

# Лекция 14

## УГЛЕВОДЫ. ДИСАХАРИДЫ. ПОЛИСАХАРИДЫ



# **ПЛАН**

**14.1 Восстанавливающие дисахариды**

**14.2 Невосстанавливающие дисахариды**

**14.3 Гомополисахариды**

**14.4 Гетерополисахариды**

# **14.1 Восстанавливающие дисахариды**

**Дисахариды (биозы) состоят из  
2-х моносахаридных звеньев,  
одинаковой или разной  
природы, соединенных  
гликозидной связью**

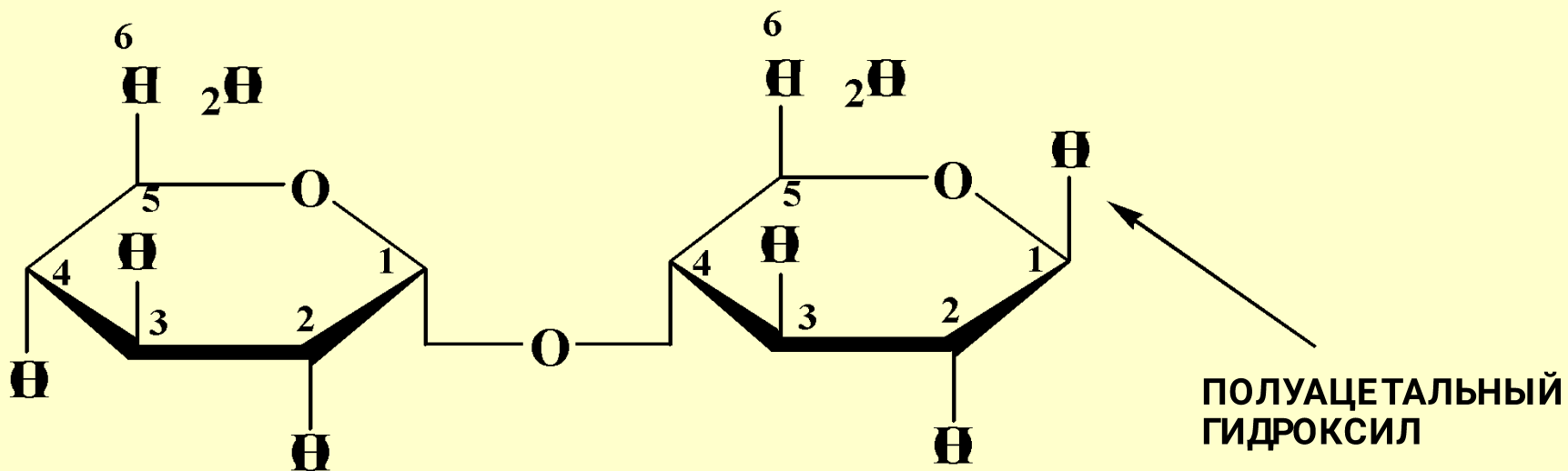
**В образовании гликозидной связи в дисахаридах участвуют две –ОН группы: полуацетальный гидроксил одного моносахарида (обязательно) и любая –ОН группа второго моносахарида. Если вторым гидроксилом является спиртовой, то такие дисахариды относят к **восстанавливающим****

# Общая формула дисахаридов



**К природным восстанавливающим дисахаридам относят: мальтоза, лактоза, целлобиоза**

# Мальтоза – солодовый сахар



$\alpha$ -D-глюкопиранозил-1-4- $\beta$ -D-глюкопираноза

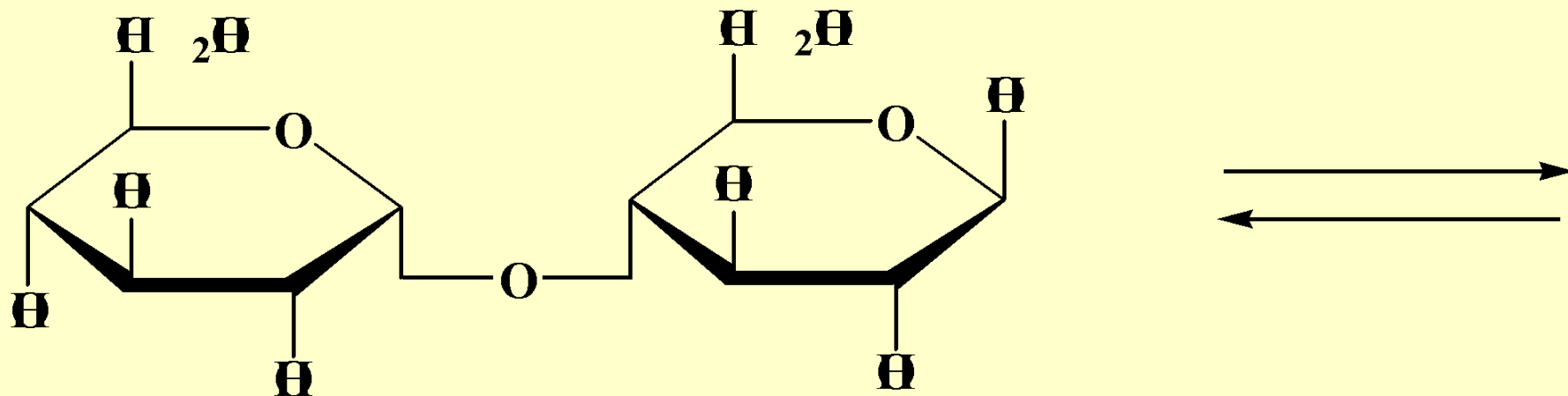
**Мальтоза в больших количествах содержится в проросших зернах злаков, где она образуется из крахмала под действием фермента – *амилазы*. Процесс осахаривания крахмала солодовой амилазой для получения мальтозы широко используется при производстве спирта. Мальтоза сладкая на вкус**

**Мальтоза может существовать как в циклической, так и в открытой форме. Для мальтозы возможны свойства, характерные для глюкозы: положительные реакции с реактивами Толленса, Фелинга**

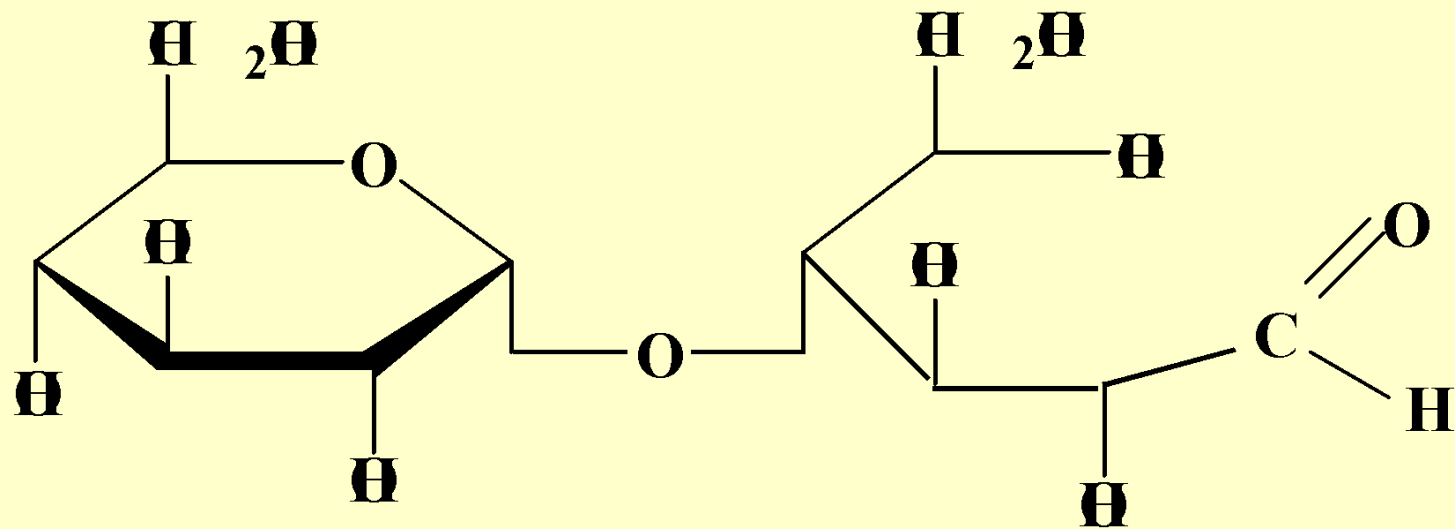
**Для мальтозы характерна цикло-оксо-таутомерия**



