

Углеводы

УГЛЕВОДЫ

УГЛЕВОДЫ

- ▶ Химия углеводов
- ▶ Классификация углеводов
- ▶ Функции углеводов в организме
- ▶ переваривание углеводов
- ▶ Всасывание моносахаридов
- ▶ Промежуточный обмен углеводов в организме
- ▶ Поступление глюкозы в клетки тканей
- ▶ Распад и синтез гликогена

Углеводы – полифункциональные соединения

Углеводы-это органические вещества, молекулы которых состоят из атомов углерода, водорода и кислорода, причем водород и кислород находятся в них, как правило, в таком же соотношении, как и в молекуле воды (2:1).

Общая формула углеводов



► Было установлено, что имеются углеводы, в молекулах которых не соблюдается указанное соотношение (2:1), например:

дезоксирибоза - $C_5H_{10}O_4$. Известны также органические соединения, состав которых соответствует приведенной общей формуле, но которые не принадлежат к классу углеводов. К ним относятся, например, уже известные вам формальдегид CH_2O и уксусная кислота CH_3COOH .

Историческая справка

- ▶ Углеводы используются с глубокой древности - самым первым углеводом (точнее смесью углеводов), с которой познакомился человек, был мёд.
- ▶ Родиной сахарного тростника является северо-западная Индия-Бенгалия.
- ▶ Европейцы познакомились с тростниковым сахаром благодаря походам Александра Македонского в 327 г. до н.э.
- ▶ Крахмал был известен ещё древним грекам.

1. Свекольный сахар в чистом виде был открыт лишь в 1747 г. немецким химиком А. Маргграфом

2. В 1811 г. русский химик Кирхгоф впервые получил глюкозу гидролизом крахмала

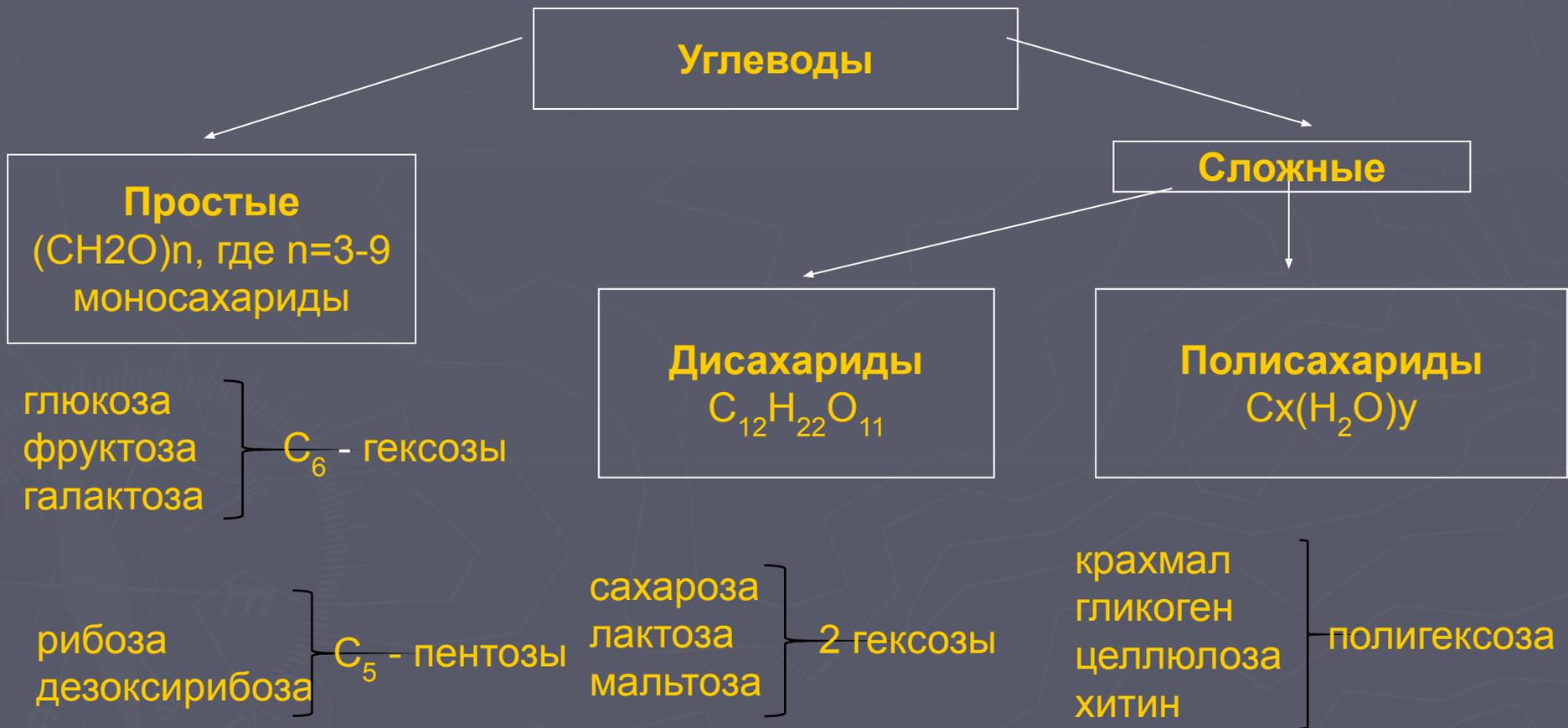
3. Впервые правильную эмпирическую формулу глюкозы предложил шведский химик

Я. Берцеллиус в 1837 г. $C_6H_{12}O_6$

4. Синтез углеводов из формальдегида в присутствии $Ca(OH)_2$ был произведён А.М. Бутлеровым в 1861 г.



Классификация углеводов



Чем больше молекулярная масса углеводов, тем меньше его растворимость и менее сладкий вкус.

Классификация углеводов

Моносахариды

- Глюкоза
(виноградный сахар)
 - Фруктоза
 - Рибоза
- $C_6H_{12}O_6$
(не гидролизуются)

- Сахароза
 - Лактоза
 - Мальтоза
 - Целлобиоза
- $C_{12}H_{22}O_{11}$
(гидролизуются на 2 молекулы моносахаридов)

олигосахариды

Дисахариды

Гомополисахариды:

- Крахмал
- Целлюлоза
- Гликоген
($C_6H_{10}O_5$)_n
(гидролизуются на большое количество молекул моносахаридов)

Полисахариды

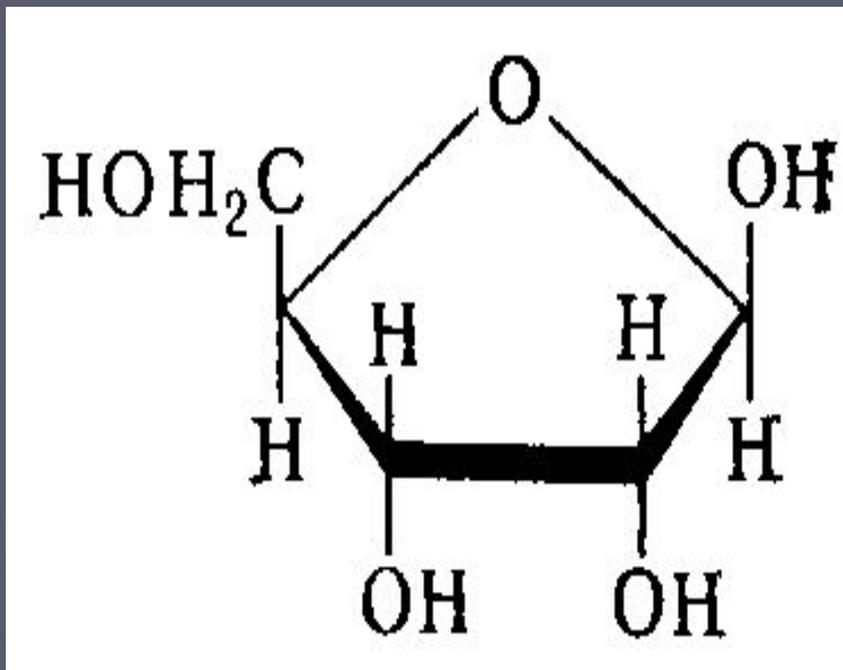
Гетерополисахариды:

- Гепарин
- Гиалуроновая кислота , хондроитинсульфаты
($C_6H_{10}O_5$)_n
(гидролизуются на большое количество молекул моносахаридов)

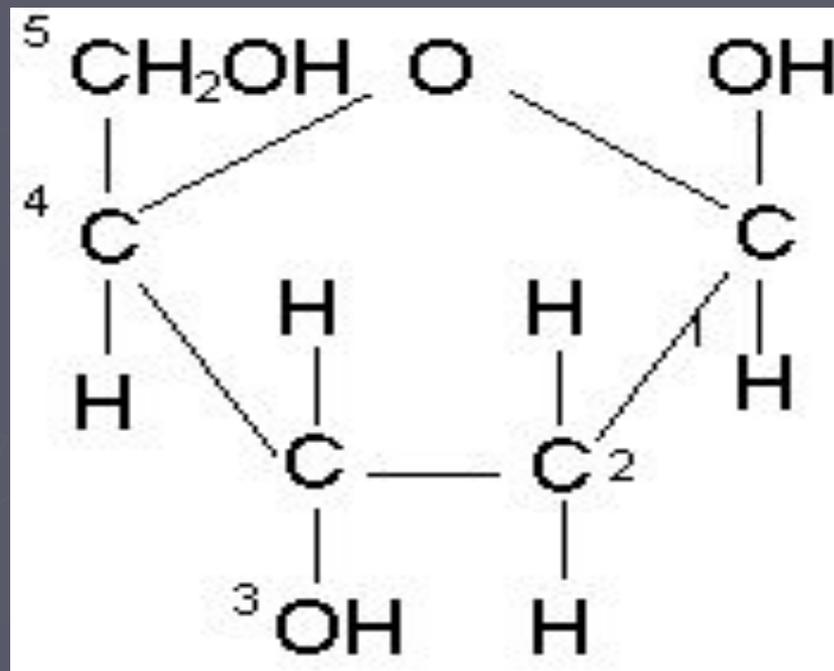
Моносахариды

- ▶ **Моносахариды** - это углеводы, которые не могут быть гидролизованы до более простых форм. В организме человека присутствуют как правило D – формы моносахаридов.
- ▶ В зависимости от числа атомов углерода моносахариды подразделяются на **триозы** (молекулы которых содержат три углеродных атома), **тетрозы** (четыре углеродных атома), **пентозы** (пять), **гексозы** (шесть) и тд. В природе моносахариды представлены преимущественно **пентозами и гексозами**. К пентозам относятся, например, **рибоза** – $C_5H_{10}O_5$ и **дезоксирибоза** (рибоза, у которой “отняли” атом кислорода) – $C_5H_{10}O_4$. Они входят в состав РНК и ДНК.

