

Углеводы

1. Термин “углеводы” - (углерод и вода)
2. Углеводы (сахара) - обширная группа органических соединений, входящих в состав всех живых организмов, с общей формулой $C_n(H_2O)_n$ и представляющих собой альдегиды и кетоны многоатомных спиртов.

Углеводы.

Историческая справка.

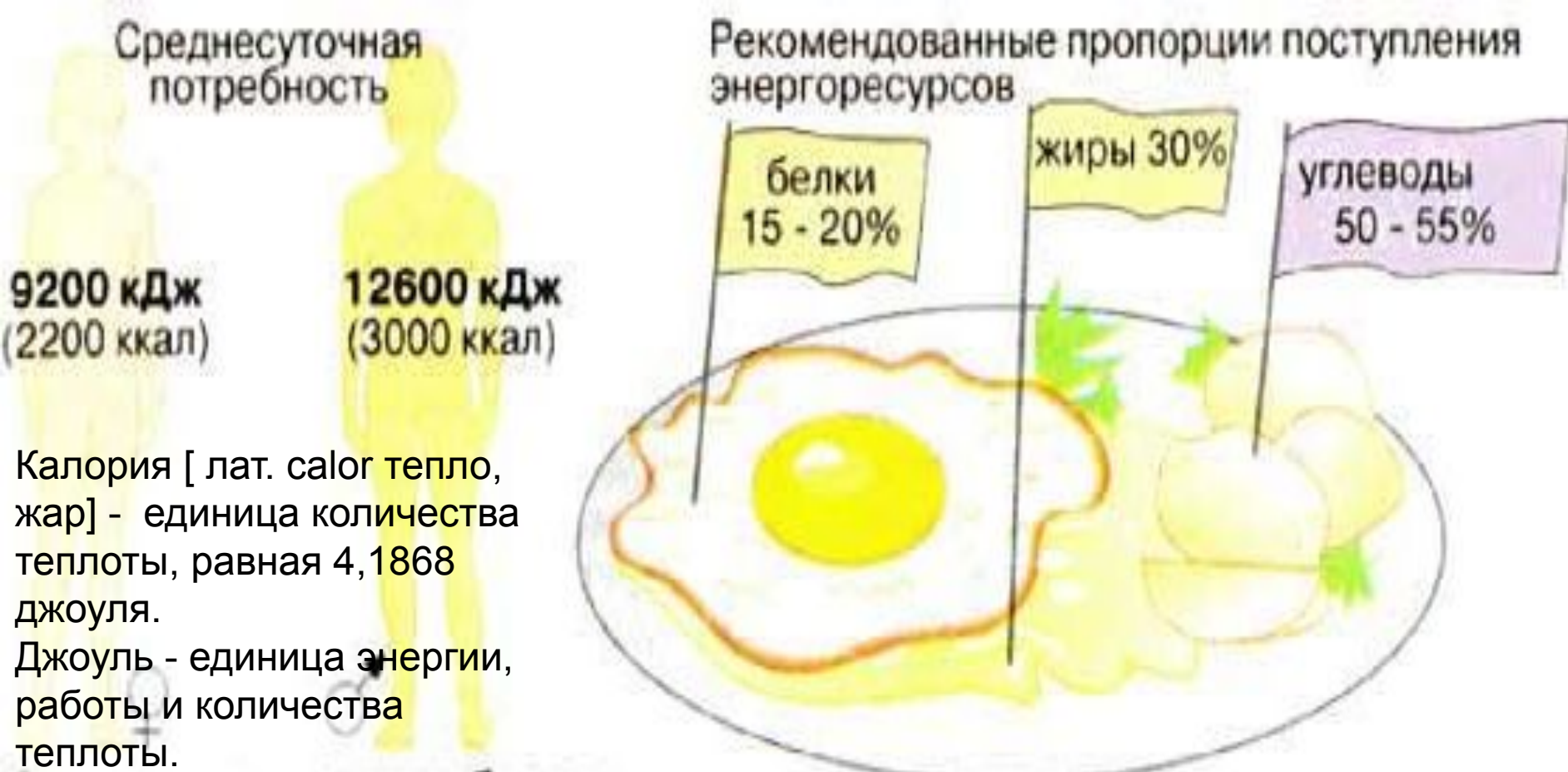
Углеводы используются с глубокой древности – самым первым углеводом (точнее смесью углеводов), с которым познакомился человек, был мед.

