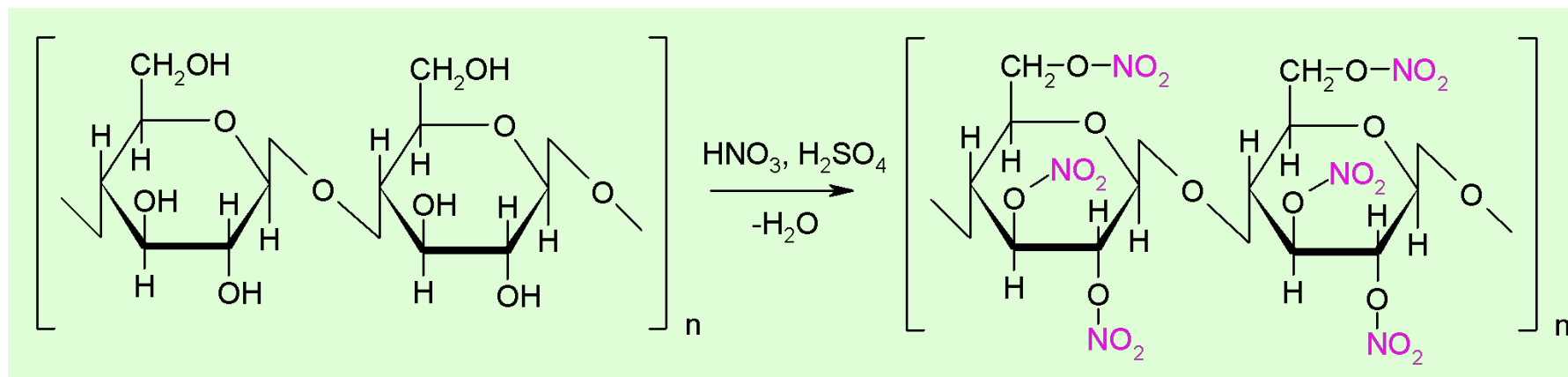
## *Химические свойства целлюлозы*

**В процессе пищеварения клетчатка выполняет роль балластного вещества, улучшая перистальтику кишечника.**



## 2. Образование сложных эфиров

### а) Реакция нитрования



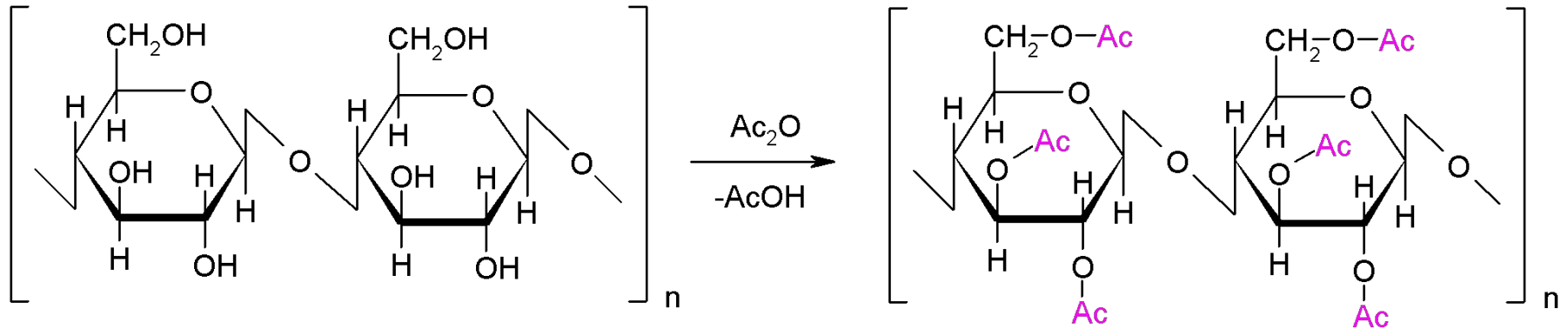
Нитроцеллюлоза

**Нитроцеллюлоза входит в состав пластырей жидких.**

**Раствор коллоксилина (смесь моно- и динитроцеллюлозы) в смеси, состоящей из 20 частей этанола и 76 частей эфира, называется коллодием (Collodium) и используется для герметизации ран.**



## б) Ацилирование



**Целлюлозы ацетат  
входит в состав  
препаратов в  
качестве  
вспомогательного  
вещества.**

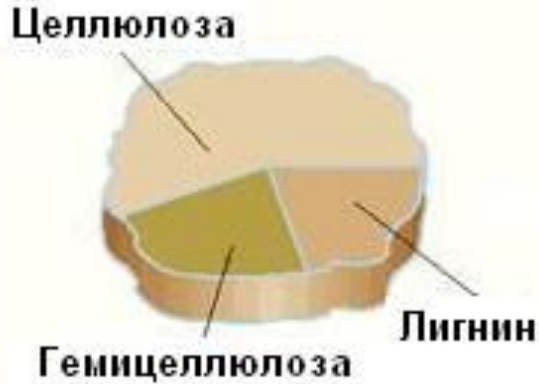
**Ацетат целлюлозы**





# Гемицеллюлозы

**Гемицеллюлозы  
(полуклетчатки) - полисахариды  
встречающиеся в**



**одеревеневших частях  
растений: древесине, соломе, ореховой  
скорлупе, кукурузных початках. Очень много  
гемицеллюлоз содержится в отрубях.  
Гемицеллюлозы состоят из остатков  
различных моносахаридов и имеют особые  
названия: маннаны, галактаны, ксиланы,  
арабаны.**

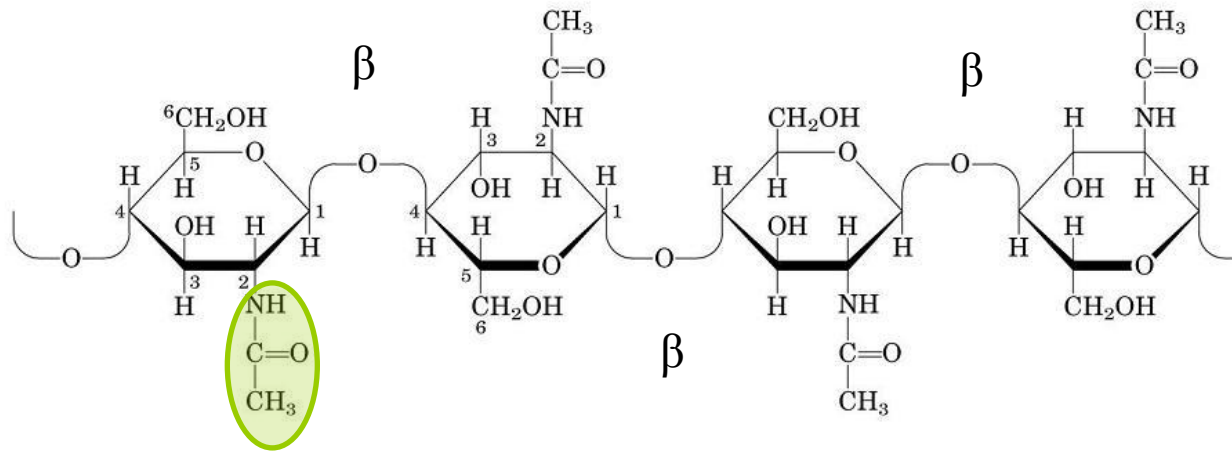
## Гемицеллюлозы

**Гемицеллюлозы входят в состав препаратов разных фармакологических групп.**



# ХИТИН

Хитин - полимер N-ацетил-глюкозамина.