# ЦИКЛО-ОКСО ТАУТОМЕРИЯ



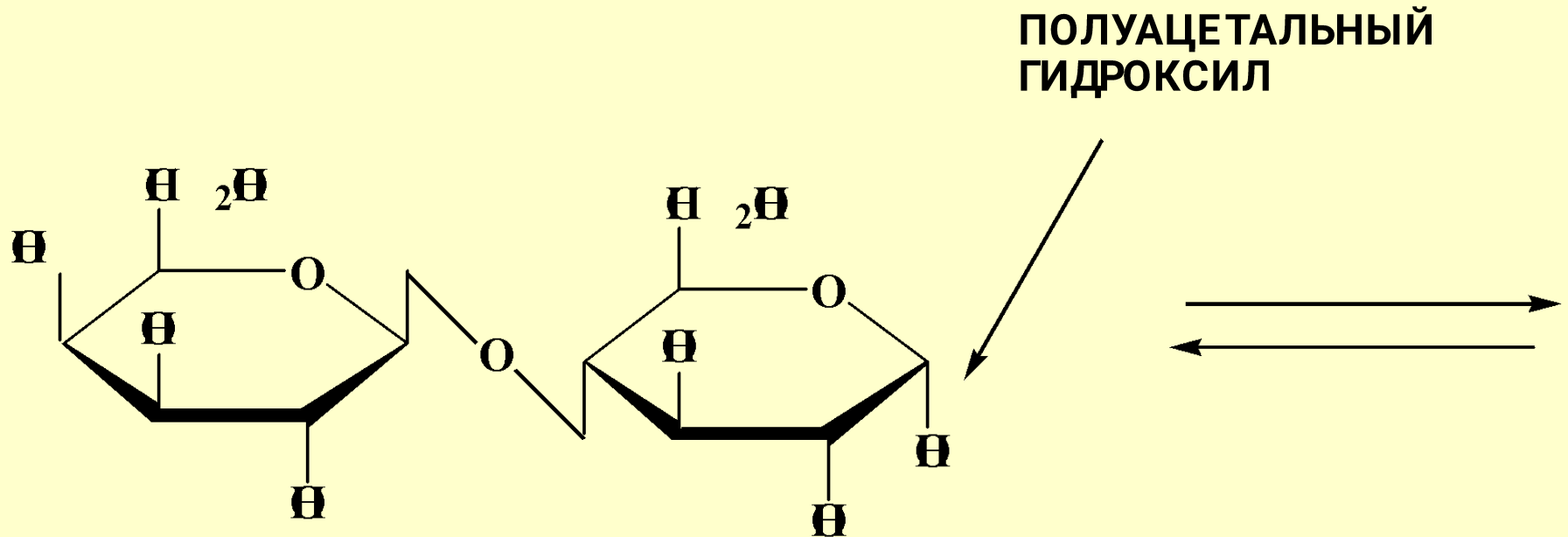
ЦИКЛИЧЕСКАЯ ФОРМА



ОТКРЫТАЯ ФОРМА

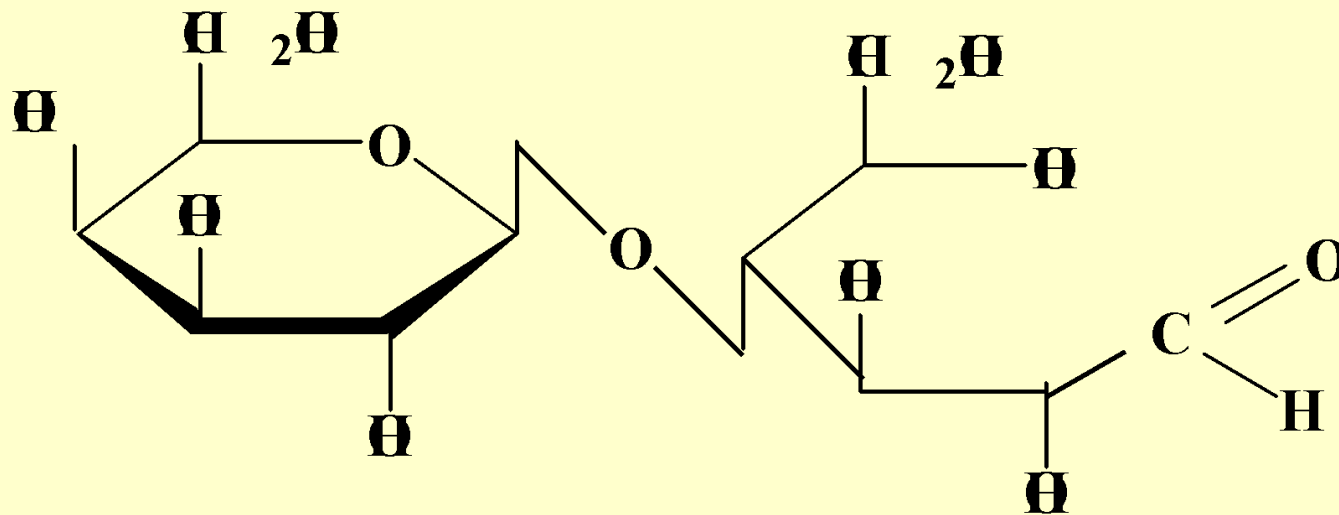
**Лактоза** – молочный сахар,  
содержится в молоке  $\approx 5\%$   
(особенно много в грудном молоке  
 $\approx 8\%$ ). Лактоза состоит из  
остатков  $\beta$ -D-галактопира-  
нозы и D-глюкопиранозы как  
 $\alpha$ -аномера ( $\alpha$ -лактоза), так и  
 $\beta$ -аномера ( $\beta$ -лактоза), связанных  
 $\beta$ -1,4-гликозидной связью