Содержание углеводов в клетках

- В растительных клетках: в листьях, плодах, семенах или клубнях картофеля – **90%** от массы сухого вещества
- В животных клетках – **1-2%** от массы сухого вещества

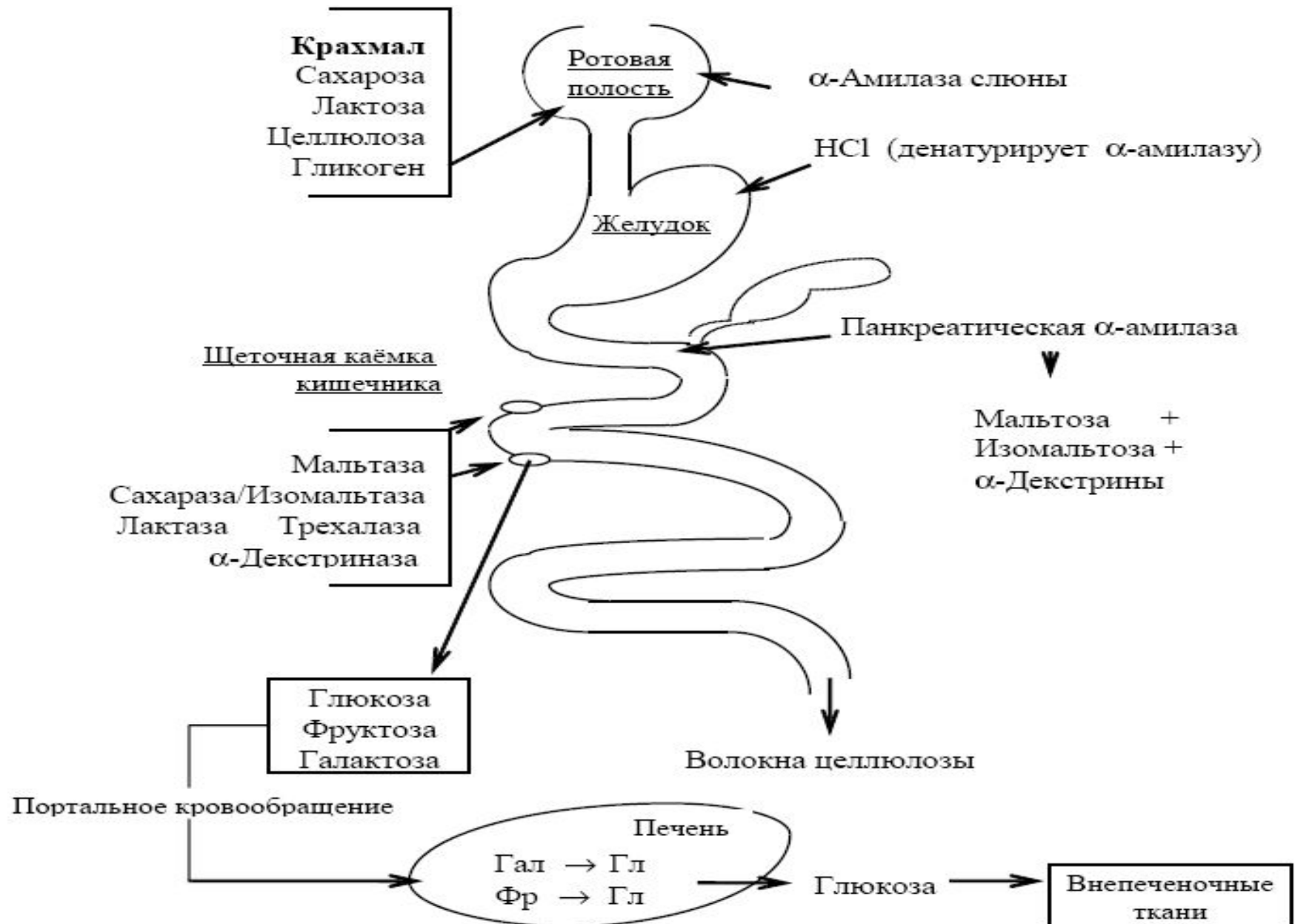
Калорийность пищевых продуктов

- **1 г углеводов - 4,1 ккал**
- **1 г чистой глюкозы - 3,75 ккал**
- **1 г белка - 4,1 ккал**
- **1 г жира - 9,3 ккал**