Моносахариды - пентозы

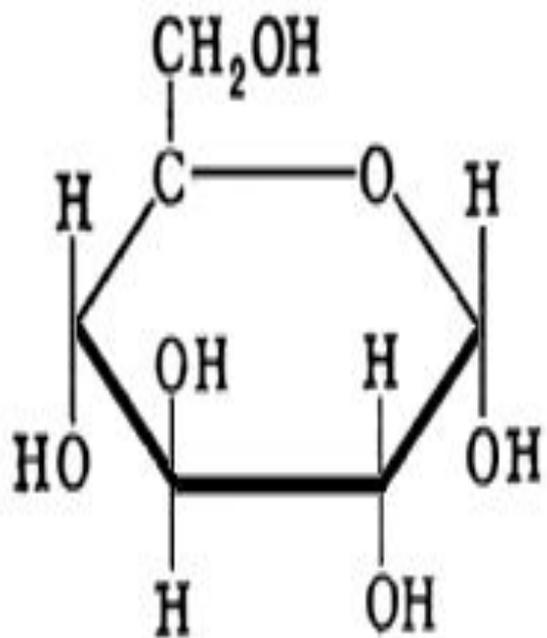


Рибоза

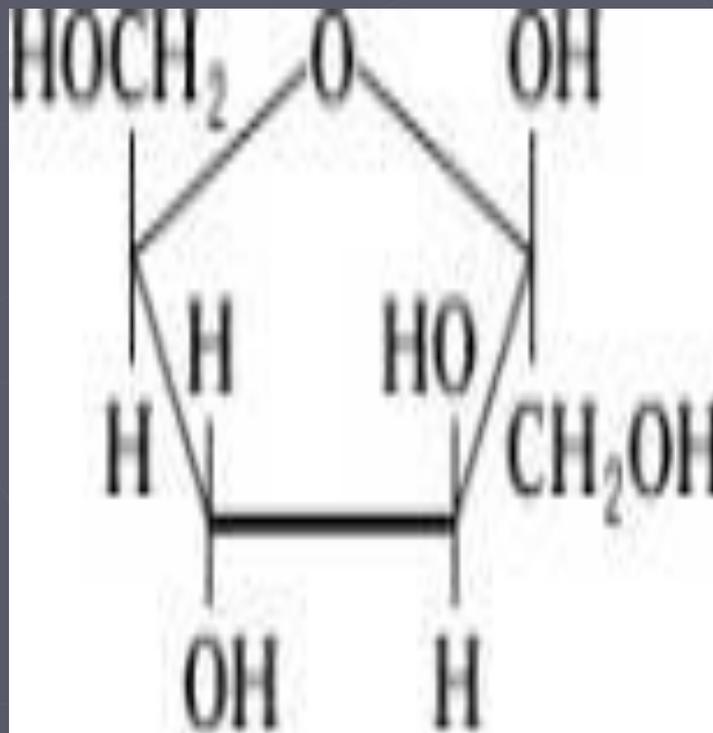


Дезоксирибоза

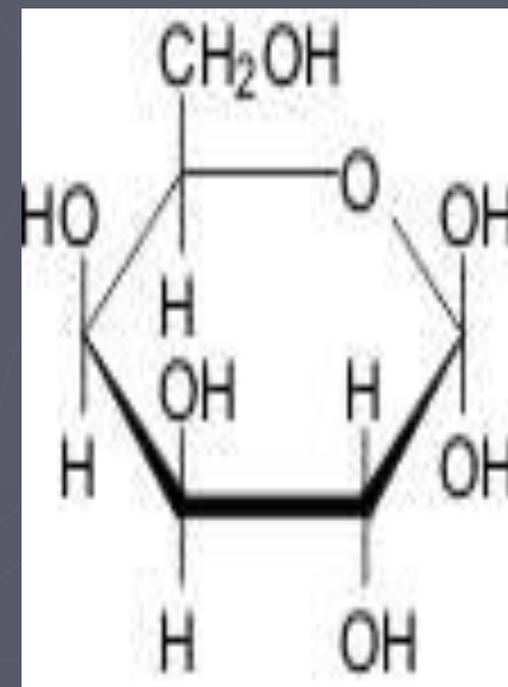
Моносахариды - гексозы



Глюкоза



Фруктоза



Галактоза

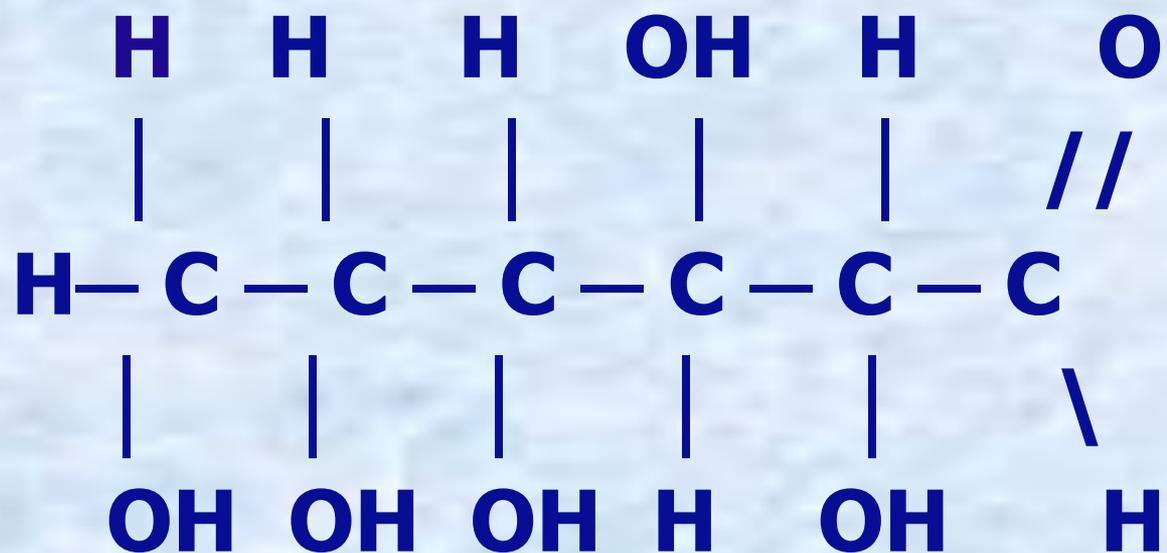
Химические свойства моносахаридов

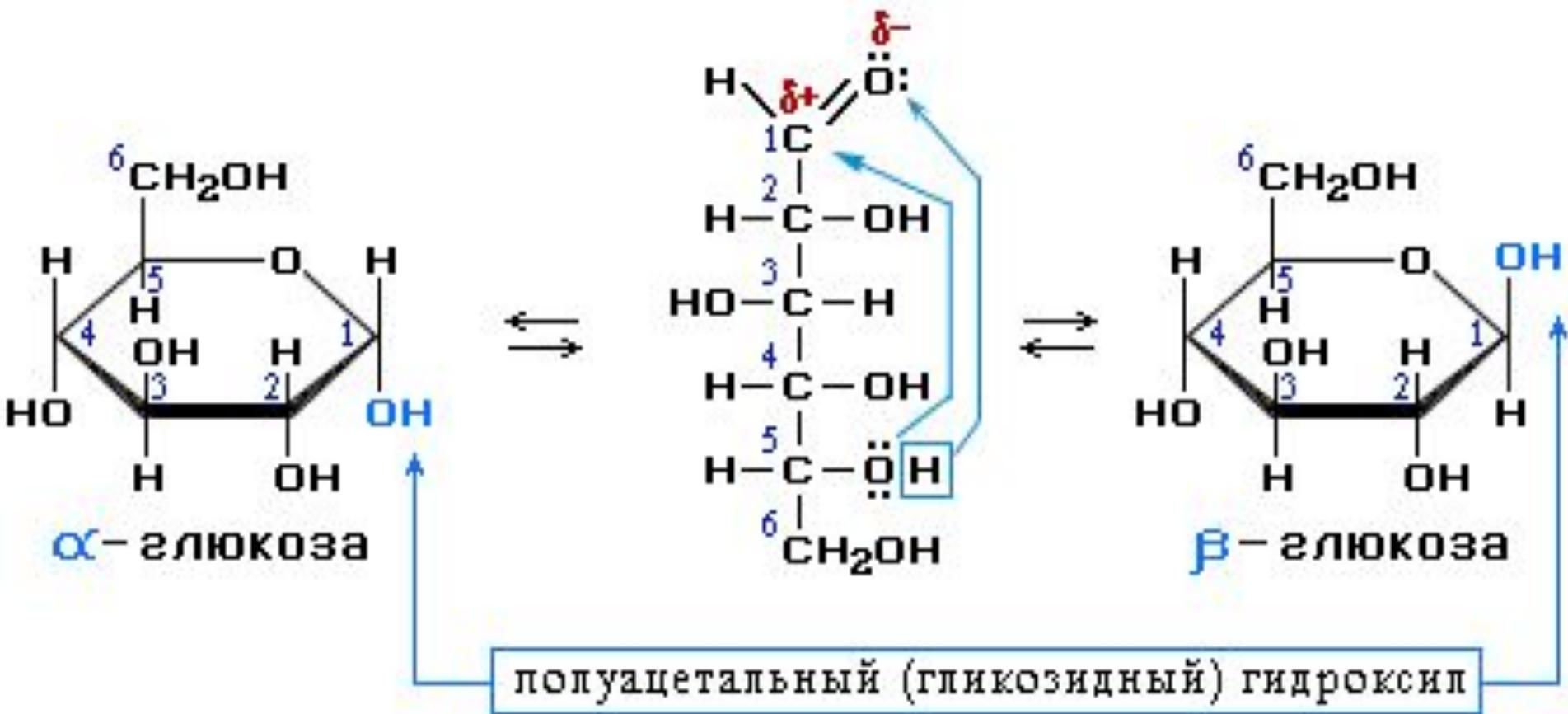
- ▶ 1. Окисление до моно-, дикарбоновых, гликуроновых кислот
- ▶ 2. Восстановление до спиртов
- ▶ 3. Образование сложных эфиров
- ▶ 4. Брожение спиртовое, молочнокислое, лимоннокислое и маслянокислое.