# ЛАКТОЗА



$\beta$ -D-ГАЛАКТОПИРАНОЗИЛ-1,4- $\alpha$ -D-ГЛЮКОПИРАНОЗА

ЦИКЛИЧЕСКАЯ ФОРМА



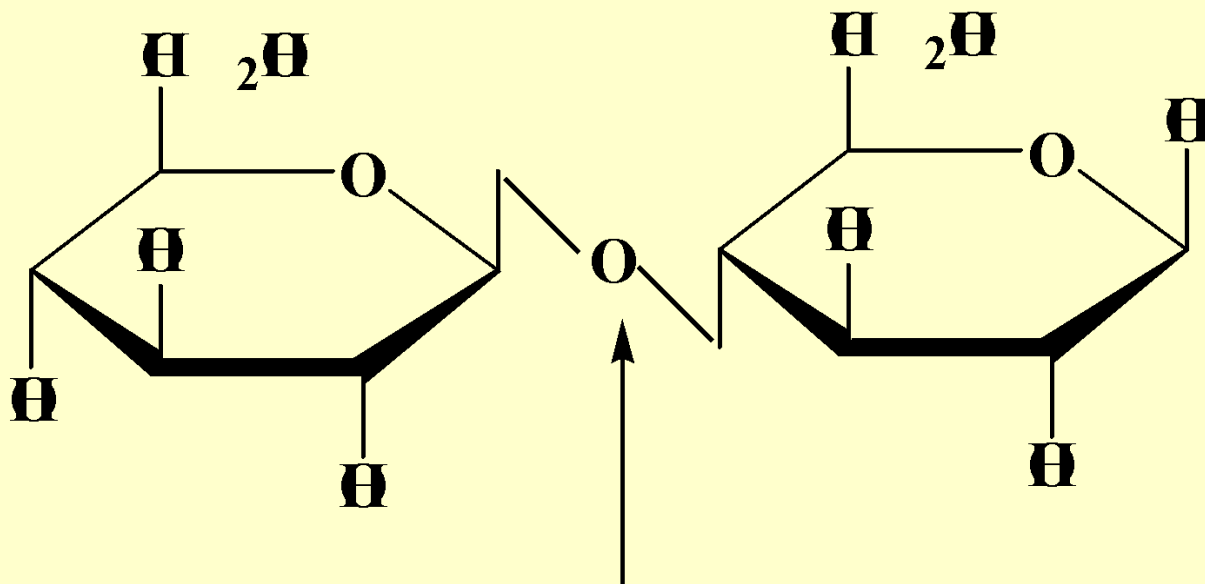
**ОТКРЫТАЯ ФОРМА**

**Лактоза сладкая на вкус, в 4-5 раз менее сладкая, чем сахароза, применяется при изготовлении порошков и таблеток. Она менее гигроскопична, чем сахароза, применяется в питательных смесях для грудных детей**

**В грудном молоке лактоза связана с сialовой кислотой, что способствует формированию естественной непатогенной микрофлоры в ЖКТ грудных детей. Лактоза способствует развитию в пищеварительном тракте микроорганизма *Lactobacillus bitidus*, расщепляющего лактозу с образованием молочной и уксусной кислот, которые препятствуют размножению патогенных бактерий**

# ЦЕЛЛОБИОЗА

Состоит из двух молекул  $\beta$ -D-глюкопираноз, связанных  $\beta$ -1,4-гликозидной связью