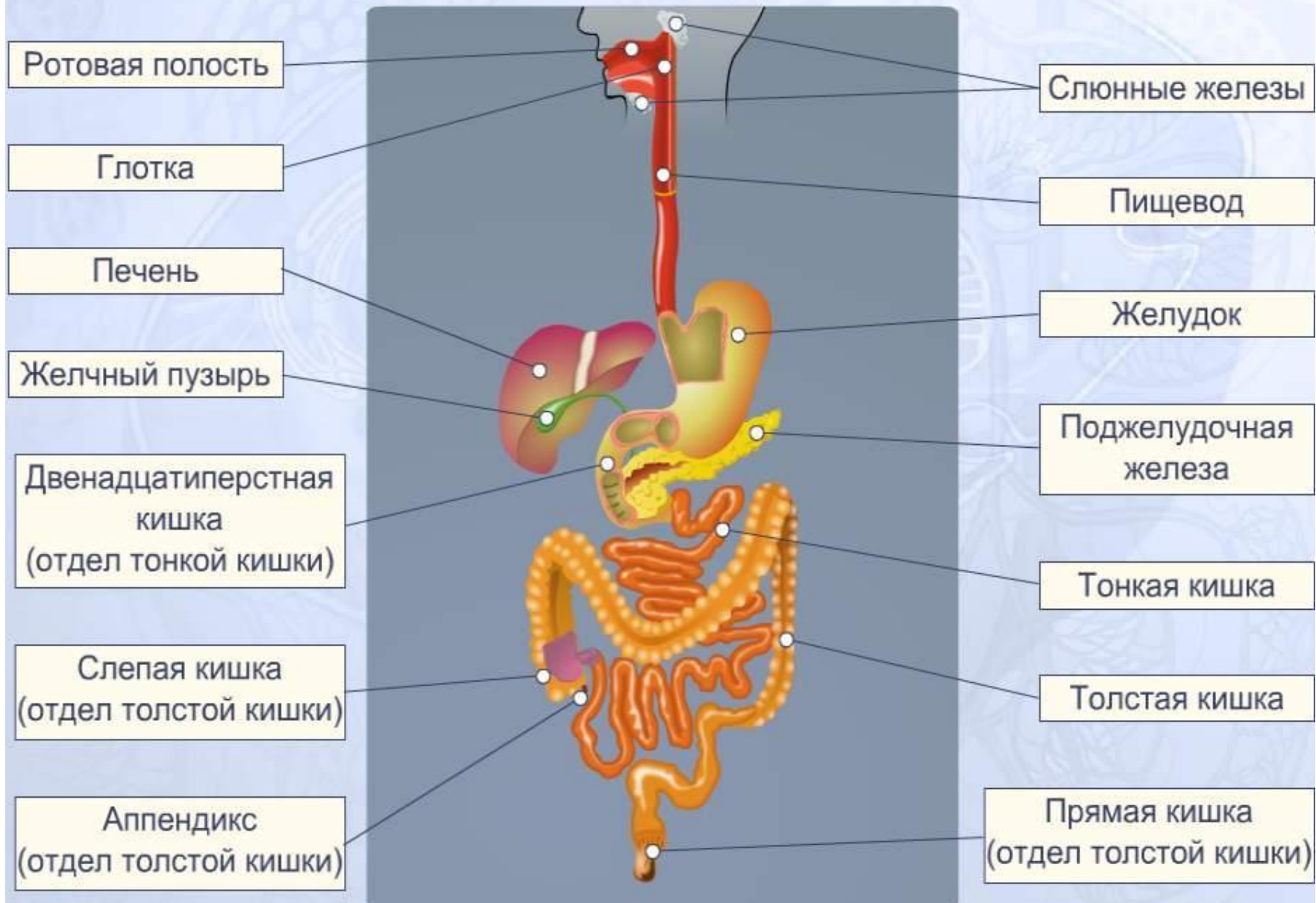


Суточный рацион содержит 400–500 г углеводов, из которых 60–80 % составляют полисахариды (в основном крахмал, в меньшем количестве — гликоген и пищевые волокна), 20–30 % олигосахариды (сахароза, лактоза, мальтоза), остальное количество — моносахариды (в основном глюкоза, фруктоза и пентозы).

Поступление углеводов в организм



СТРОЕНИЕ ПИЩЕВАРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ



Функции углеводов

1. Энергетическая.

Участие в химических процессах, сопряженных с генерацией макроэргических связей /АТФ и др./, в синтезе химических соединений, необходимых для синтеза нуклеиновых кислот, жирных кислот, процессов детоксикации /пентозы, НАДФН/.

2. Структурная.