Физические свойства глюкозы

- ▶ Твердое, кристаллическое вещество
- ▶ Без цвета
- ▶ Имеет сладковатый вкус
- ▶ Хорошо растворимо в воде, характер среды - *нейтральный*

Структурная формула

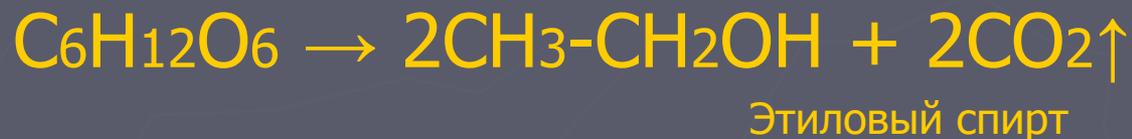




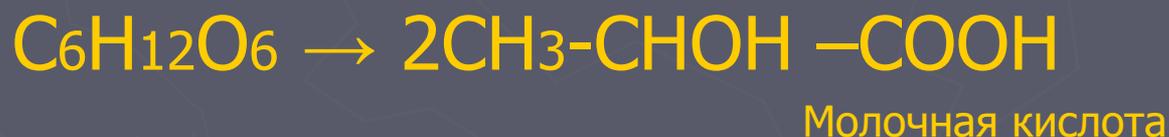
1. Глюкоза является бифункциональным соединением – альдегидоспиртом
2. Глюкоза также существует в виде циклических форм

Специфические свойства глюкозы

1) спиртовое брожение



2) молочнокислое брожение



3) маслянокислое брожение



4) Полное окисление

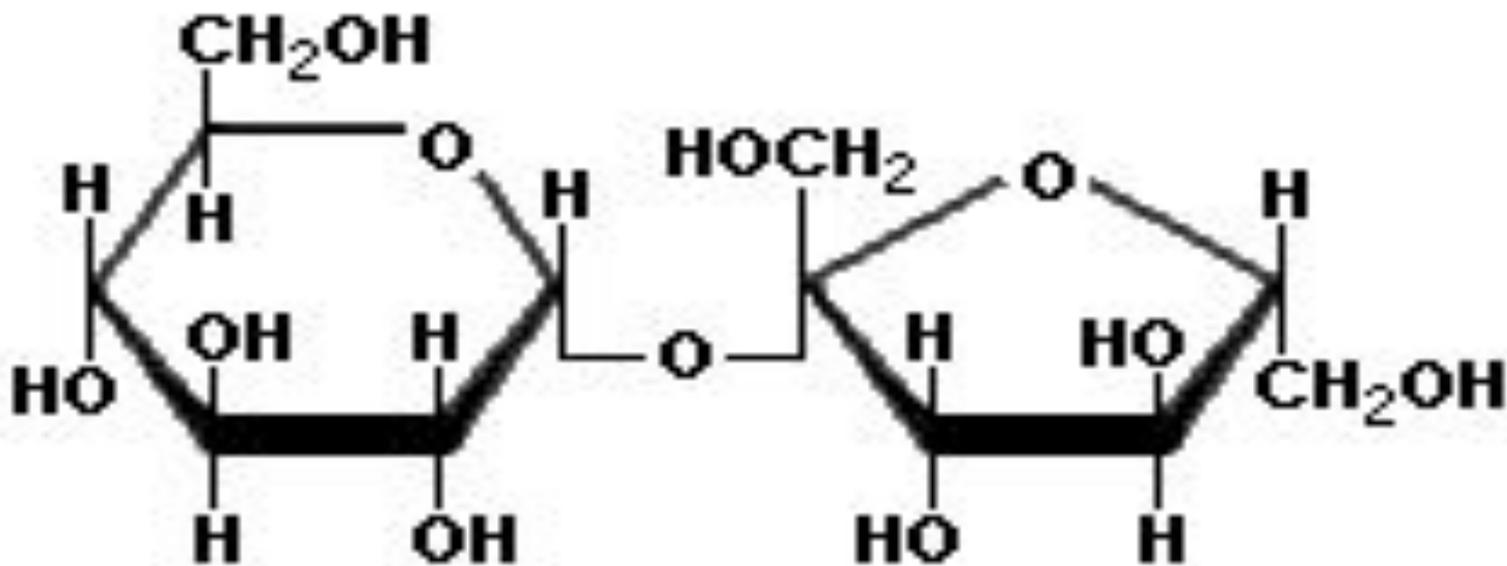


Дисахариды

- ▶ Сахароза (обычный пищевой сахар).

Она содержится в большом количестве сахарной свекле, сахарном тростнике.

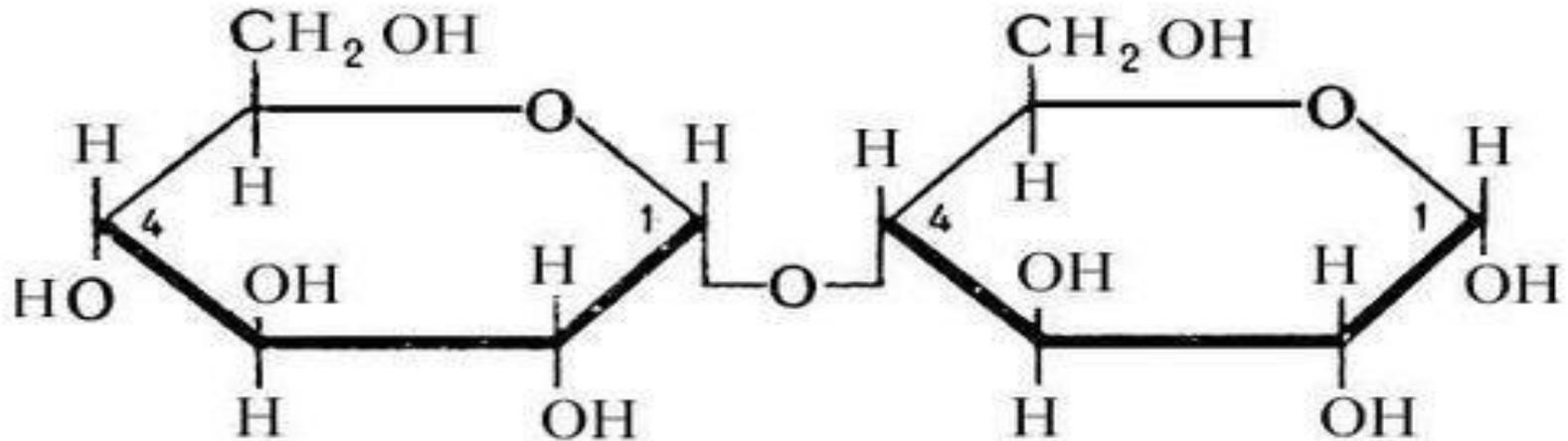
Сахароза состоит из остатков α -глюкозы и β -фруктозы, соединенных α, β -1,2-О-гликозидной связью, не обладает восстанавливающей способностью.



Мальтоза

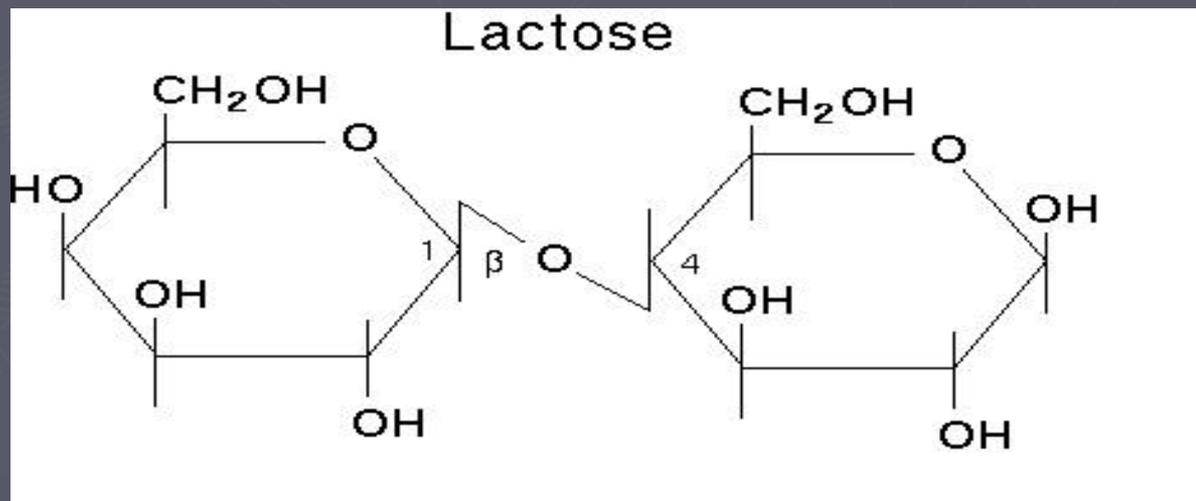
- ▶ Мальтоза (солодовый сахар). Состоит из двух α -глюкоз, соединенных α , α -1,4-О-гликозидной связью. Обладает способностью восстановления

Мальтозу можно получить при гидролизе крахмала под действием ферментов, содержащихся в солоде.