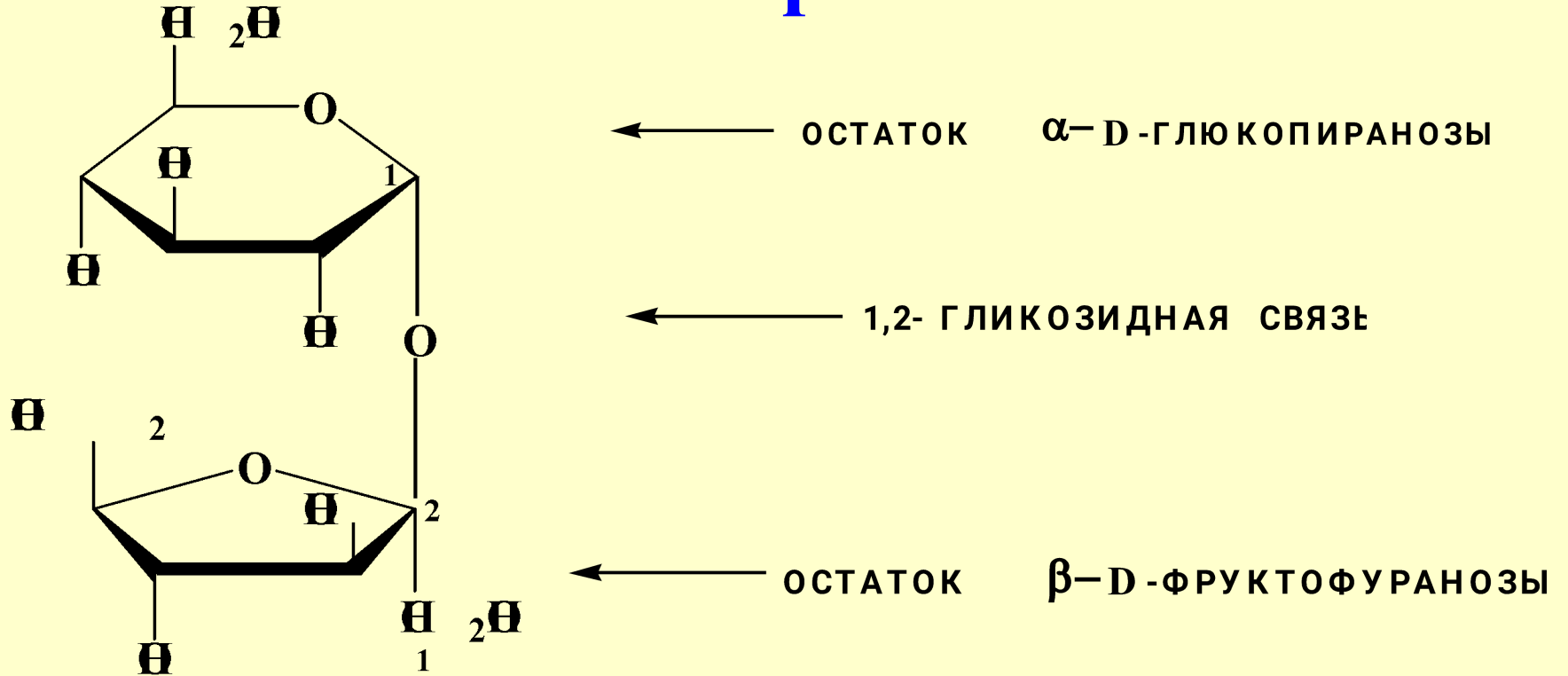


$\beta$ -1,4-гликозидная связь

$\beta$ -D-глюкопиранозил-1,4- $\beta$ -D-глюкопираноза

# 14.2. Невосстанавливающие дисахариды

## Сахароза



$\alpha$ -D-глюкопиранозил-1,2- $\beta$ -D-фруктофуранозид

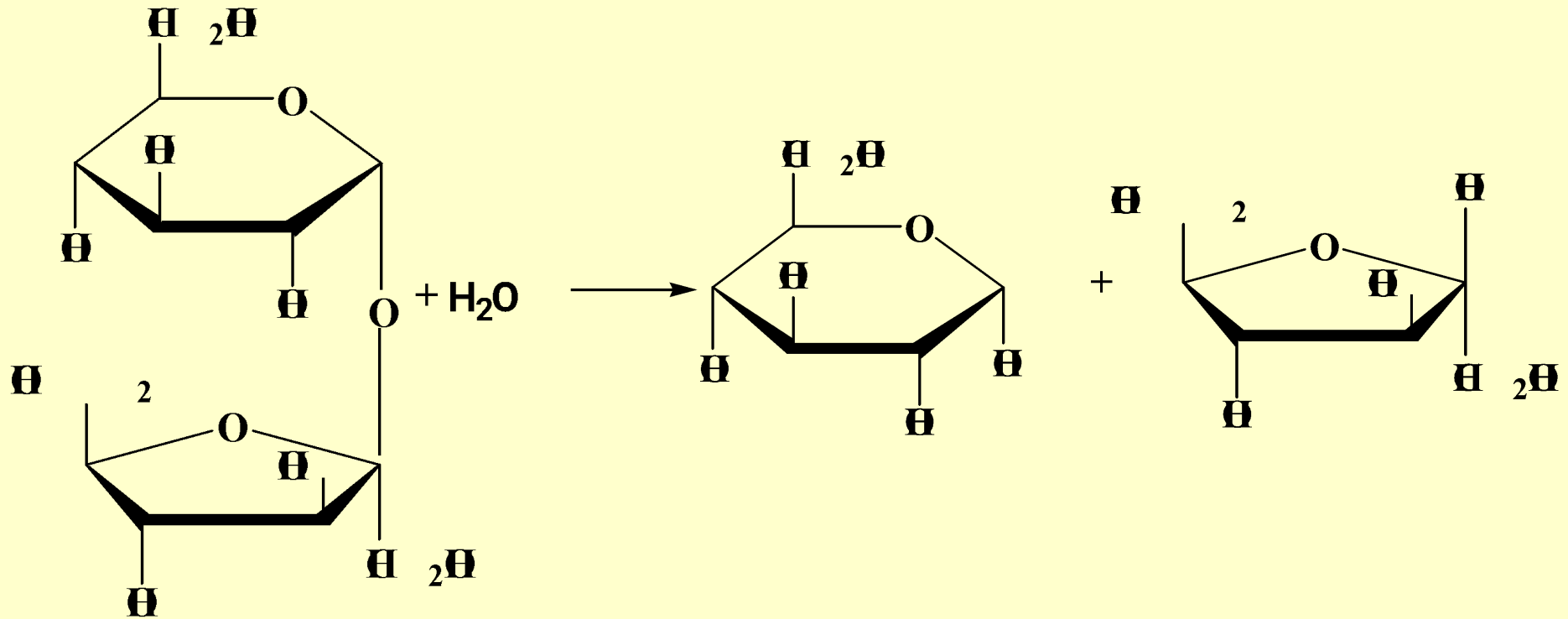


**Сахароза**  
**(свекловичный,**  
**тростниковый сахар)**  
**- самый**  
**распространенный**  
**невосстанавливающийся**  
**дисахарид.**  
**Ежегодное**  
**производство сахара**  
**в мире составляет**  
**около 100 млн тонн**



# Химические свойства дисахаридов

## ГИДРОЛИЗ САХАРОЗЫ



Реакция гидролиза сахарозы называется **инверсией**, продукт инверсии (смесь глюкозы и фруктозы) – **инвертированным сахаром**

Угол вращения сахарозы равен  $+66,5^\circ$ , а после гидролиза угол вращения становится отрицательным (т.к. у глюкозы  $\alpha=+52^\circ$ , а у фруктозы  $\alpha=-92^\circ$ )

**Инвертный  
сахар  
(инвертирован-  
ный) является  
основной  
составной  
частью  
пчелиного меда**



**Химические свойства  
дисахаридов не отличаются от  
свойств моносахаридов:  
окисление и восстановление  
карбонильной группы (для  
восстанавливающих  
дисахаридов) и свойства,  
характерные для спиртовых  
(–ОН) групп**

## 14.3 Гомополисахариды

**Полисахариды –  
высокомолекулярные  
продукты поликонденсации  
моносахаридов, связанных  
между собой гликозидными  
связями**

**В состав полисахаридов входят  
различные моносахариды:**

**D-глюкоза, D-галактоза, D-манноза, D-глюкуроновая кислота, D-глюкозамин и др**

**В строении полисахаридов  
отмечена высокая степень  
регулярности или повторяемости  
моносахаридных звеньев**

**По химической природе**

**полисахариды – полигликозиды**

**Гликозидная природа обуславливает их легкий гидролиз в кислой среде и высокую устойчивость в щелочной.**

**Полный гидролиз приводит к образованию моносахаридов, а неполный – к ряду промежуточных олиго- или дисахаридов**

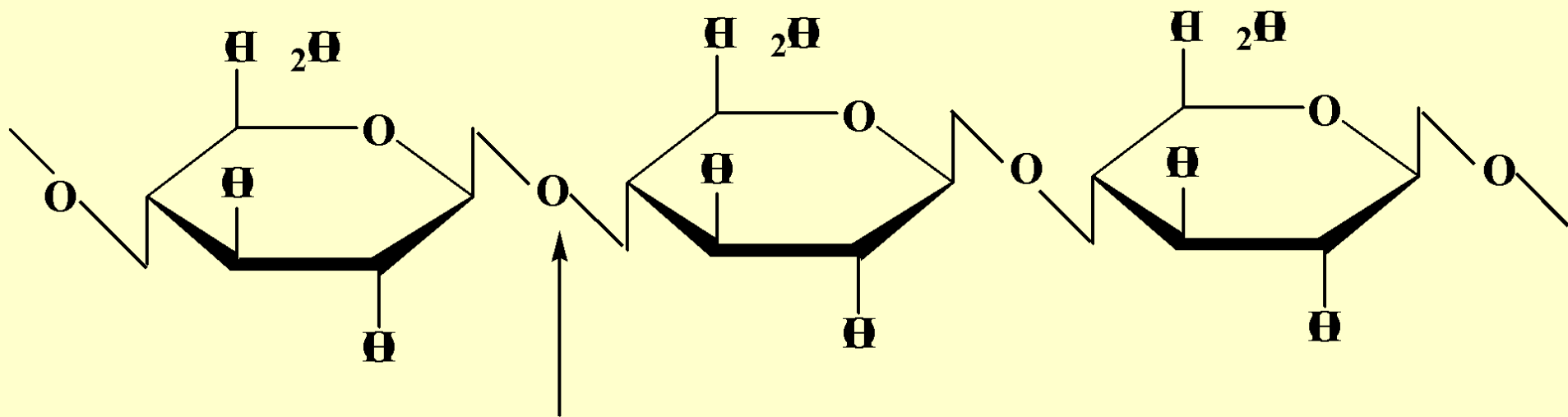


**Полисахариды имеют высокую молекулярную массу. Для них характерен высокий уровень организации молекул и характерна *первичная структура* – определенная последовательность мономерных остатков, *вторичная структура* – определенное пространственное расположение макромолекулярной цепи**

**Большую группу  
полисахаридов составляют  
гомополисахариды,  
построенные из одного и того  
же мономерного звена. В  
природе наиболее всего  
распространены **глюканы**,  
состоящие только из остатков  
глюкозы**

**Целлюлоза** –  $(C_6H_{10}O_5)_n$   
распространенный  
растительный полисахарид,  
представляет собой линейный  
гомополисахарид, состоящий из  
остатков  **$\beta$ -D-глюкопираноз,**  
связанных  **$\beta$ -1,4-глюкозидными**  
**связями**

# Строение целлюлозы



$\beta$ -1,4-гликозидная связь

**Целлюлоза** - опорный материал растений.  **$\beta$ -Конфигурация** приводит к тому, что цепи имеют линейное строение и возможно образование водородных связей как внутри одной цепи, так и между цепями. Результатом такого строения является механическая прочность, волокнистость, нерастворимость в воде, химическая инертность.