Выполнение функции структурных и опорных элементов клеточных стенок /полисахариды/.

3. Запасающая.

Депонирования /гликоген, крахмал/.

4. Функции

межклеточного узнавания /гликопротеины, гликолипиды плазматических мембран/, смазки суставов,

Классификация углеводов



МОНОСАХАРИДЫ (простые углеводы) — глюкоза, фруктоза, галактоза, рибоза, дезоксирибоза и др.

ОЛИГОСАХАРИДЫ (от 2 до 10 остатков моносахаридов) — сахароза, мальтоза, лактоза.

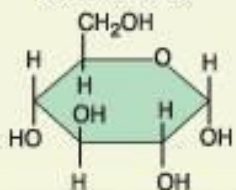
ПОЛИСАХАРИДЫ (полимеры, образованные из большого числа моносахаридов) - крахмал, гликоген, перевариваемые в желудочно-кишечном тракте, целлюлоза, и пектиновые вещества, клетчатка - неперевариваемые в желудочно-кишечном тракте.

Чем больше молекулярная масса углеводов, тем менее растворимое вещество и не сладкое на вкус.

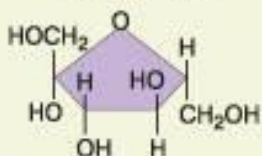
УГЛЕВОДЫ

МОНОСАХАРИДЫ

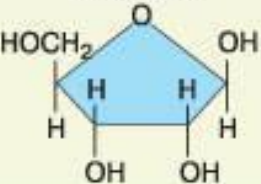
Глюкоза



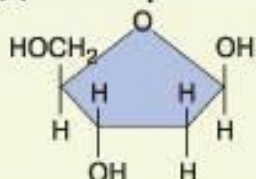