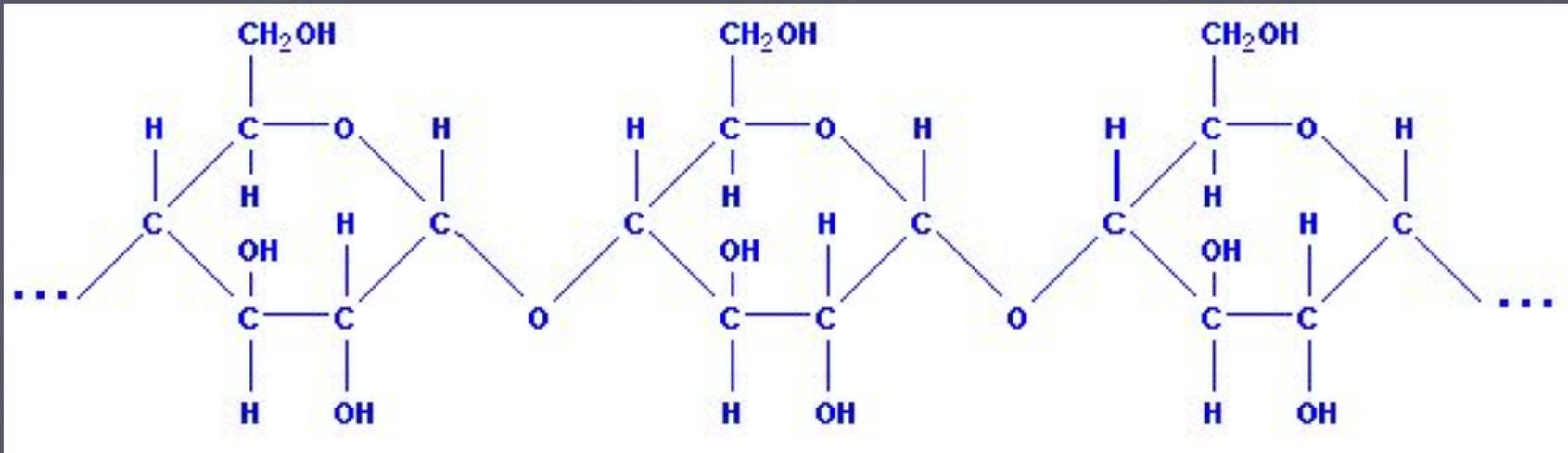
Лактоза

- ▶ Лактоза (молочный сахар), которая гидролизуется с образованием молекулы глюкозы и галактозы. Она содержится в молоке млекопитающих (до 4 – 6%), обладает не высокой сладостью и используется как наполнитель в драже и аптечных таблетках.

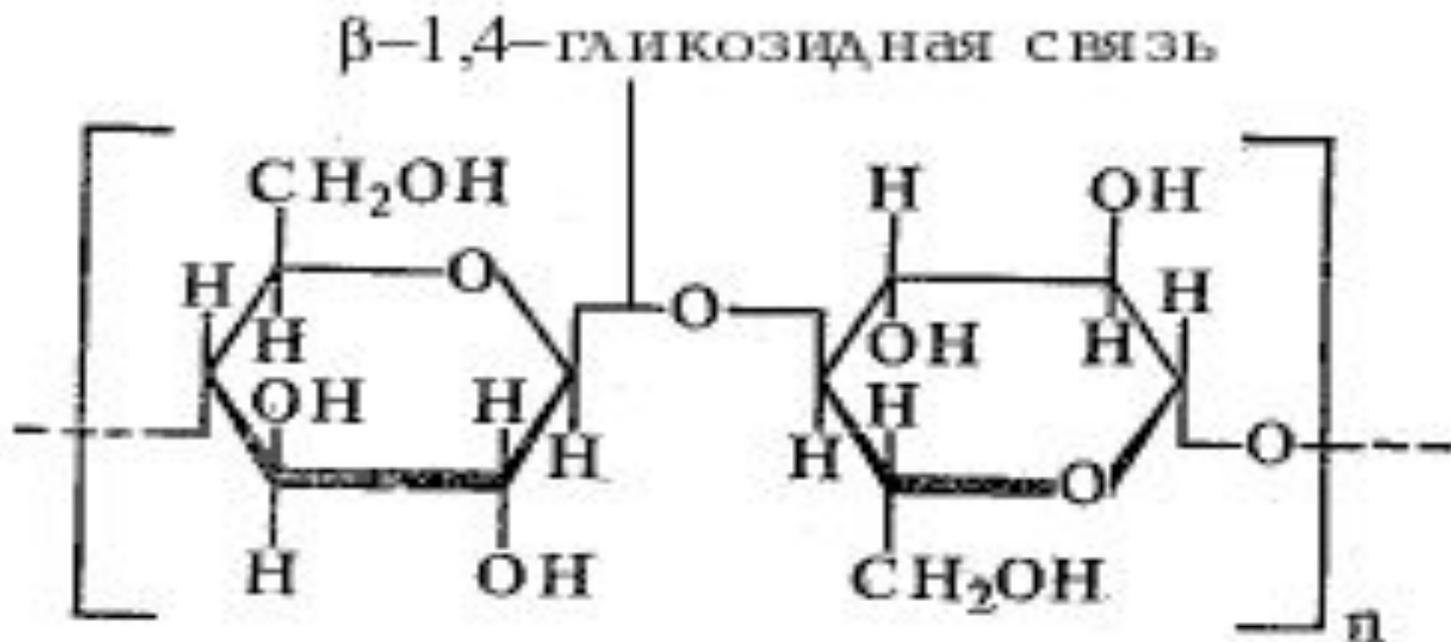


Полисахариды, гомополисахариды.

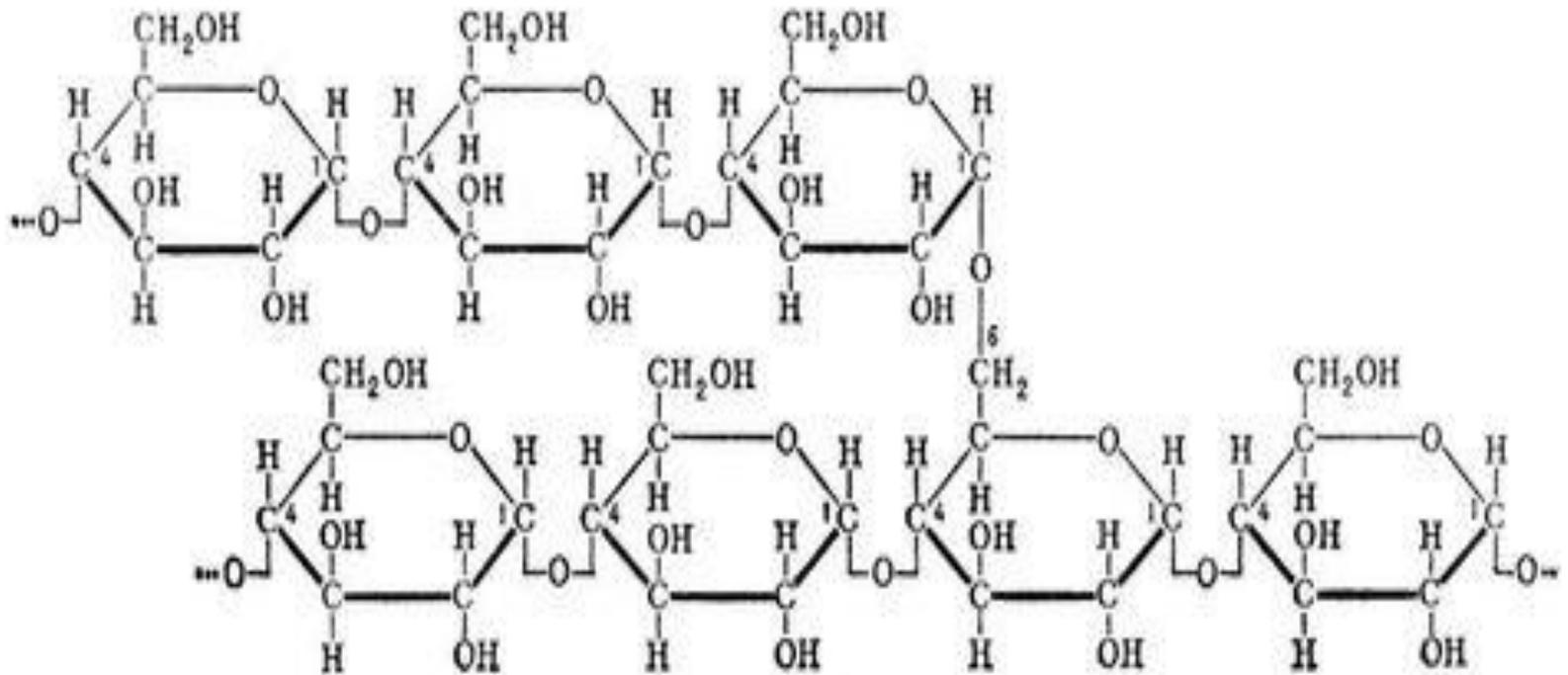
Крахмал – резервный полисахарид многих растений. В промышленности его получают из картофеля. Это белый порошок. Полимер α -глюкозы.



Целлюлоза (клетчатка) – широко распространена в природе: из неё построены ткани растений. Вата, фильтровальная бумага – наиболее чистые формы целлюлозы (до 96%). Составная часть древесины – целлюлоза. Линейный полимер β -глюкозы.