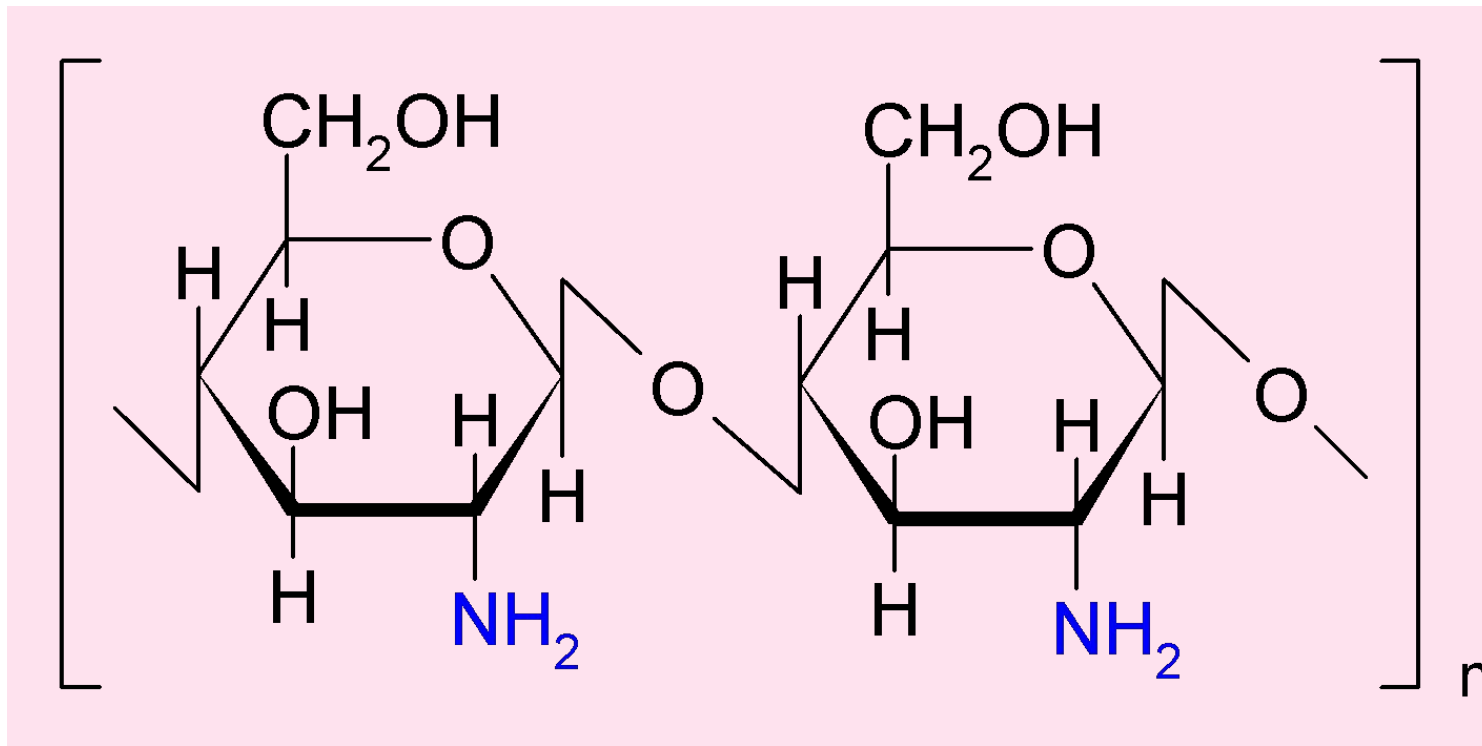
## Хитин

**Полимерные композиции на основе водорастворимого производного хитина, содержащего наночастицы серебра, входят в состав пленочных покрытий для лечения ран.**



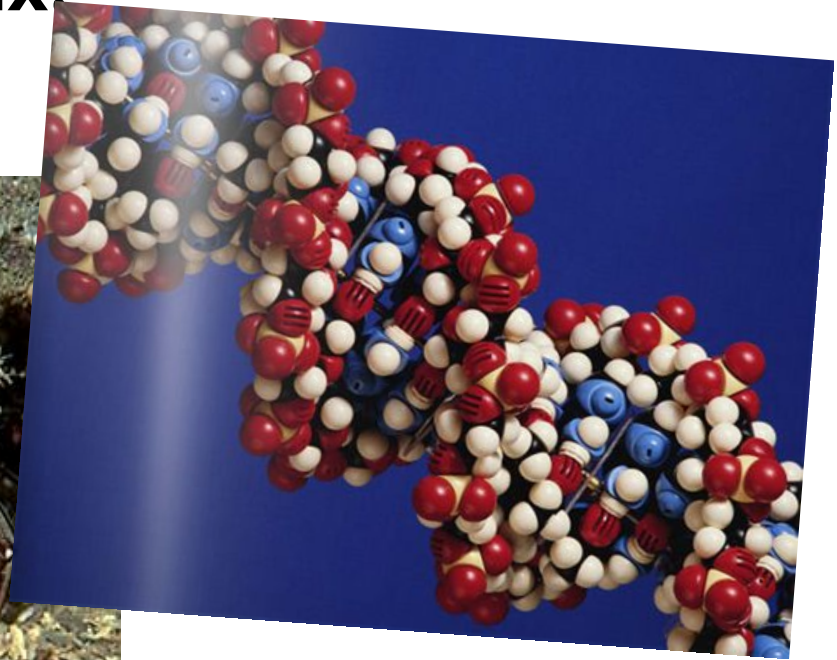
# Хитозан

Деацелированный хитин – ХИТОЗАН.



## *Хитозан*

**Один из источников получения хитозана — панцири ракообразных**



## Хитозан

*Хитозан за счет аминогрупп способен образовывать водородные связи. Поэтому он может связать органические гидрофильные вещества, в том числе и бактериальные токсины.*



**Хитин и хитозан  
входят в состав  
БАДов.**

# Декстраны

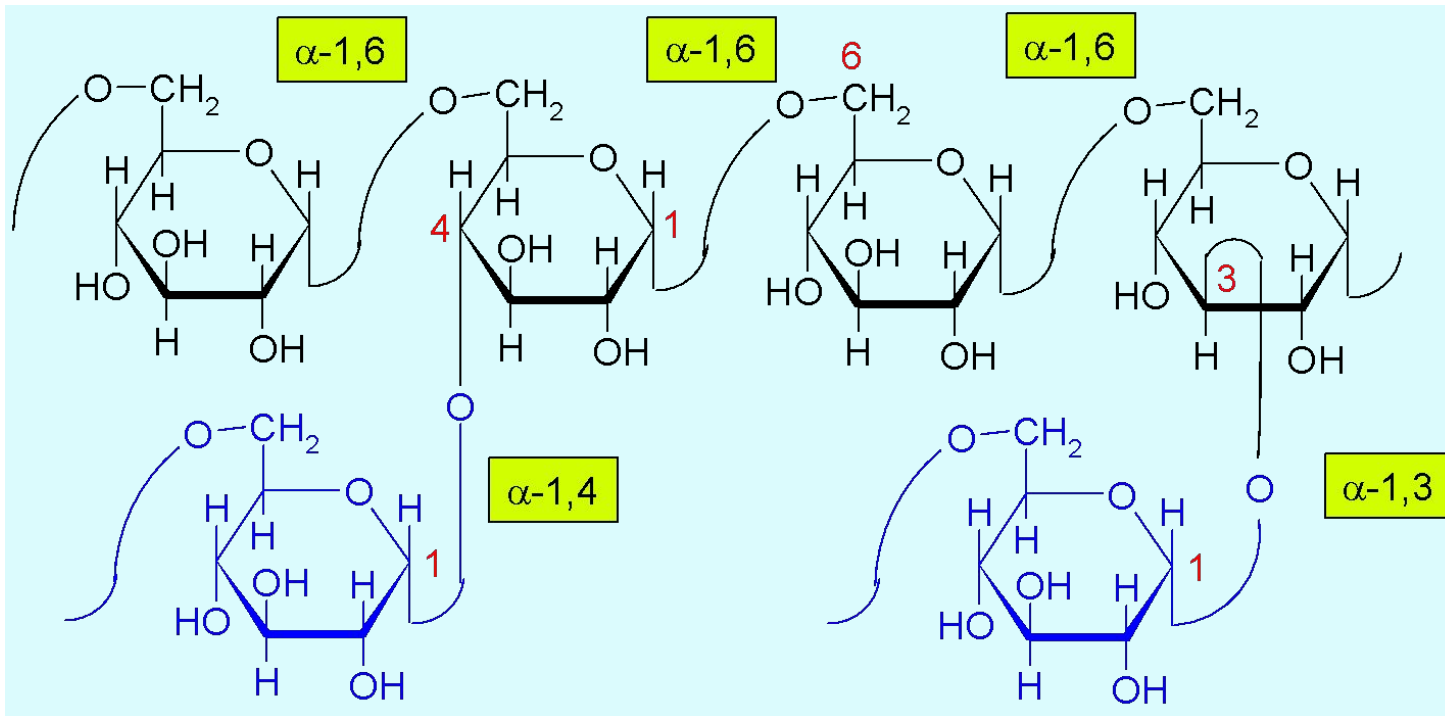
**Декстраны – группа бактериальных полисахаридов, состоящих из остатков  $\alpha$ ,D- глюкопиранозы.**