Молекулярная масса целлюлозы велика, составляет  $\approx$  **1-2млн**, содержит от **2500-12000** глюкозных звеньев)

# Пример чистой целлюлозы - вата



*Cotton - Gossypium hirsutum*

**Около 50% леса  
составляет  
целлюлоза**



**Целлюлоза не расщепляется  
ферментами ЖКТ человека,  
но тем не менее является  
необходимым балластным  
веществом для нормального  
функционирования ЖКТ**

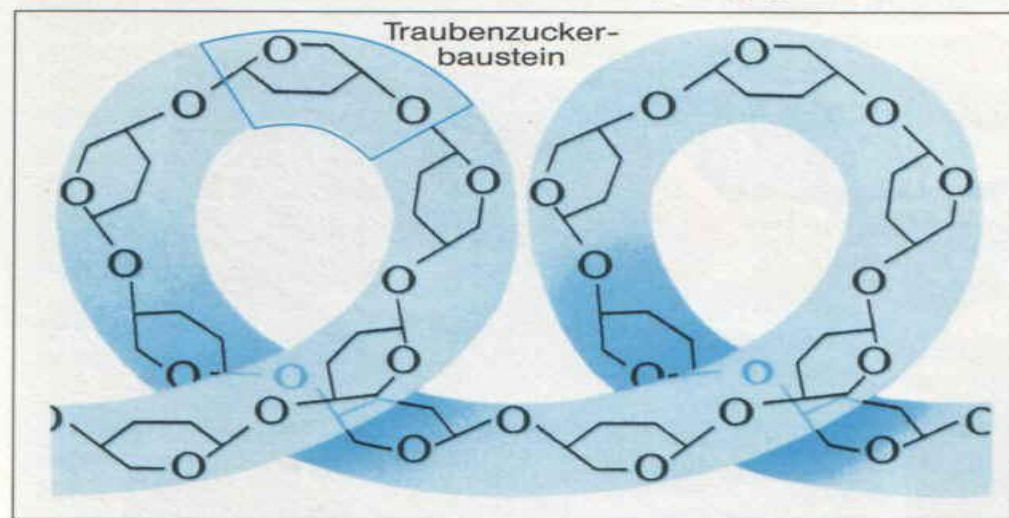
## **Функции клетчатки :**

- 1) создает чувство насыщения;**
- 2) стимулирует перистальтику ЖКТ**
- 3) способствует адсорбции токсических веществ в толстом кишечнике и их выведению, что снижает риск развития злокачественных опухолей толстого кишечника**



***Крахмал*** – относится к запасным полисахаридом. Общая формула  $(C_6H_{10}O_5)_n$ . Образуется в растениях в процессе фотосинтеза, «запасается» в клубнях, корнях, зернах злаковых культур. Крахмал откладывается в клетке в виде зерен. Крахмал – белое аморфное вещество. В холодной воде крахмал нерастворим, в горячей набухает и образует клейстер

Качественной реакцией на крахмал является **реакция с йодом** – **сине-фиолетовое окрашивание**, исчезающее при **нагревании**

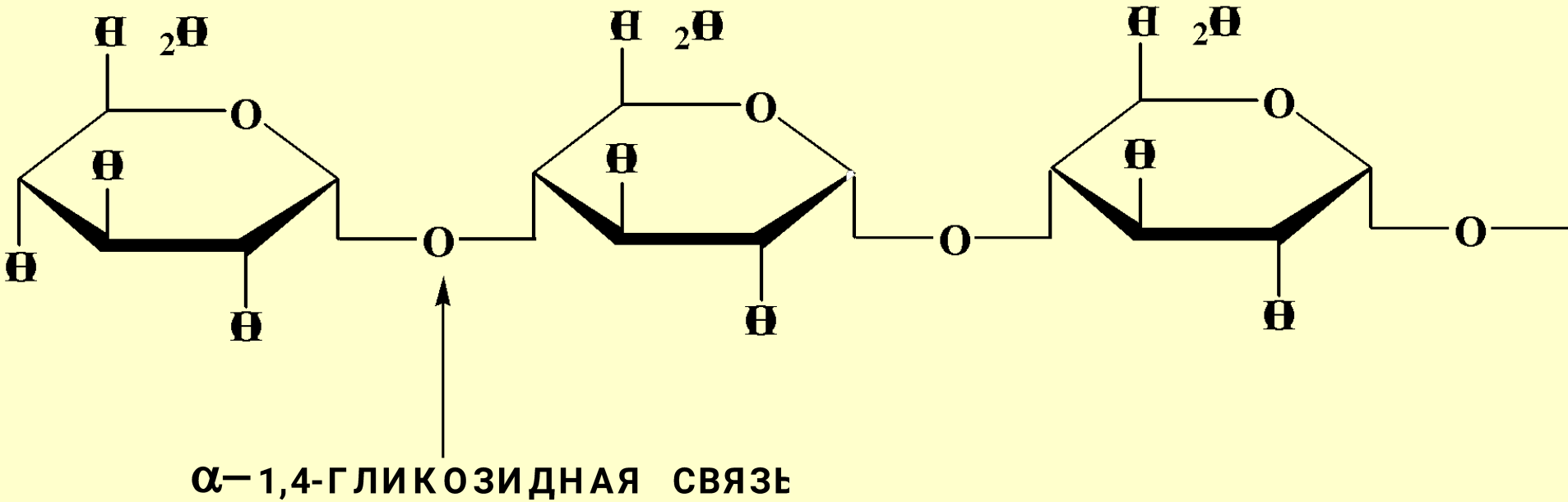




**Крахмал представляет собой смесь двух гомополисахаридов: амилоза (10-20%) и амилопектин (80-90%)**

**Амилоза** – состоит из остатков  $\alpha$ -глюкоз, связанных  $\alpha$ -(1,4)-глюкозидными связями (по типу мальтозы). Амилоза имеет линейное строение