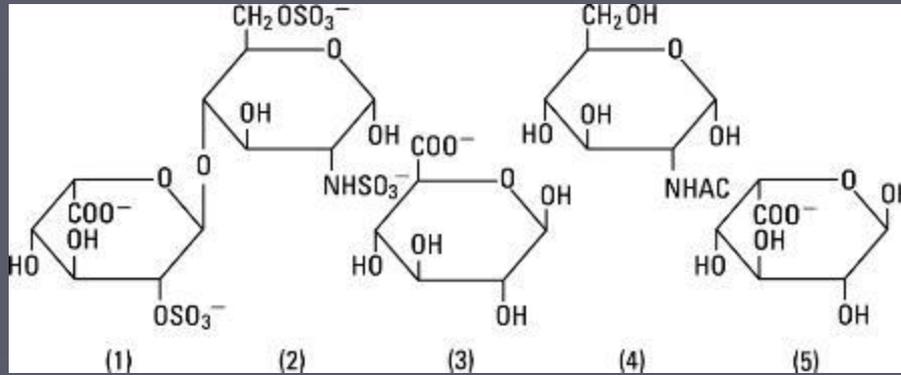
Гликоген — животный крахмал, состоящий из α-глюкозы, в виде которого углеводы запасаются в организме. Гликоген характеризуется более разветвленной структурой, чем другие полисахариды



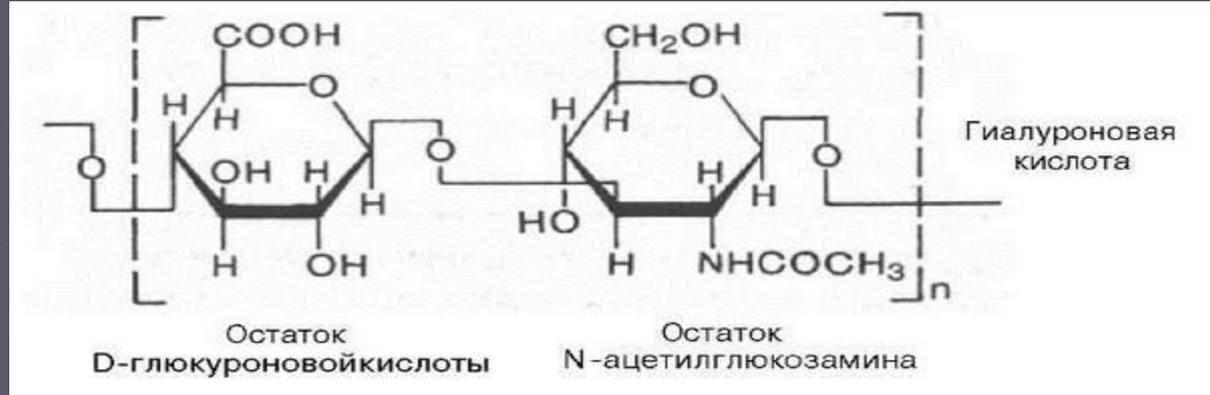
Полисахариды, гетерополисахариды. (мукополисахариды или гликозаминогликаны)

- ▶ Гепарин – полимер, мономер которого содержит в своем составе остатки D-глюкоронат-2-сульфата и N-ацетилглюкозамин-6-сульфата, участвует в антисвертывающей системе крови, активирует липазу.
- ▶ Глюкуроновая кислота – представляет полимер, мономер которого состоит из остатков D-глюкуроновой кислоты и N-ацетилглюкозамина. Она входит в состав соединительной ткани и участвует в регуляции ее проницаемости
- ▶ Хондроитин -4- сульфат и Хондроитин -6- сульфат – полимеры, мономеры которых состоят из остатков D-глюкуроновой кислоты и N-ацетилгалактозамина. Входят в основной состав хряща.

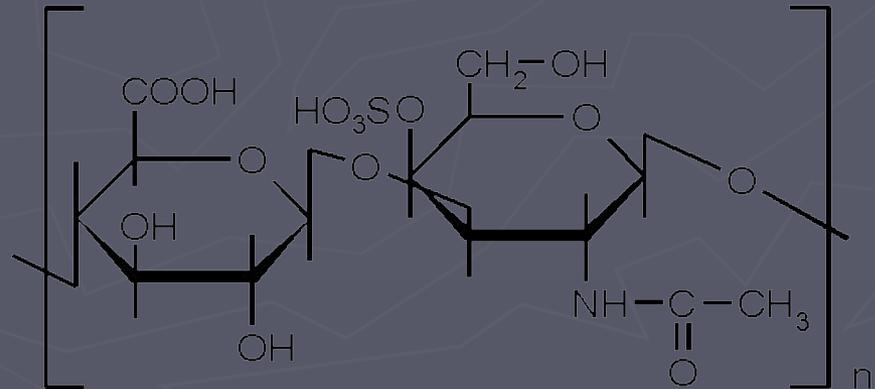
- Гепарин



- Гиалуроновая кислота



- хондроитинсульфат



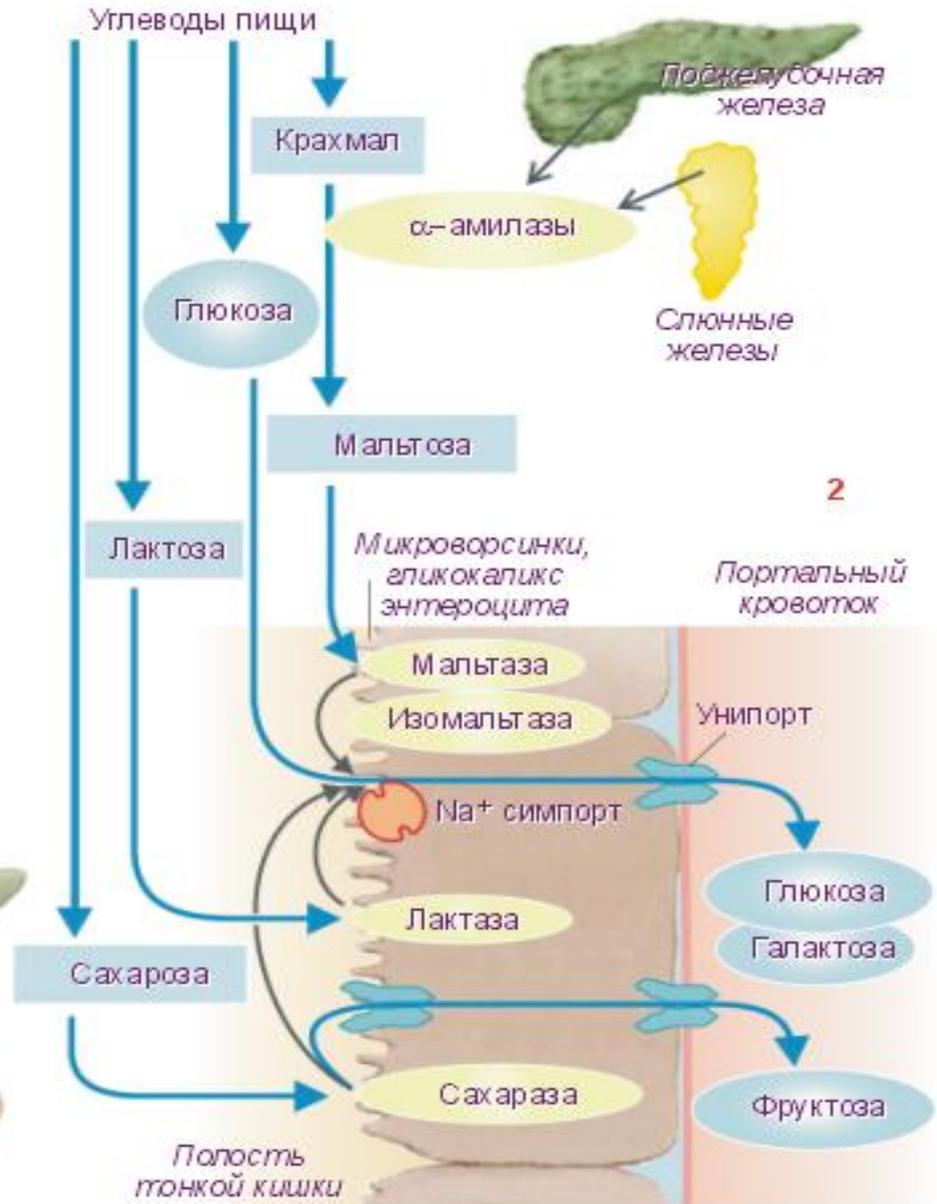
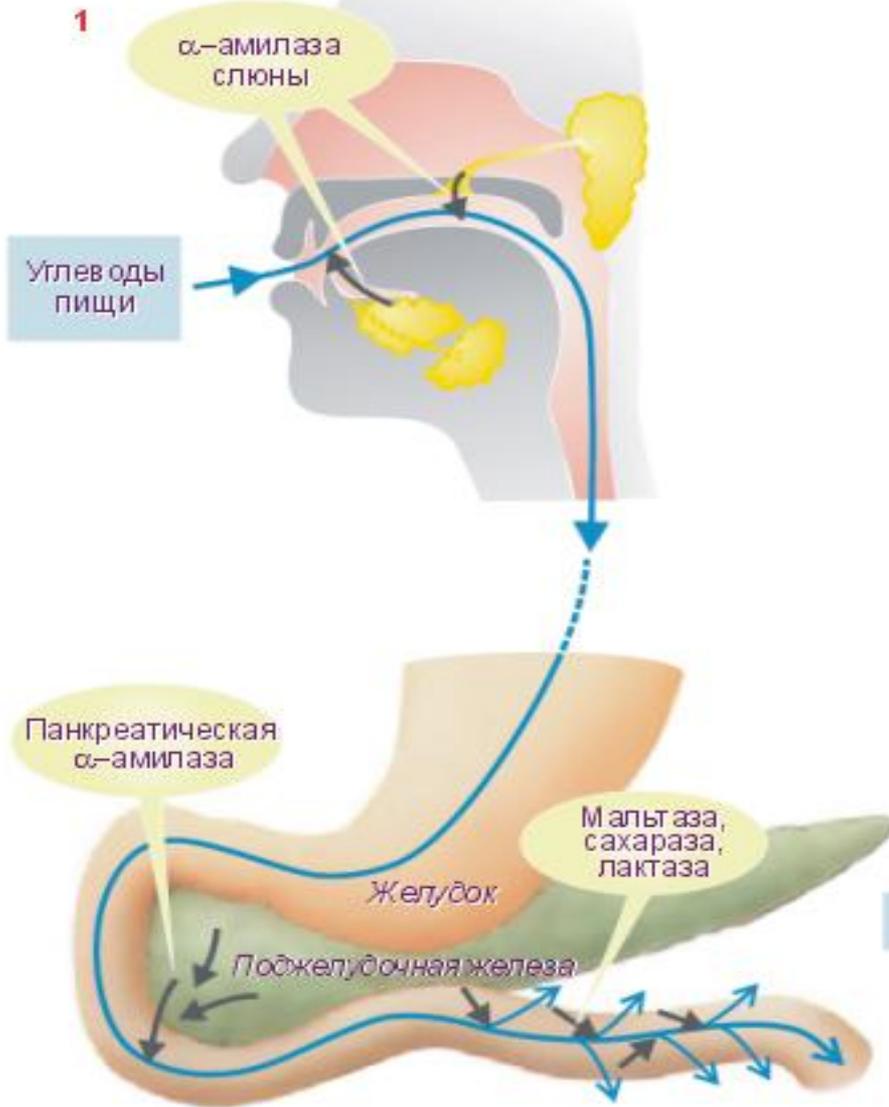
Функции углеводов