**Молекулы декстранов имеют разветвленные цепи.**



# Декстраны

Линейная часть молекул декстранов в основном содержит  $\alpha(1\rightarrow6)$ -гликозидные связи, а разветвления образуются с помощью  $\alpha(1\rightarrow2)$ ,  $\alpha(1\rightarrow3)$ ,  $\alpha(1\rightarrow4)$ -связей.



## Декстраны

Плазмозаменяющие растворы – полиглюкин (Декстран [ср. мол. масса 50000-70000]) и реополиглюкин (Декстран [ср. мол.масса 30000-40000]) содержат частично гидролизованный декстран, полученный из *Leuconostoc mesenteroides*.



## **Гумми (камеди) и слизи**

**В эту группу полисахаридов входят углеводы, образующие чрезвычайно вязкие и клейкие растворы.**

**Типичными представителем камедей являются наплывы, выделяемые в местах повреждений деревьев семейства Розоцветные – вишнями, сливами, черёмухами и т.д. Слизь содержится в льняных семенах и зёрнах ржи.**

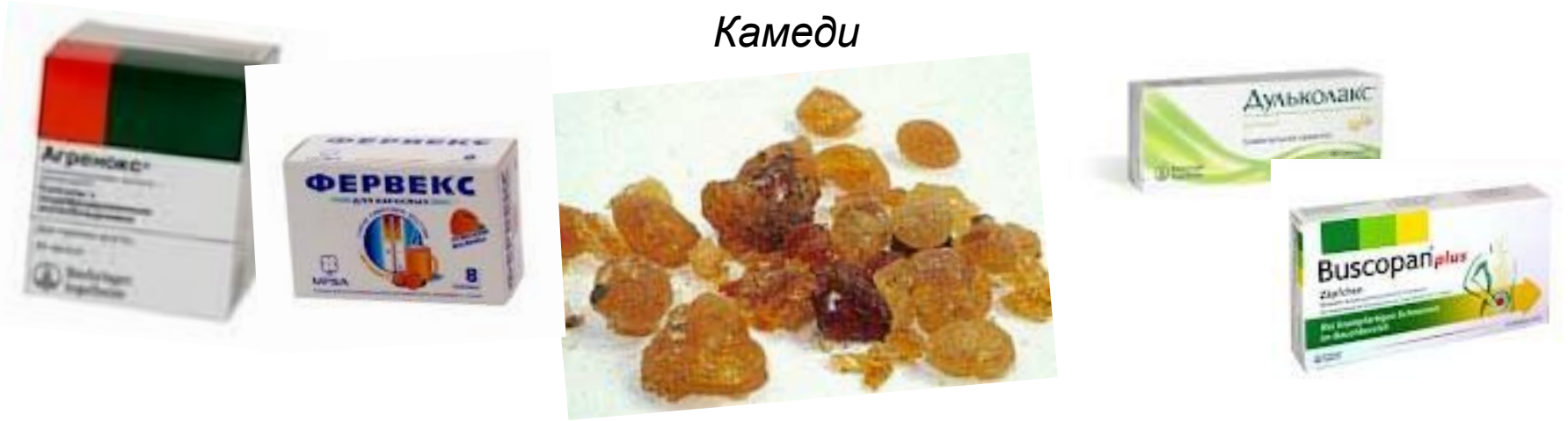
**Камеди вишнёвого клея состоят из остатков D-галактозы, D-маннозы, D-арабинозы, D-ксилозы и D-глюкуроновой кислоты.**

## Камеди

**В медицине камеди применяются как вспомогательные вещества, которые уменьшают раздражение, вызываемое некоторыми лекарственными веществами, и понижают всасывание.**



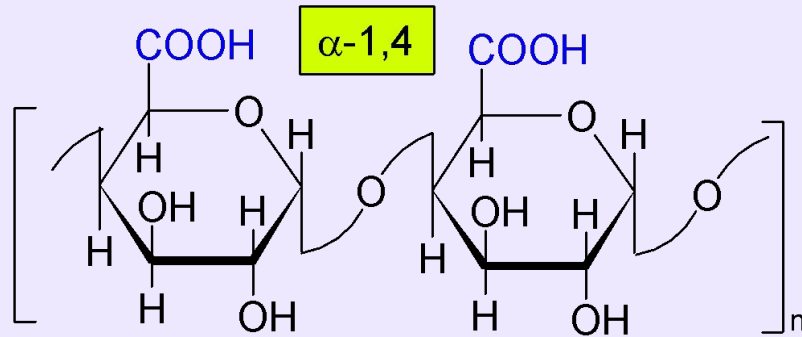
## Камеди



**Аравийскую камедь (Gummi arabicum) собирают из естественных трещин или из надрезов стволов акаций. Используют как обволакивающее средство при лечении энтероколитов и колитов, гастритов, заболеваний печени и мочевыводящей системы, также как смягчающее, болеутоляющее и заживляющее средство для кожи и слизистых.**

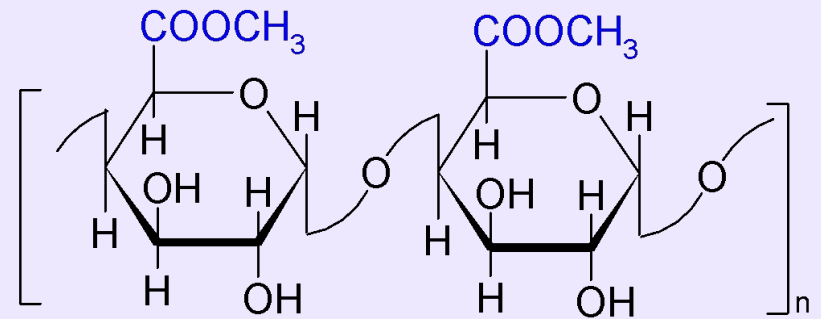
# Пектиновые

**вещества** Пектиновые вещества (от др.-греч. πηκτός - свернувшийся, замёрзший) - полисахариды, образованные остатками главным образом галактуроновой кислоты.