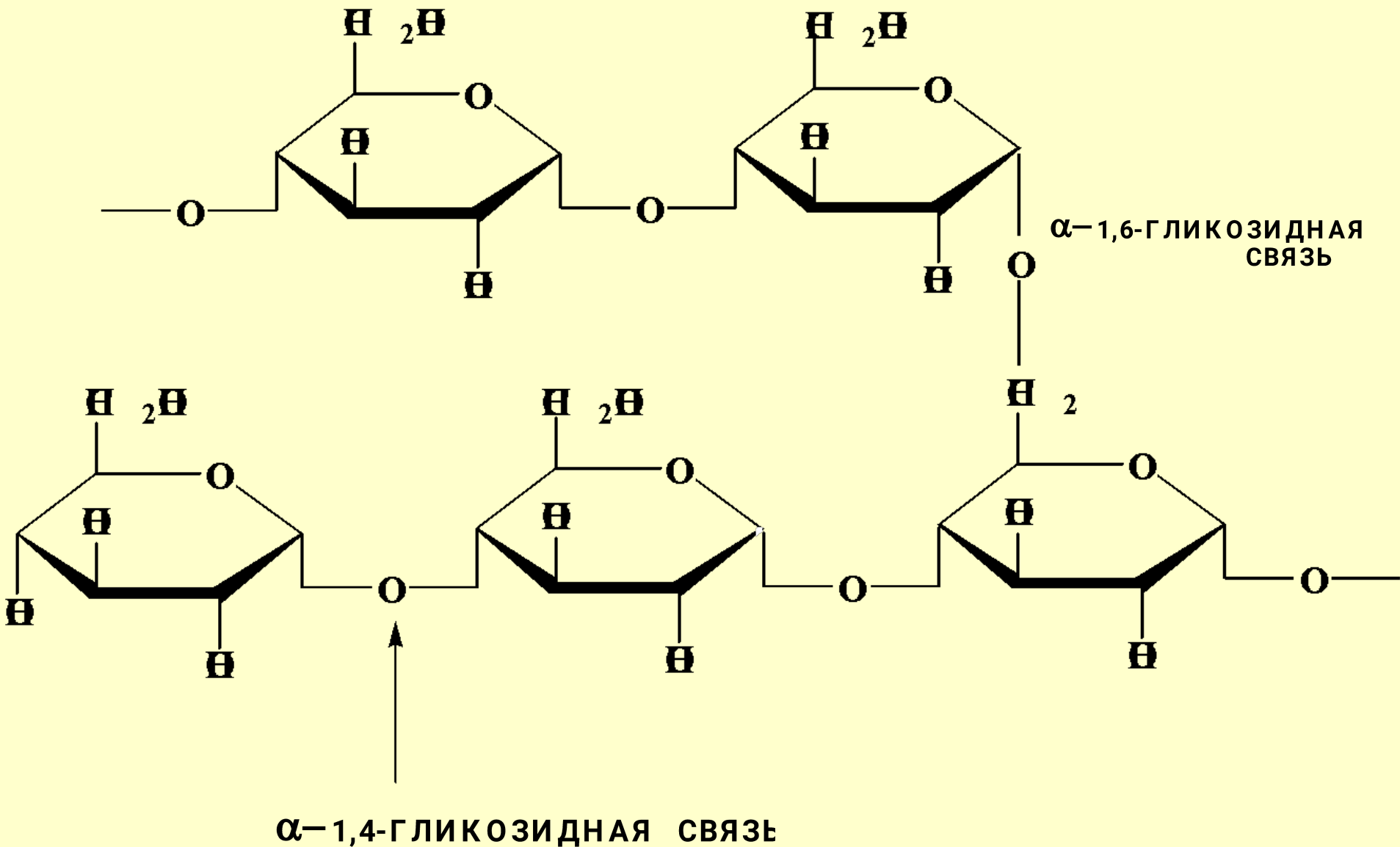
# СТРОЕНИЕ АМИЛОЗЫ



**Макромолекула амилозы  
свернута в спираль, на  
каждый виток спирали  
приходится 6  
моносахаридных звеньев.  
Качественная реакция с  
йодом обусловлена наличием  
амилозы**

**АМИЛОПЕКТИН** имеет  
разветвленное строение, в  
основной цепи аналогичен  
амилозе, имеются разветвления  
с образованием  $\alpha$ -1,6-  
гликозидных связей. Между  
точками разветвления  
размещается **20-25**  
моносахаридных звеньев

# Строение амилопектина





**Гликоген** – служит резервом

**углеводов в организме человека и животных (животный крахмал). У человека и животных содержится во всех клетках, но больше всего в печени (10-20%) и мышцах ( $\approx 4\%$ ).**

**Помимо животных тканей в небольшом количестве содержится в грибах и некоторых микроорганизмах.**

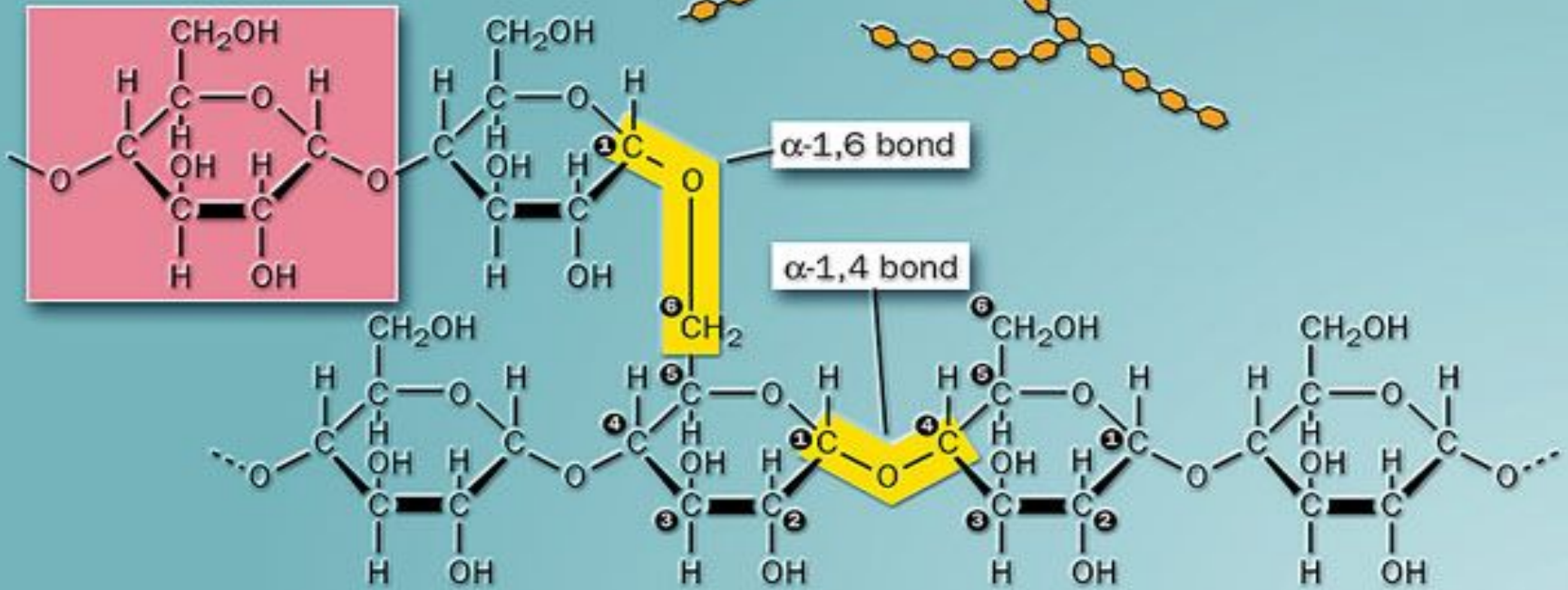
**Все процессы жизнедеятельности,  
в первую очередь мышечная  
работа, сопровождаются  
расщеплением гликогена с  
высвобождением  $\alpha$ -D-  
глюкопиранозы**

**По строению гликоген подобен  
амилопектину, но имеет более  
разветвленное строение. В  
гликогене между точками  
разветвления содержится  
10-12 глюкозных звеньев,  
иногда их может быть 6**

**Компактная и сильно  
разветвленная структура  
гликогена способствует  
выполнению энергетической  
функции, т.к. только при  
наличии большого числа  
концевых остатков можно  
обеспечить быстрое отщепление  
нужного количества молекул  
ГЛЮКОЗЫ**