1. **Энергетическая** (глюкоза, гликоген)
2. **Структурная** (хондроитинсульфаты, гиалуроновая кислота, и др.)
3. **Защитная** (синтез иммунных тел в ответ на антигены).
4. **Гемостатическая** (факторы свертывания крови)
5. **Антисвертывающая** (гепарин)
6. **Гомеостатическая** (поддержание гомеостаза – водно-электролитный обмен)
7. **Опорная** (кости, хрящи и хондроитинсульфаты)
8. **Механическая** (в составе соединительной ткани)
9. **Группоспецифические** вещества эритроцитов крови
10. **Осморегуляторная** (глюкоза)
11. **Обезвреживающая** (парные глюкуроновые кислоты)
12. **Антилипидемическая** (гепарин)

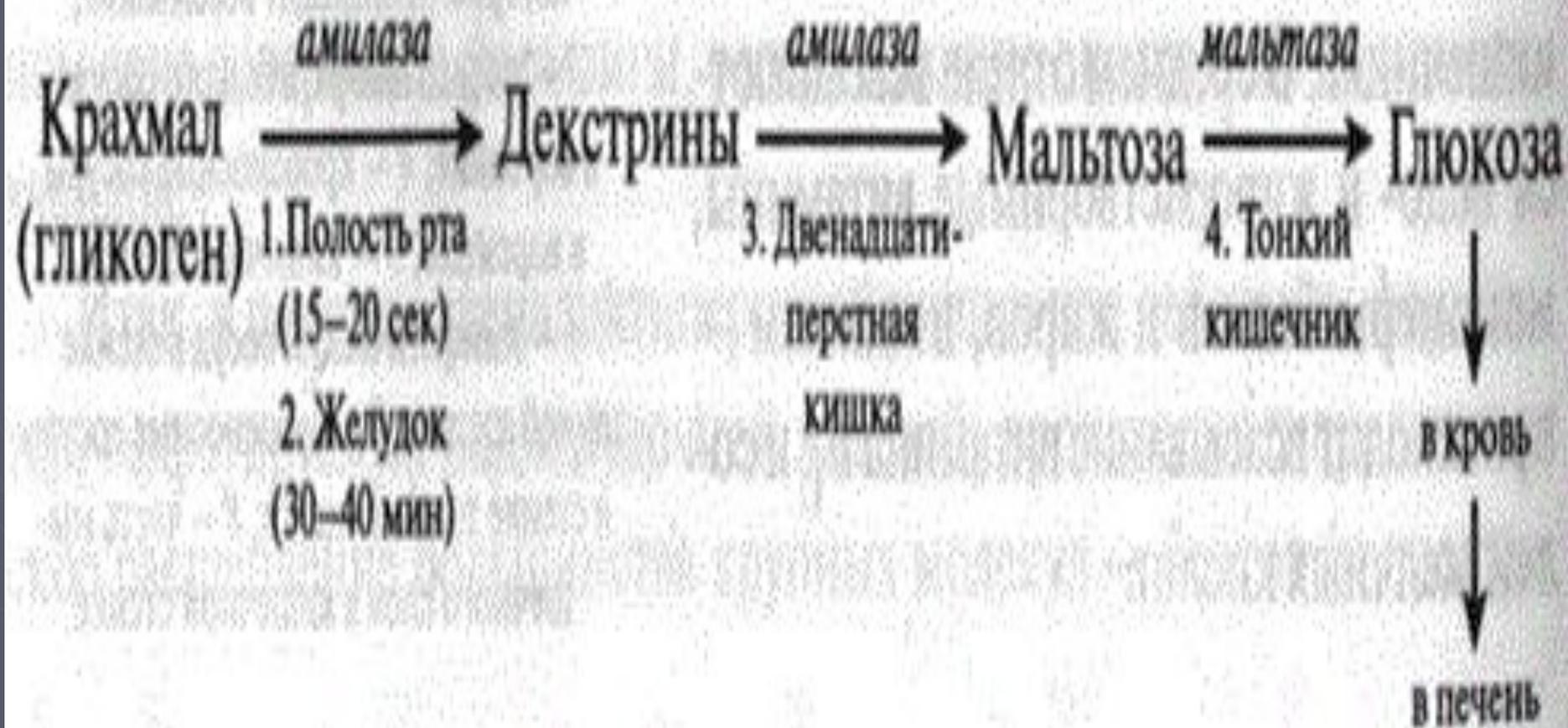
На долю углеводов приходится около 80% сухого вещества растений и около 20% животных.

Пища человека состоит примерно на 70% из углеводов.

Переваривание углеводов

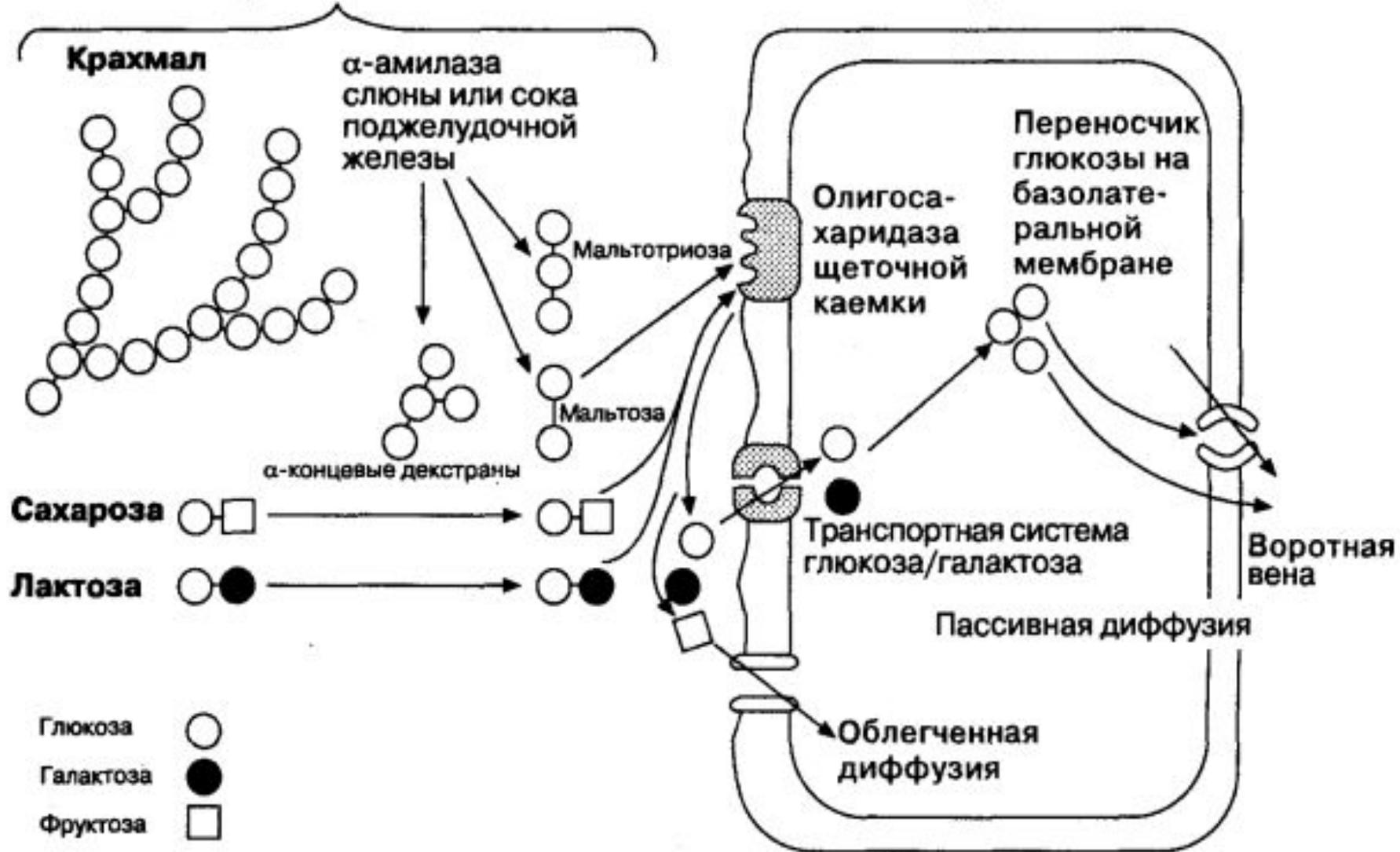






Просвет кишки

Энтероцит



Всасывание моносахаридов из тонкого кишечника крыс [по Болдуину Э., 1949]

Сахар	Относительная скорость всасывания
D-галактоза	110
D-глюкоза	100
D-фруктоза	43
D-манноза	19
L-ксилоза	15
L-арабиноза	9

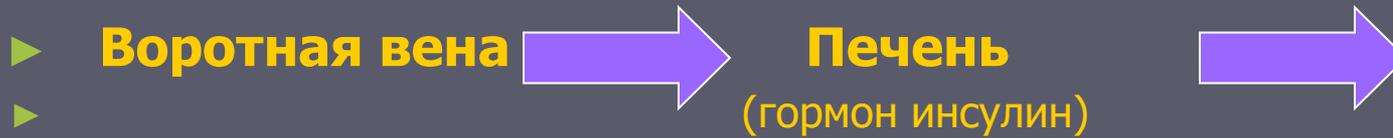
Промежуточный обмен углеводов в организме.