**полигалактуроновая  
кислота**

**Пищевая добавка E440**



**метоксилированная  
полигалактуроновая  
кислота**

## *Пектиновые вещества*

**Присутствуют во всех высших растениях, особенно много во фруктах и в некоторых водорослях.**



*Пектиновые вещества*

***Пектиновые вещества  
используют для  
капсулирования лекарств,  
а также в составе фарм.  
препаратов.***





# Полисахариды, выделяемые из водорослей

Агар-агар – высокомолекулярный полисахарид, содержащийся в красных водорослях.

*Применяют в микробиологии для изготовления плотных и полужидких питательных сред. Кроме того, агаровый гель применяют для электрофореза ДНК, иммуноэлектрофореза и иммунодиффузии.*



**Ahnfeltia plicata**

**Каррагинан – сульфатированный полисахарид, построенный из остатков галактозы. Получают из красных водорослей.**



*Применяют в качестве вспомогательного средства (для иммобилизации ферментных препаратов).*

*Phymatolithon calcareum*

# Лихенин – полисахарид лишайников



*Особенно много  
лихенина в исландском  
мхе: до 50% на сухое  
вещество.*

***Cetraria islandica***

# *Гетерополисахариды*

## **Полисахариды соединительной ткани (мукополисахариды)**

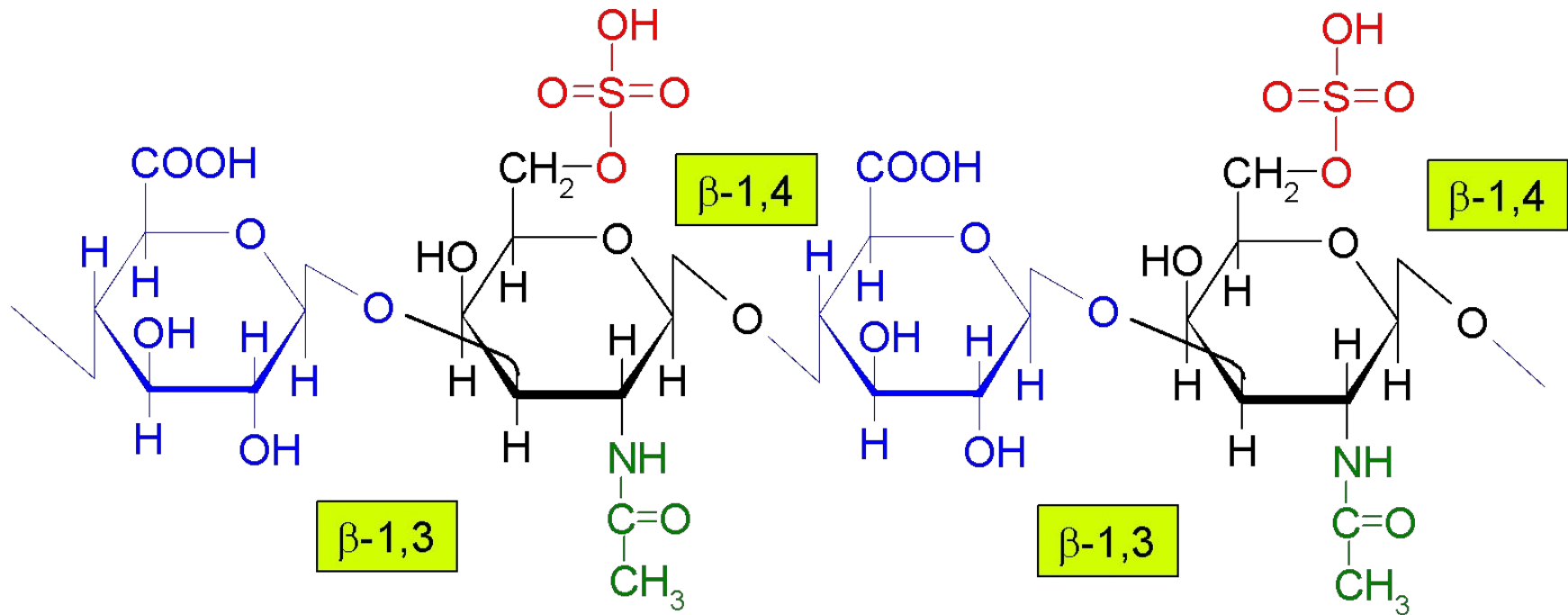
**Соединительная ткань выполняет опорную, трофическую (питательную) и защитную функции. К соединительной ткани относят подкожную клетчатку, сухожилия, связки, кости, хрящи, стенки крупных кровеносных сосудов, роговицу. К соединительной ткани относят также кровь и лимфу.**

# Хондроитинсульфаты

Макромолекулы хондроитинсульфатов строятся из остатков дисахаридов, соединённых  $\beta(1\rightarrow4)$ -гликозидными связями.

Дисахаридный фрагмент включает остатки  $\beta$ ,D-глюкуроновой кислоты и N-ацетил- $\beta$ ,D-глюкозаминфосфата, соединённых  $\beta(1\rightarrow3)$ - гликозидной связью.

## Хондроитин-6-сульфат

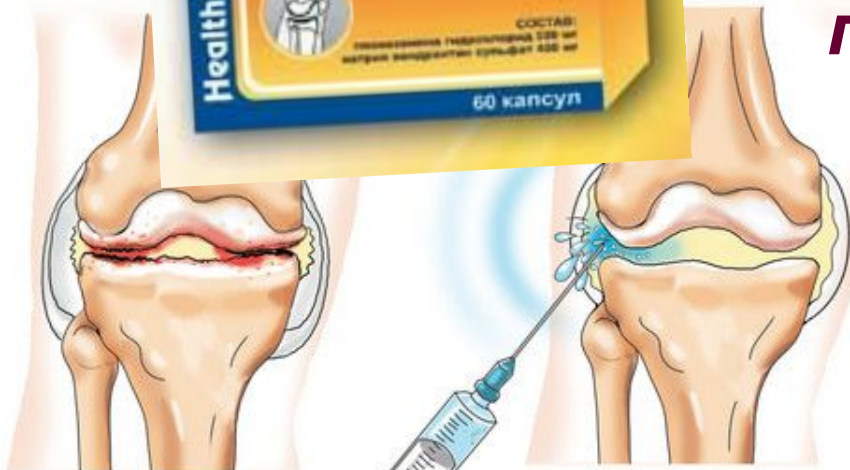


**Хондроитин-4-сульфат содержится преимущественно в костной и хрящевой тканях, а хондроитин-6-сульфат входит в состав гликозаминогликанов кожи, суставов, сухожилий, сердечных клапанов.**

## Хондроитинсульфаты



**В медицине хондроитина сульфат применяется в качестве лекарственного средства группы нестероидных противовоспалительных препаратов.**