Branched  
glycogen  
polymer

Glucose subunit



**Glycogen**

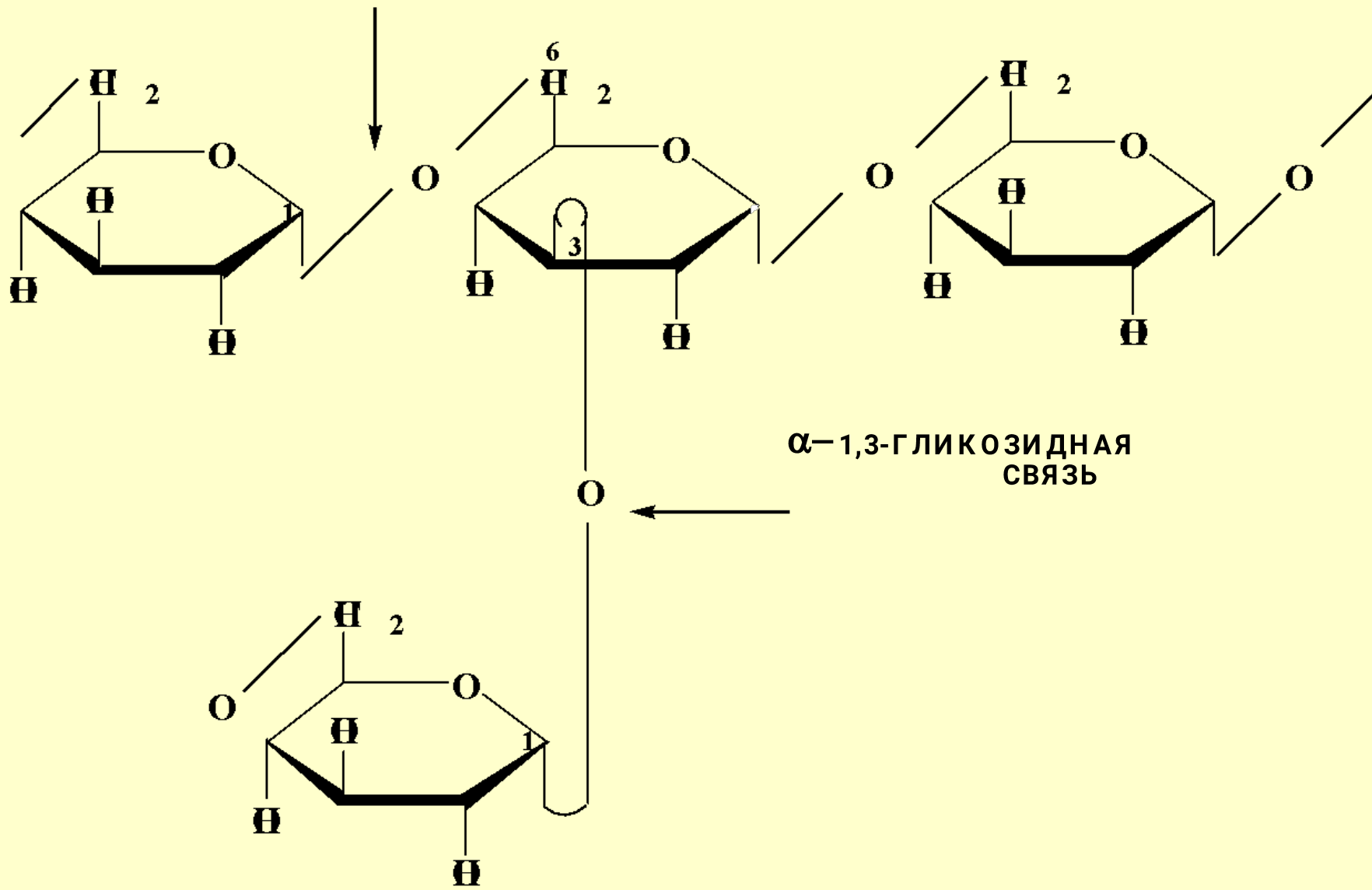
**В сухом виде гликоген – белый аморфный порошок. Гликоген, в отличие от крахмала, дает с йодом красно-бурое окрашивание**

**В кислой среде гликоген гидролизуется количественно с образованием глюкозы, которую можно определить любым количественным методом. Эта реакция гидролиза применяется при анализе тканей на содержание гликогена**

**Декстраны** – полисахариды  
бактериального происхождения,  
построены из  $\alpha$ -D-глюкопиранозных  
остатков, соединенных  
преимущественно **1.6-**  
**гликозидными связями** в основной  
цепи, а в местах разветвления  **$\alpha$ -1,4**  
и  **$\alpha$ -1,3** – гликозидными связями,  
реже –  **$\alpha$ -1.2-**гликозидными связями.  
Макромолекулы декстрана сильно  
разветвлены

# Гомополисахариды. Строение декстрана

$\alpha$ -1,6-ГЛИКОЗИДНАЯ СВЯЗЬ





**Декстран имеет высокую**

**молекулярную массу  $\approx$**

**300000-400000, применяется для**

**изготовления сефадексов для**

**гельфилтрации. Частично**

**гидролизованый декстран с**

**молекулярной массой  $\approx$**

**50000-100000 используют в**

**качестве заменителя плазмы крови**

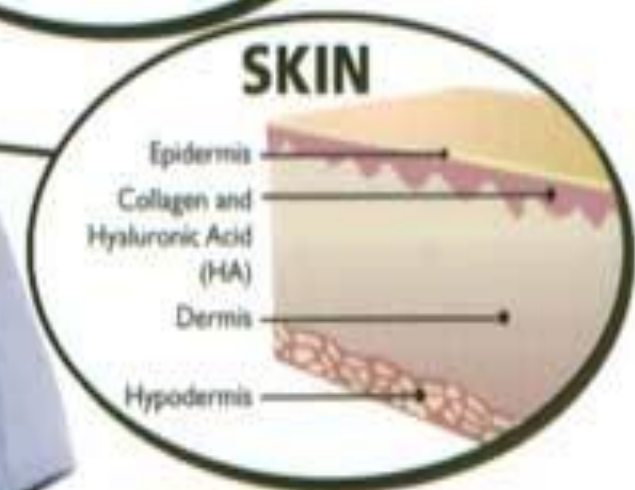
**(ПОЛИГЛЮКИН)**

## 14.4. Гетерополисахариды

**В животных организмах важную роль играют гетерополисахариды, состоящие из различных моносахаридных звеньев. Чаще всего они состоят из повторяющихся дисахаридных блоков (реже бывают 3-4-звенные блоки, например, в полисахаридах бактерий)**

**К полисахаридам соединительной  
ткани относят: хондроитинсульфат  
и гиалуроновую кислоту (кислые  
мукополисахариды).**

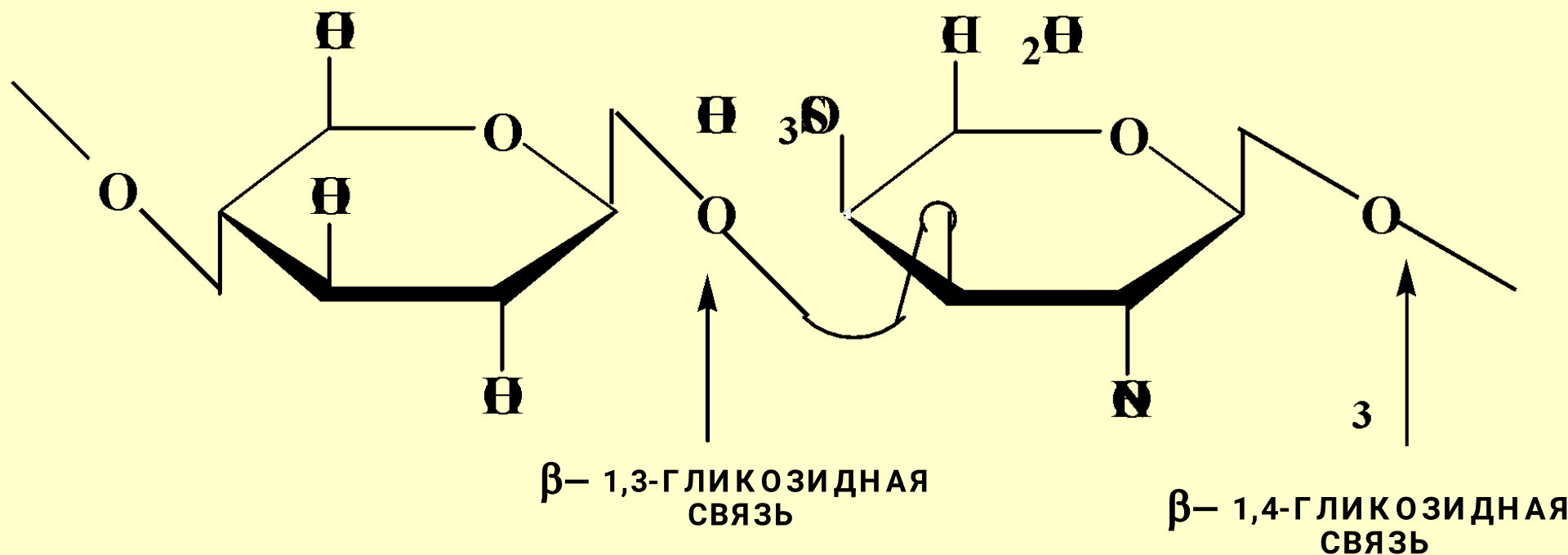
**Соединительная ткань  
распределена по всему организму –  
кожа, хрящи, сухожилия, суставная  
жидкость, роговица глаза, стенки  
кровеносных сосудов**