- ▶ 1. Поступление глюкозы в клетки тканей.
 - ▶ 2. Биосинтез гликогена в печени и мышцах
 - ▶ 3. Распад гликогена в печени и мышцах
 - ▶ 4. Дихотомический путь распада глюкозы – гликолиз
 - ▶ 5. Апотомический путь распада глюкозы – пентозофосфатный путь
 - ▶ 6. Биосинтез глюкозы из неуглеводных компонентов – глюконеогенез
 - ▶ 7. Цикл трикарбоновых кислот
 - ▶ 8. Окислительное фосфорилирование
-
- ▶ С 1 по 6 пункт – специфические пути обмена глюкозы
 - ▶ С 7 по 8 пункт – общий путь терминального окисления

Поступление глюкозы в клетки

- В большинстве тканей, за исключением мозга, кишечника и почек, этот процесс зависит от присутствия инсулина.
- Секреция инсулина прежде всего определяется концентрацией глюкозы в крови: если уровень глюкозы ниже 3,3 ммоль/л (60 мг на 100 мл), инсулин вовсе не выделяется, а по мере превышения этого порога инсулин выделяется во все больших количествах. Вследствие этого во время дефицита глюкозы (менее 3,3 ммоль/л, т. е. 60 мг/100 мл крови) имеющийся минимум глюкозы не может попасть в клетки, зависимые от инсулина, поэтому глюкоза сберегается для таких тканей, как мозг, в которых утилизация глюкозы не зависит от инсулина и которые, кроме того, абсолютно не могут обходиться без глюкозы.
- Инсулин, помимо влияния на поступление глюкозы в клетки, стимулирует гликогенез и ингибирует гликогенолиз, что также направлено на снижение концентрации глюкозы в крови.

Судьба моносахаридов в организме.



Клетки мишени для инсулина все , кроме мозга

▶ **Кровь большого круга кровообращения (3,3-5,5 ммоль/л)**

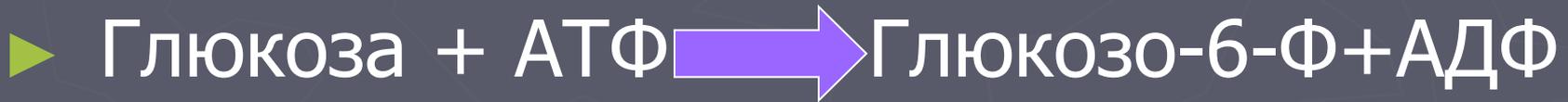
▶ На высоте пищеварения алиментарная гипергликемия в течение 1-1,5 часа



▶ **Скелетные мышцы Мозг Почки Сердце Жировая ткань**

В клетках печени:

- ▶ Реакция фосфорилирования глюкозы:



- ▶ Глюкокиназа

- ▶ (низкое сродство к глюкозе, не ингибируется гл-6-ф)

В клетках всех тканей:

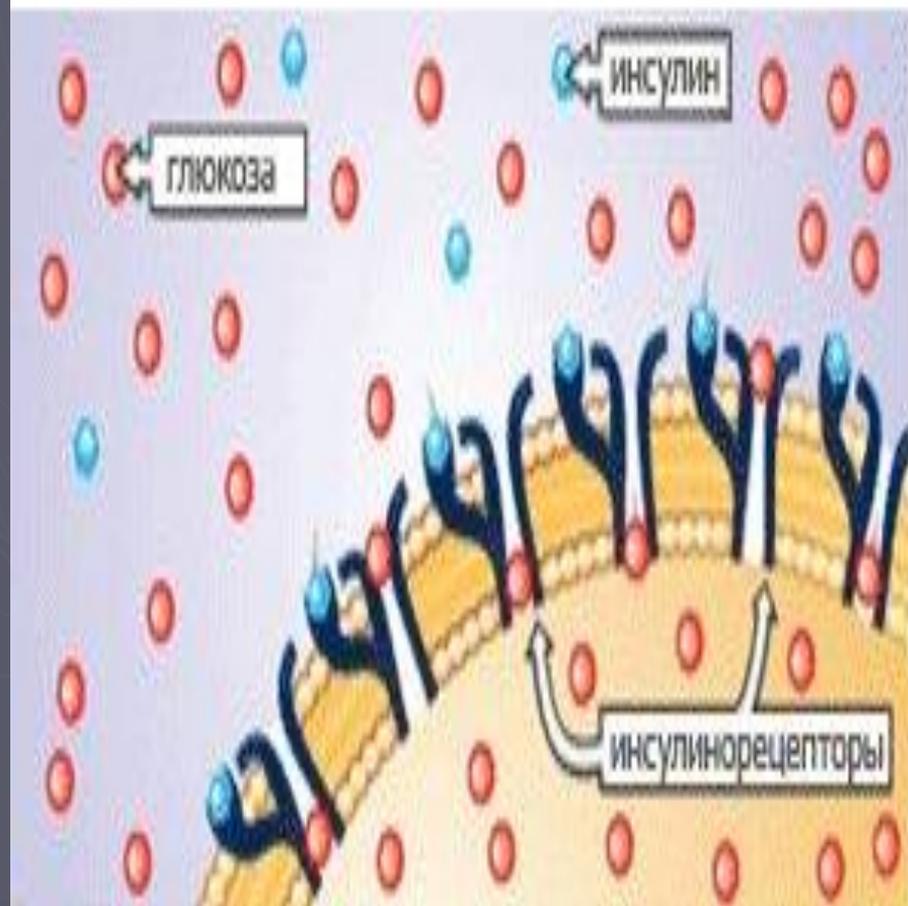
▶ Реакция фосфорилирования глюкозы:



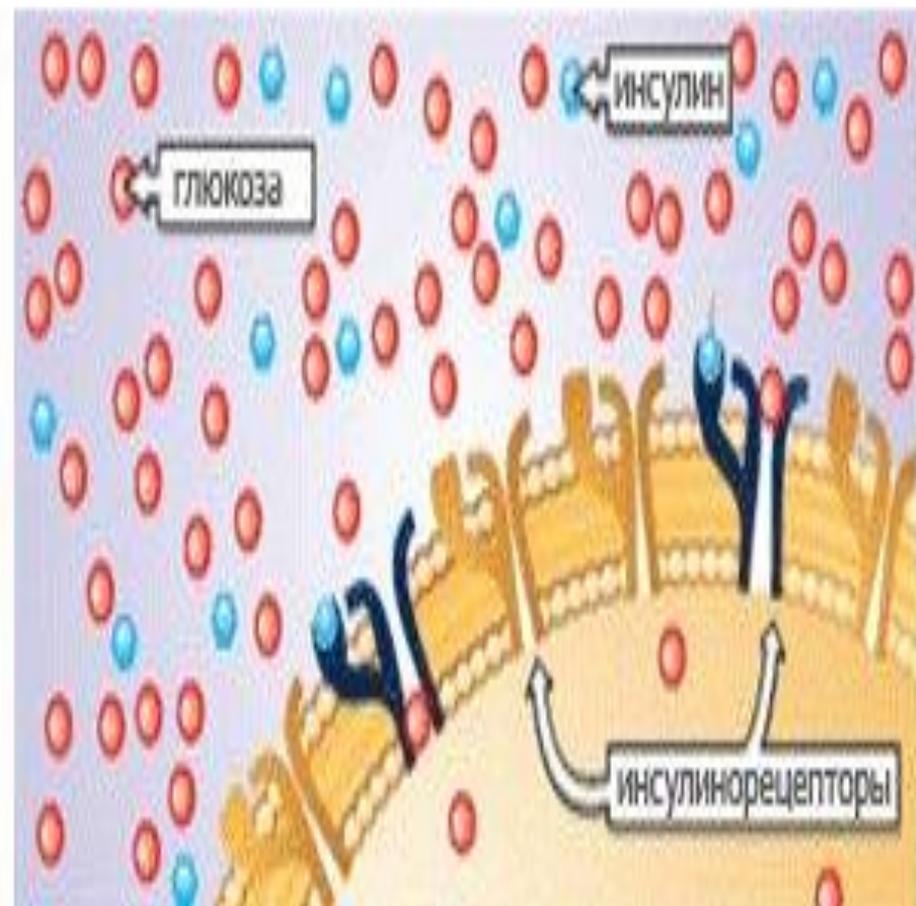
▶ Гексокиназа

▶ (высокое сродство к глюкозе, ингибируется гл-6-ф)