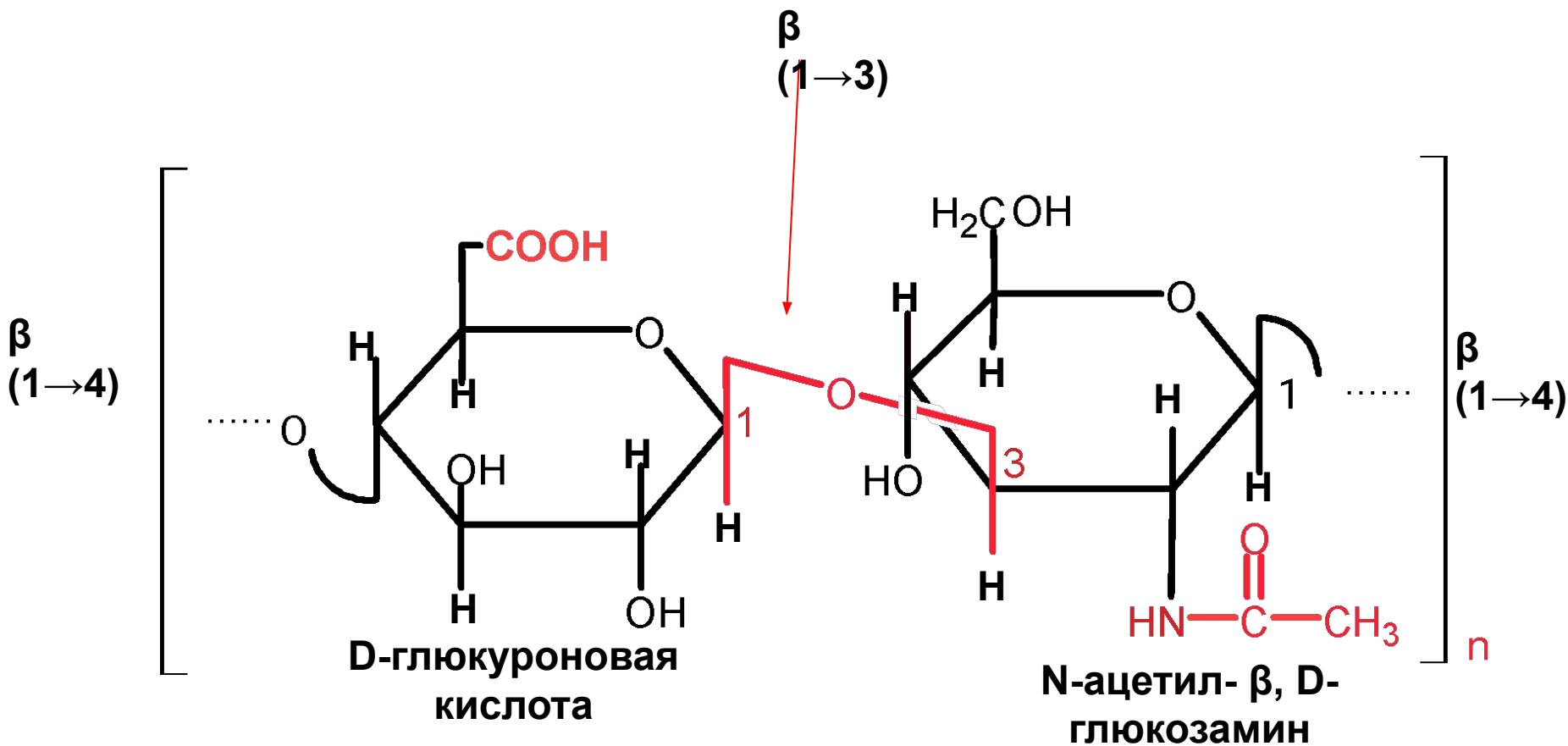
## *Гиалуроновая кислота*

**Макромолекула гиалуроновой кислоты строится из остатков дисахаридов, соединённых  $\beta(1\rightarrow4)$ -гликозидными связями.**

**Дисахаридный фрагмент включает остатки  $\beta$ ,D-глюкуроновой кислоты и N-ацетил- $\beta$ ,D-глюкозамина, соединённых  $\beta(1\rightarrow3)$ - гликозидной связью.**



Гиалуроновая кислота



**Молекулярная масса полимера  
достигает 2-7 млн. а.е.м.**

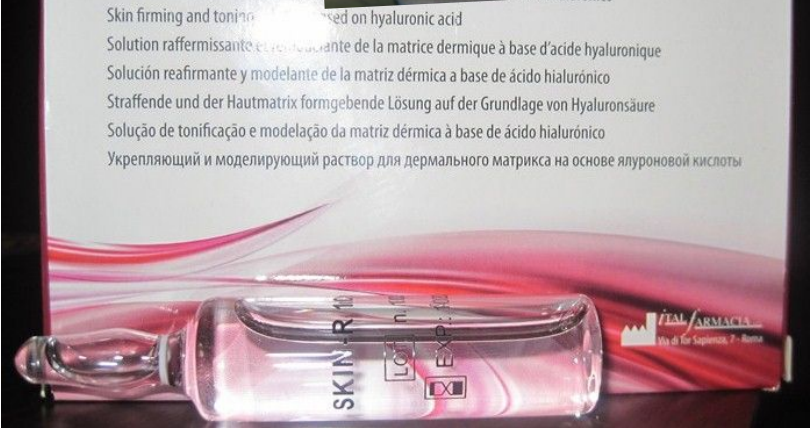
## *Гиалуроновая кислота*

**За счёт большого числа карбоксильных групп макромолекула связывает значительное количество воды, поэтому растворы гиалуроновой кислоты обладают повышенной вязкостью.**

***С этим связана ее барьерная функция, обеспечивающая непроницаемость соединительной ткани для болезнетворных бактерий.***

**В комплексе с полипептидами гиалуроновая кислота входит в состав стекловидного тела глаза, суставной жидкости, хрящевой ткани.**