**Хондроитинсульфат** – содержится в  
коже, хрящах, сухожилиях

**Хондроитинсульфаты** состоят из  
дисахаридных блоков, связанных  
 **$\beta$ -1,4-гликозидными** связями. В блоке  
один моносахарид – D-глюкуроновая  
кислота, второй – D-галактозамин,  
связаны между собой  **$\beta$ -1,3-**  
гликозидными связями

# Гетерополисахариды. Дисахаридный фрагмент хондроитинсульфата



**Хондроитинсульфаты в  
свободном виде в организме  
не встречаются, обычно  
связаны с белками в виде  
протеогликанов**

**Гиалуроновая кислота** построена из дисахаридных звеньев, соединенных  **$\beta$ -1,4-гликозидными** связями. В дисахаридном звене – один остаток – D-глюкуроновая кислота, второй – D-глюкозамин, ацилированный по аминогруппе. Между собой эти остатки связаны  **$\beta$ -1,3-гликозидной** связью



# **Гиалуроновая кислота**

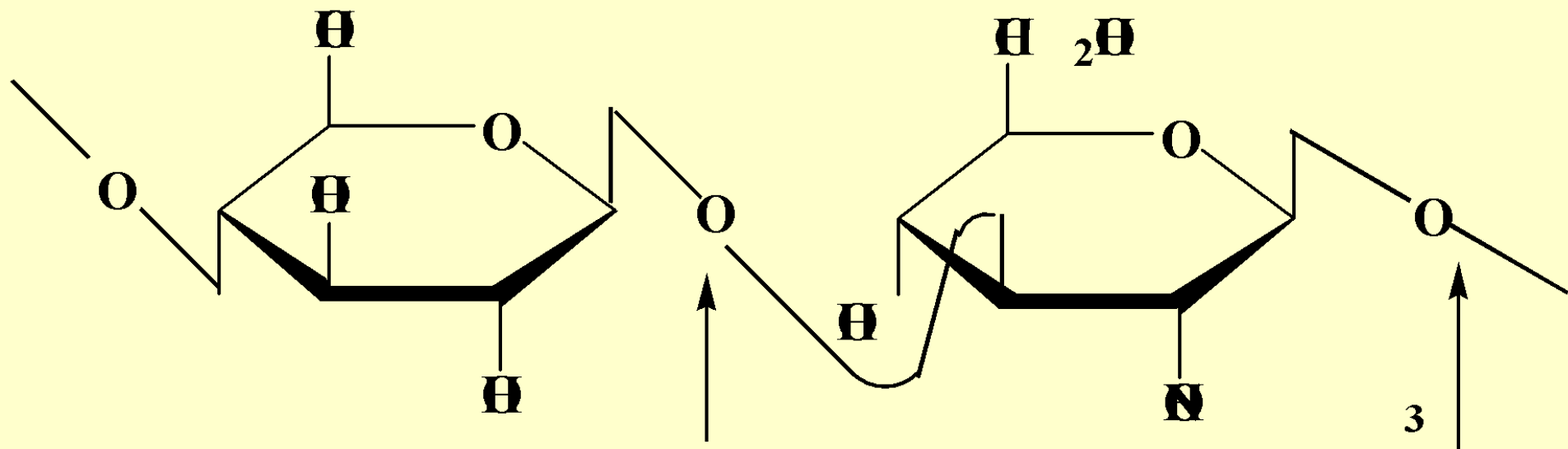
**содержится в стекловидном теле глаза, пуповине, хрящах, суставной жидкости, имеет высокую молекулярную массу  $\approx 10^6$ .**

**Регулирует распределение жизненно-важных веществ в тканях**

**Растворы  
гиалуроновой  
кислоты обладают  
высокой вязкостью,  
что и обеспечивает  
непроницаемость  
соединительной  
ткани для  
болезнетворных  
бактерий**



# Гетерополисахариды. Дисахаридный фрагмент гиалуроновой кислоты



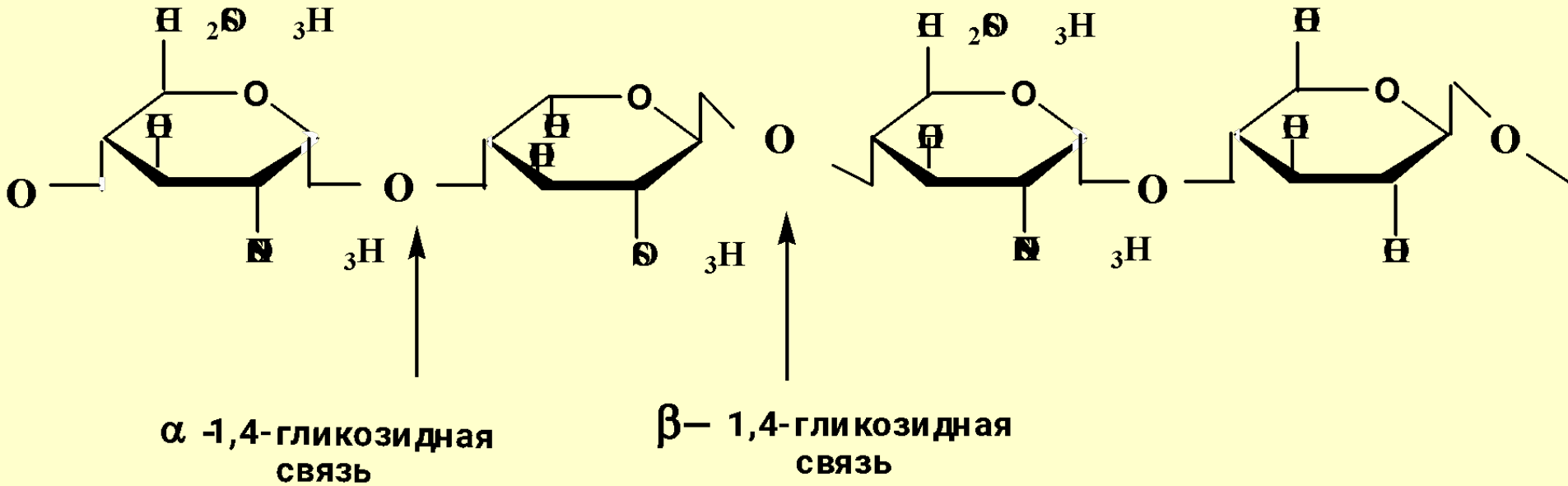
$\beta$ -1,3-гликозидная  
связь

$\beta$ -1,4-гликозидная  
связь

**Гепарин** – состоит из остатков дисахарид, один из моносахарид – D-глюкозамин (сульфированный по NH- и OH(6) группе), второй – D- или L-уроновые кислоты, соединенных  $\beta$ -1,4- или  $\alpha$ -1,4- гликозидными СВЯЗЯМИ



# Гетерополисахариды. Гепарин



**Благодарим  
за внимание !**