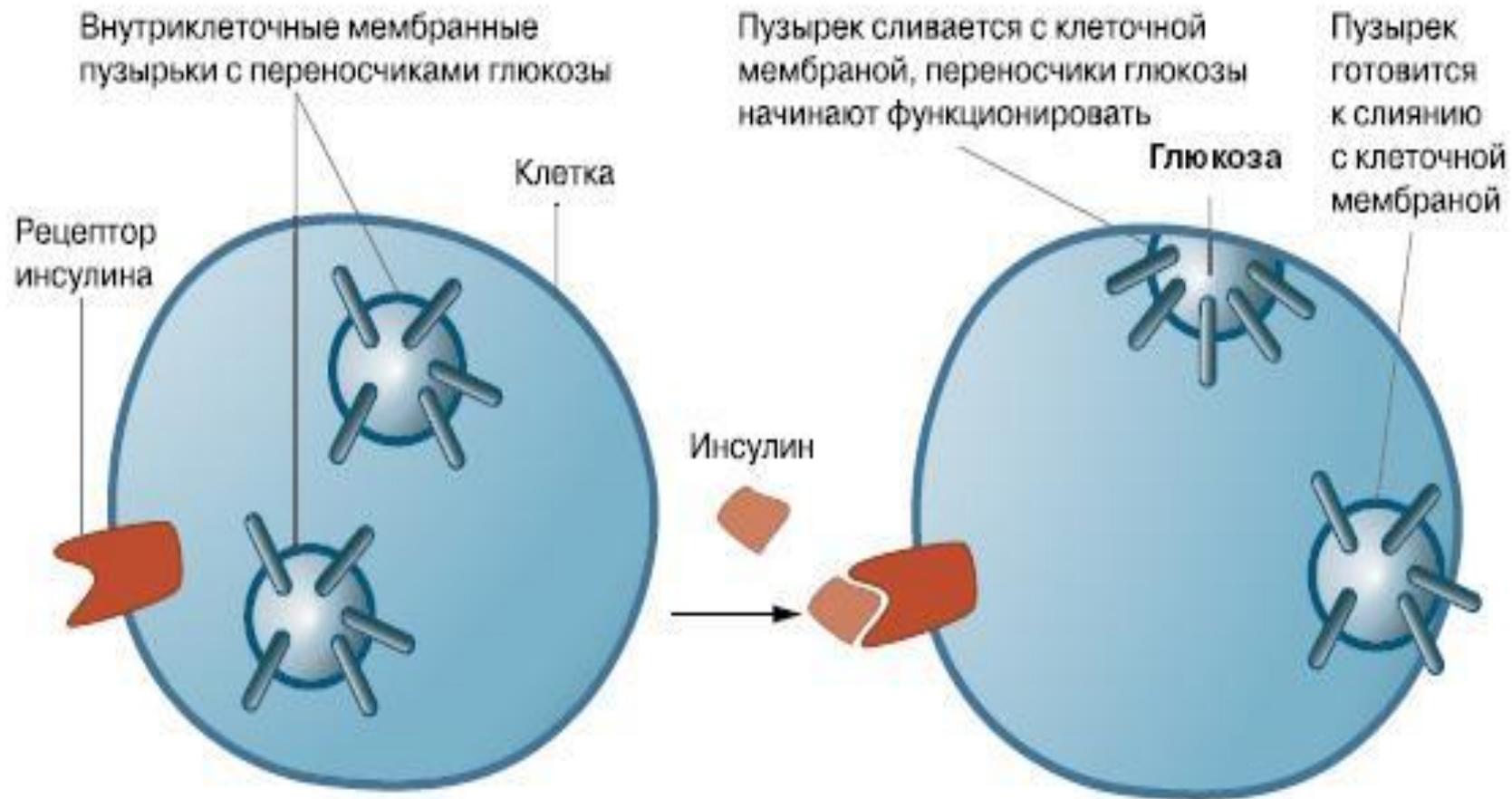
НОРМАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ



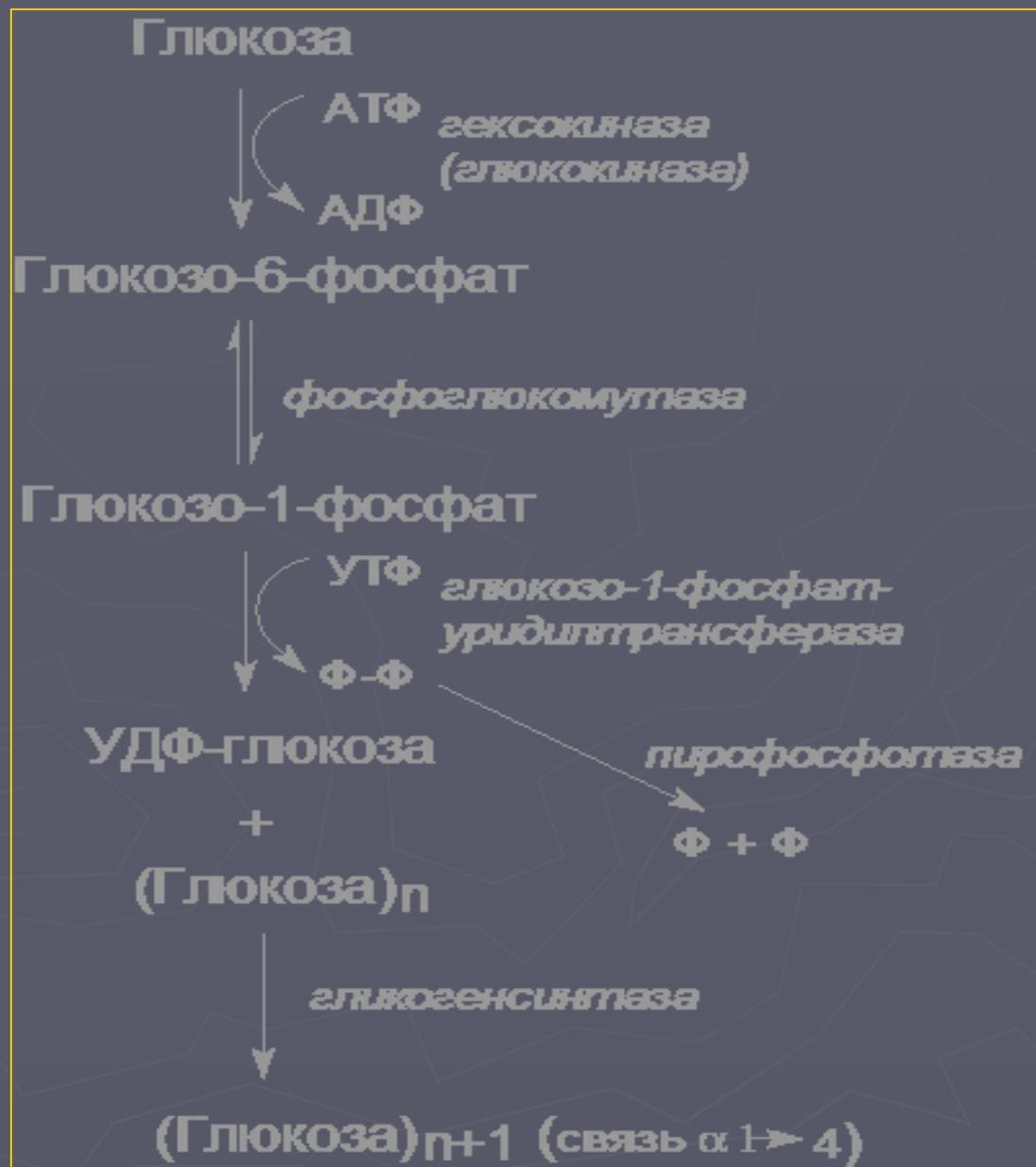
ИНСУЛИНОВАЯ РЕЗИСТЕНТНОСТЬ



Поступление глюкозы в клетку:



Биосинтез гликогена – гликогенез.



Количество гликогена

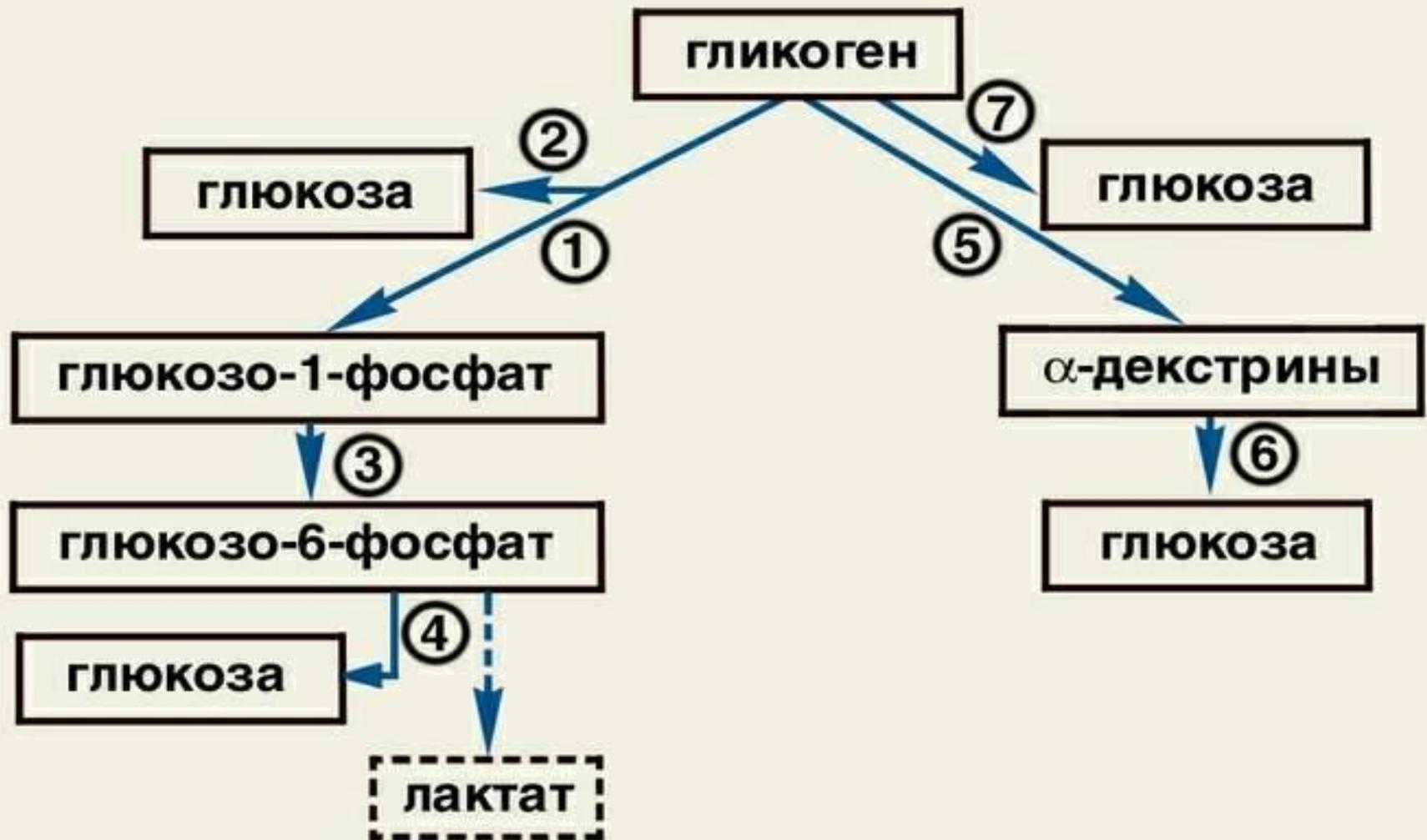
- **В печени:**

От 2% до 6 % веса печени

- **В мышцах:**

от 0,5 до 2% веса мышц

Распад гликогена в организме – гликогенолиз.



Спасибо за внимание!!!