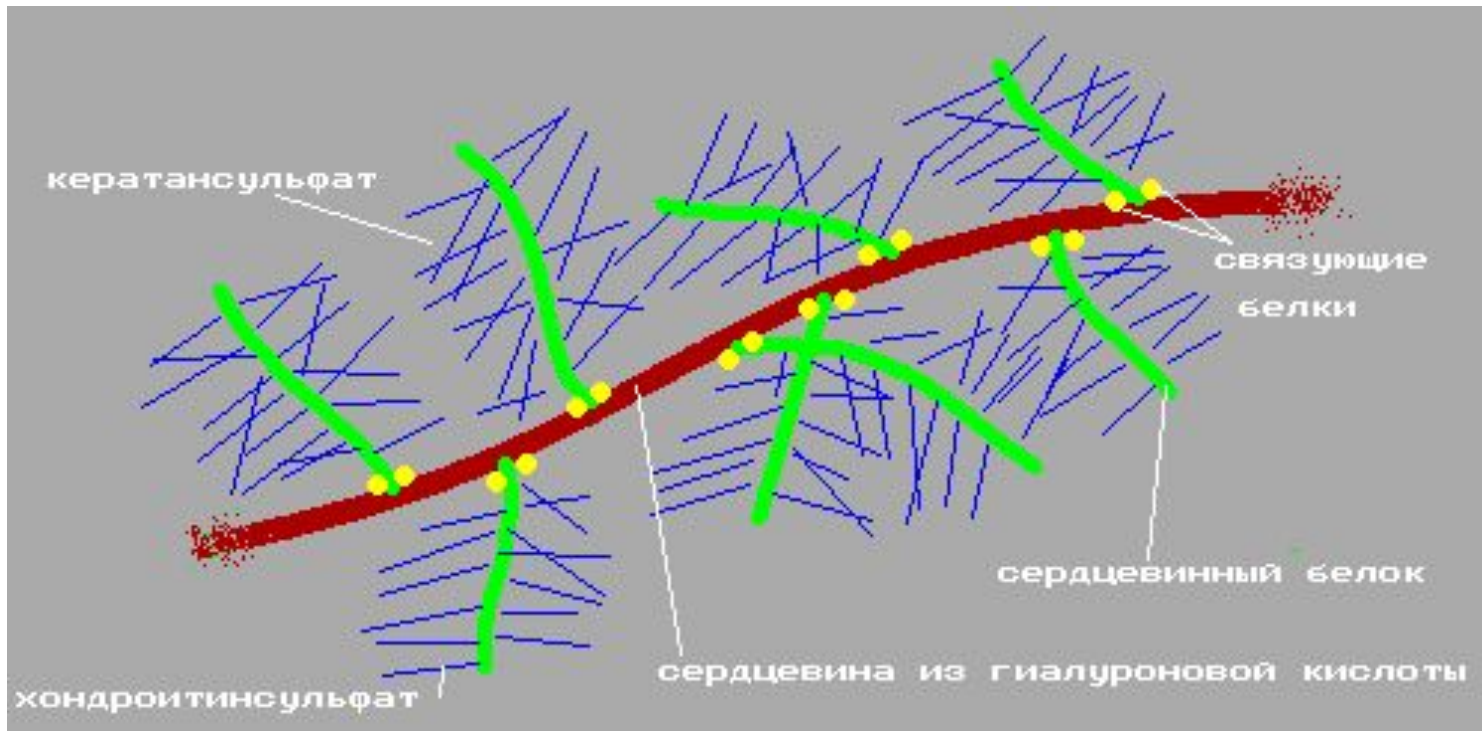
## Гиалуроновая кислота



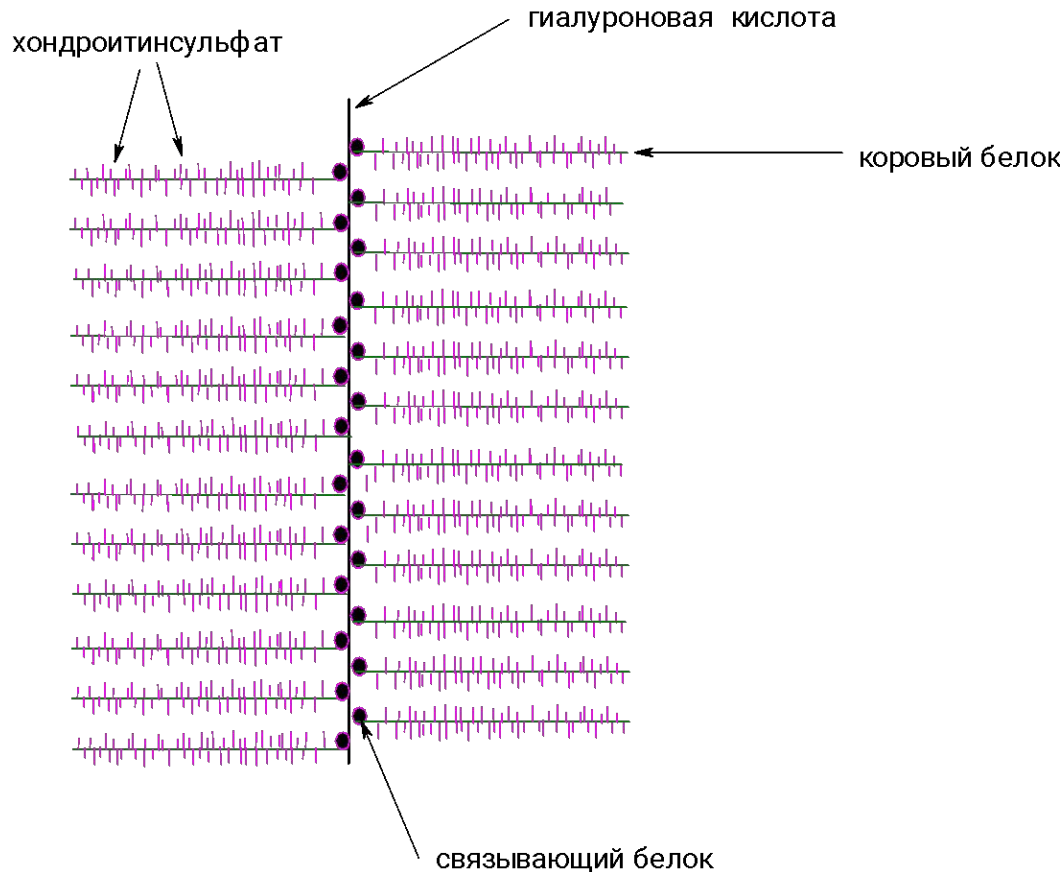
**Препараты на основе гиалуроновой кислоты применяются в косметологии.**

# Полигликаны

Полигликаны состоят из т.н. белка-сердцевины (core protein) молекулярной массой около 40 кДа, к которому присоединены одна или несколько глюкозаминогликановых цепочек.



## Гетерополисахариды



**Гиалуроновая кислота вместе с хондроитинсульфатом образуют очень сложные агрегаты, напоминающие ёрш для мытья бутылок.**

## Гетерополисахариды

В составе таких структур-ершей встречаются кератансульфаты I и II, состоящие из повторяющихся звеньев {D-Галактоза – N-ацетил-D-глюкозамин} и содержащие сульфатные остатки.

Гепарин (от лат. *hepar* – печень) содержит остатки ацетилированного или сульфированного D-глюкозамина, D-глюкуроновой и L-идуроновой кислот. Гепарин содержится в клеточных стенках кровеносных сосудов, выполняя антикоагулянтную функцию.

Гепарансульфат состоит из остатков тех же моносахаридных производных. Преобладающей является L-идуроновая.

## Гетерополисахариды

**Для восстановления защитного внутреннего слоя мочевого пузыря разработаны и выпускаются препараты на основе гиалуроновой кислоты и хондроитинсульфата.**



## Гетерополисахариды

**Гепарин** (от греч. *ήπαρ* печень) в клинической практике известен, как прямой антикоагулянт.

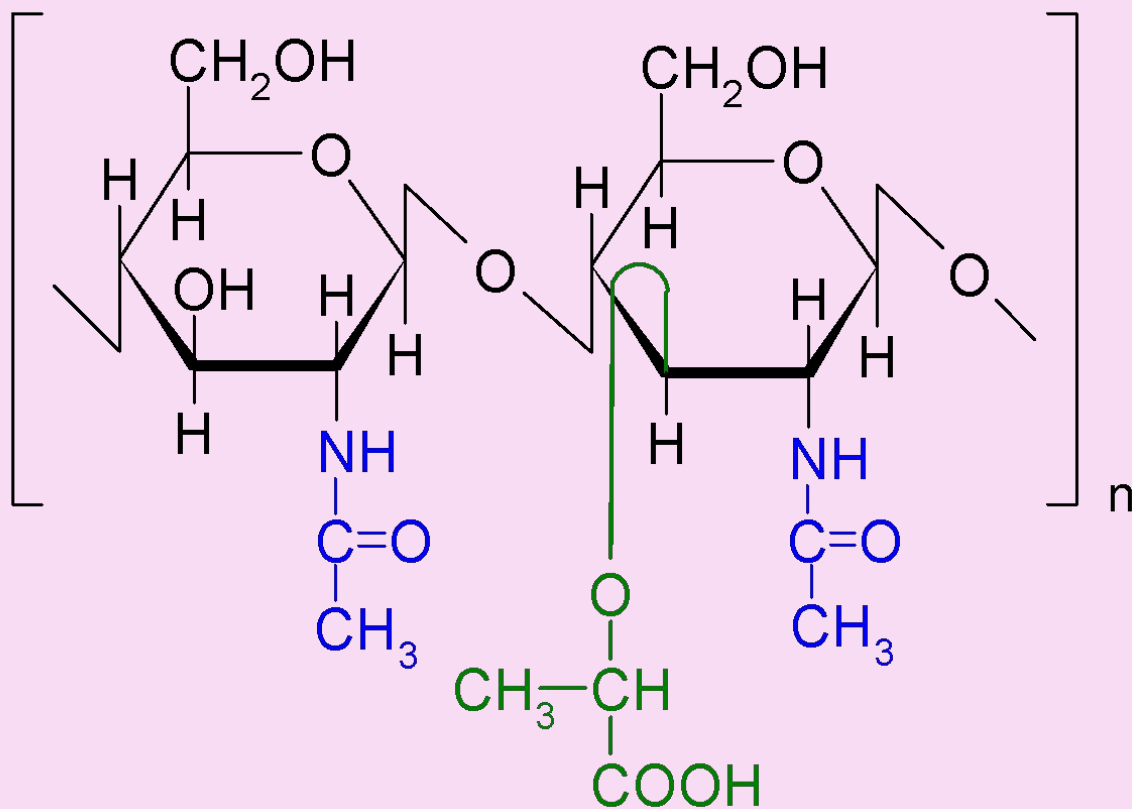


**Применяется для профилактики и терапии тромбэмболических заболеваний, при операциях на сердце и кровеносных сосудах, для поддержания жидкого состояния крови в аппаратах искусственного кровообращения и гемодиализа, а также для предотвращения свертывания крови при лабораторных исследованиях.**



# Мурамин

Мурамин образует пептидогликан муреин, из которого построены клеточные стенки бактерий.



*Гидролизуется с участием лизоцима (англ. Lysozyme) (мурамидазы).*

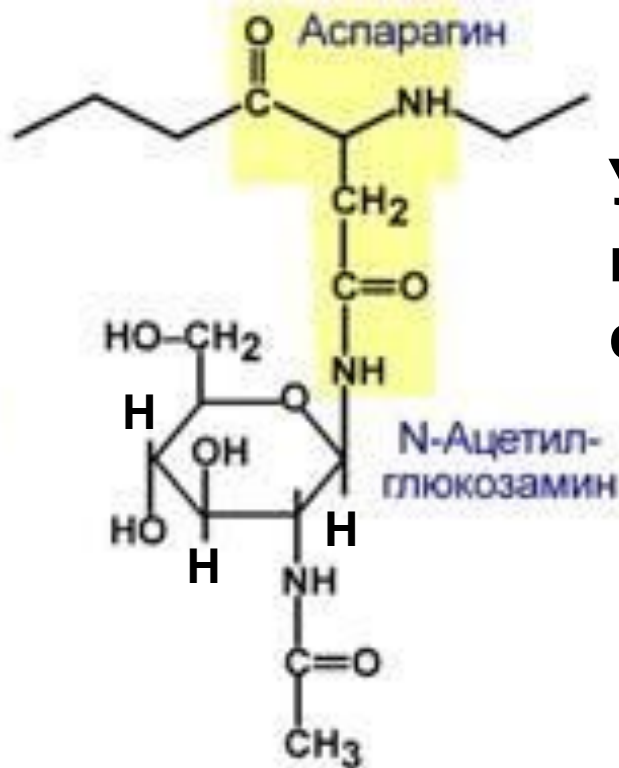
## *Гликопротеины*

*Гликопротеины* - это смешанные углеводсодержащие биополимеры, в которых белковая молекула связана с углеводами - олигосахаридами.

**Для них характерно низкое содержание углеводов.**

## Гликопротеины

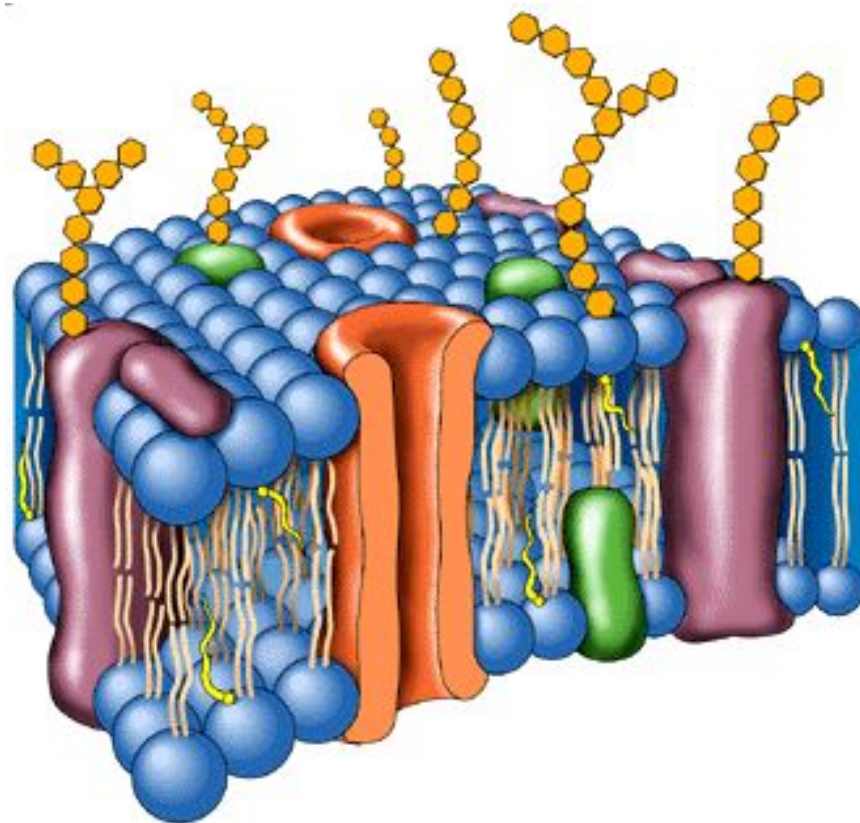
Углеводы присоединены либо N-гликозидной связью к амидному азоту аспарагина, либо O-гликозидной связью к гидроксигруппе остатка серина, треонина, гидроксизина.



Углевод имеет нерегулярное строение.

## Гликолипиды

**Гликопротеины являются важным структурным компонентом клеточных мембран животных и растительных организмов.**



**К гликопротеинам относятся некоторые ферменты.**

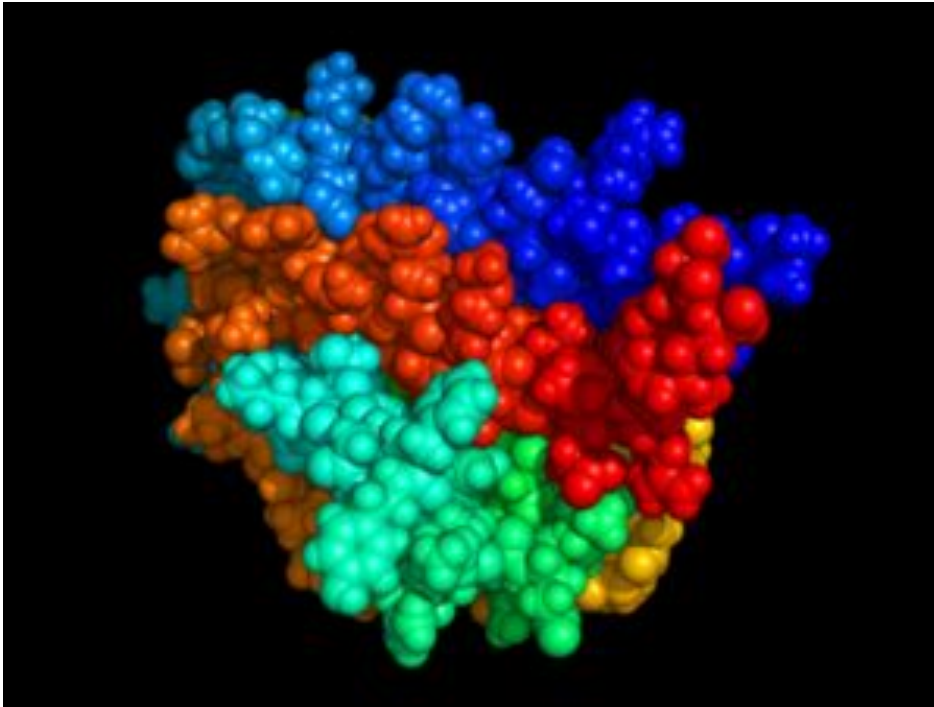


*Нейраминида́за  
(КФ 3.2.1.18) -  
фермент,  
относящийся к  
гликозил-гидролазам.  
Номенклатурное  
название -  
экзо- $\alpha$ -сиалидаза.*

**Шестилопастной  $\beta$ -пропеллер  
нейраминидазы вируса гриппа.**

## *Гликопротеины*

**К гликопротеинам относятся большинство белковых гормонов.**



*Например,  
эритропоэтин (от  
англ. erythropoietin,  
EPO) - один из  
гормонов почек.*

**Структура молекулы эритропоэтина**

## Гликопротеины

**Иммуноглобулины  
(антитела) - это  
гликопротеины,  
участвующие в  
иммунном ответе.**

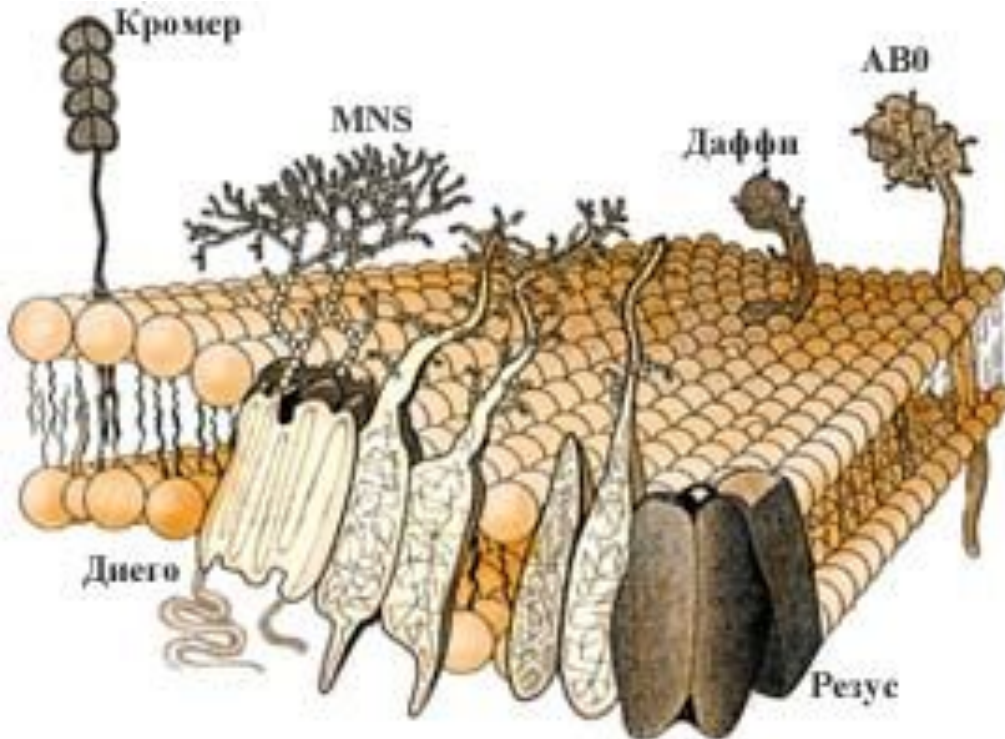


**Иммуноглобулин IgG**

## Гликопротеины

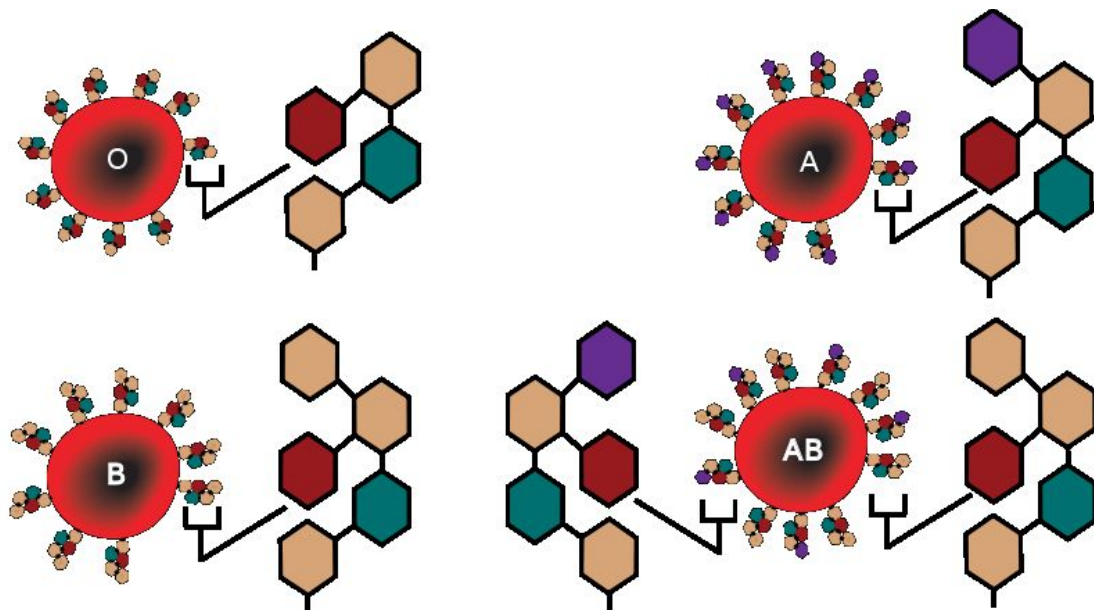
**Гликопротеины мембран эритроцитов определяют группу крови человека.**

Углеводный компонент и белковая часть связываются О-гликозидной связью с участием гидроксильных групп аминокислот серина и треонина.





## Гликопротеины



**Специфичность  
группы крови  
определяет  
детерминанта:  
последовательность  
углеводных  
компонентов.**



Эритроцит



D-галактоза



L-фукоза



N-ацетил-D-галактозамин



N –ацетил-D-глюкозамин

## Гликопротеины

**Пелликула –  
бесструктурная и  
бесклеточная  
оболочка из  
гликопротеинов,  
регулирующая  
транспорт различных  
веществ как из тканей  
зуба в ротовую  
полость, так и  
наоборот.**

Пелликула и микропора на поверхности  
эмали. Увеличение 2000.

## Гликопротеины

**Зубной налет - плотное образование, состоящее из бактерий, расположенных внутри матрицы, которая образуется за счет белков, полисахаридов, липидов и некоторых неорганических веществ (кальция, фосфатов, магния, калия, натрия и др.).**



Зубной налет и  
зубной камень

## Гликопротеины

**Муцины (от лат. *mucos* – слизь) - это гликопротеины, в небелковой части которых содержится глюкозамин, сиаловая кислота, N-ацетил-D-галактозамин и остаток серной кислоты.**

**Муцины входят в состав слюны, секретов кишечника и бронхов. Их присутствие в растворе обеспечивает высокую вязкость среды.**

# Муколитические препараты

- 1 Препараты, стимулирующие секрецию
- 2 Препараты, разжижающие мокроту
3. Мукорегуляторы, нормализующие слизеобразование и состав секрета



Тиолитики  
(ацетилцистеин  
и мистарбон)



Секретолитические  
мукоактивные препараты



Мукорегуляторы



## Вопросы для самоконтроля

- 1. Охарактеризуйте химические свойства восстанавливающих и невосстанавливающих дисахаридов.**
- 2. Какие гомополисахариды Вы знаете? Охарактеризуйте их состав, строение и свойства.**
- 3. Укажите строение гиалуроновой кислоты, хондроитинсульфатов.**

**Спасибо  
за  
Ваше внимание!**