Фруктоза



Рибоза

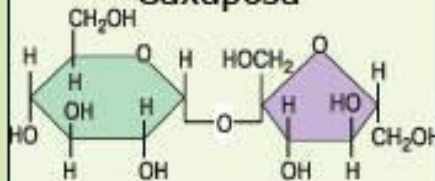


Дезоксирибоза

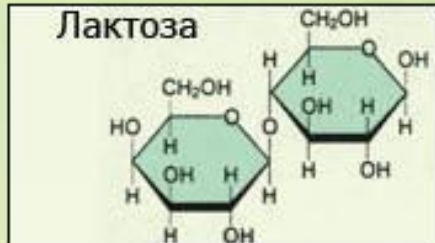


ДИСАХАРИДЫ

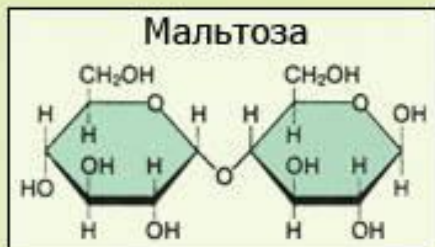
Сахароза



Лактоза



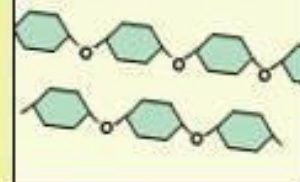
Мальтоза



ПОЛИСАХАРИДЫ

Перевариваемые

Крахмал

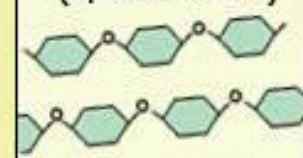


Гликоген



Неперевариваемые

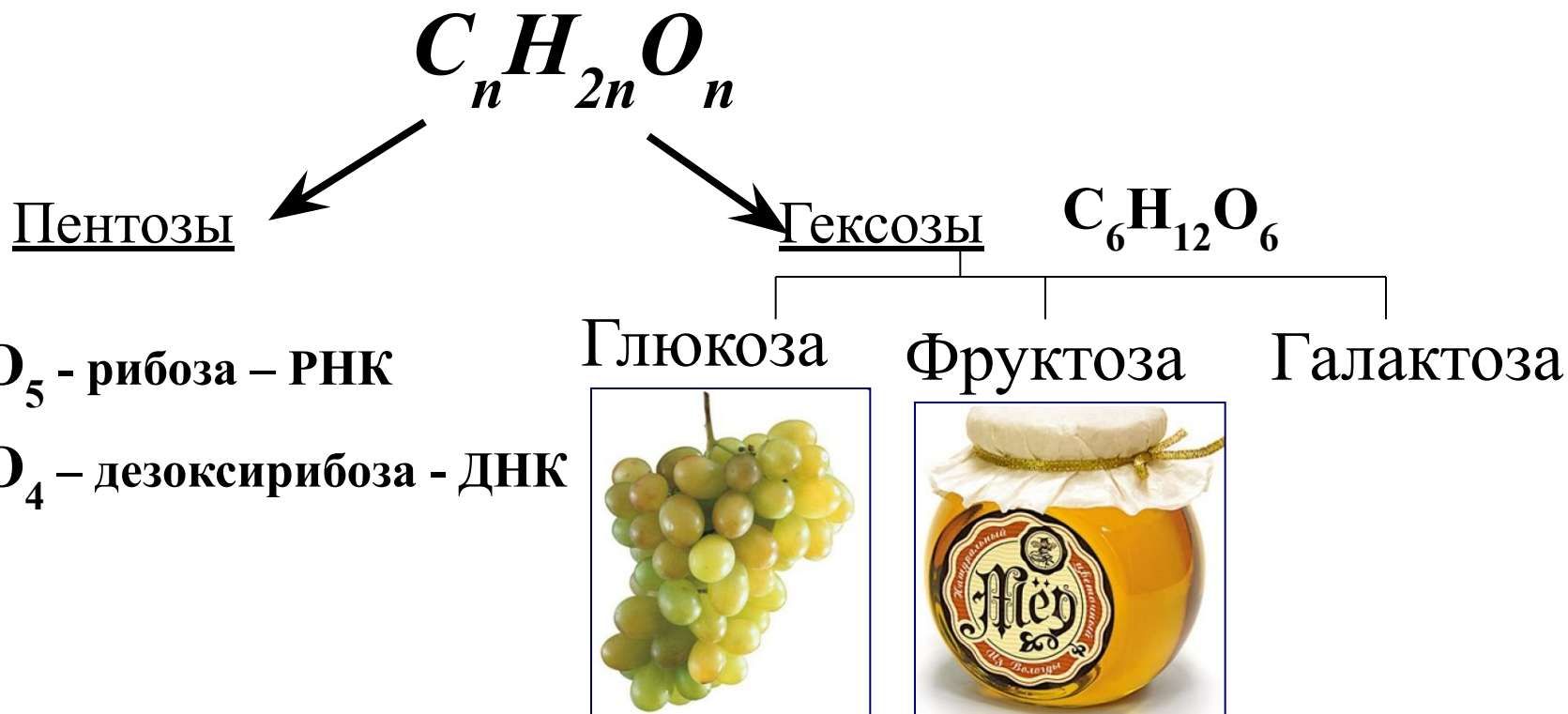
Клетчатка (целлюлоза)



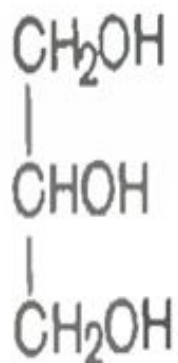
Моносахариды

- В молекуле моносахарида для указания числа углеродных атомов к корню соответствующего греческого числительного прибавляют окончание «-оза».
- В зависимости от длины углеводородной цепи моносахариды делят на: триозы, тетразы, пентозы, гексозы и гептозы.

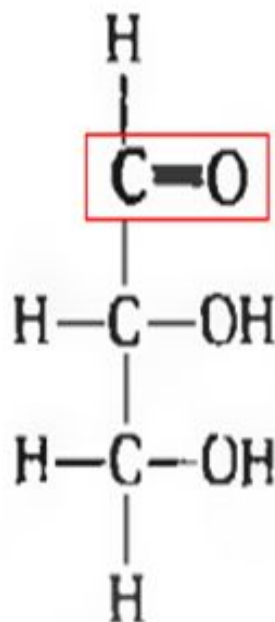
Моносахариды - углеводы, которые не гидролизуются. Число атомов углерода в молекуле равно числу атомов кислорода.



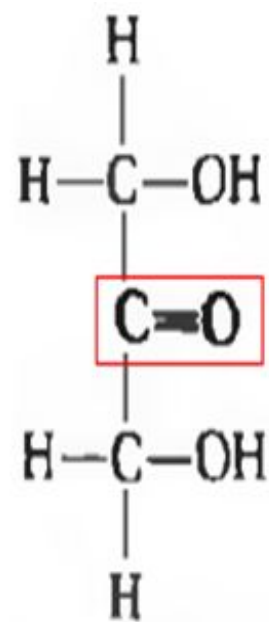
Триозы



Глицерин (глицерол)

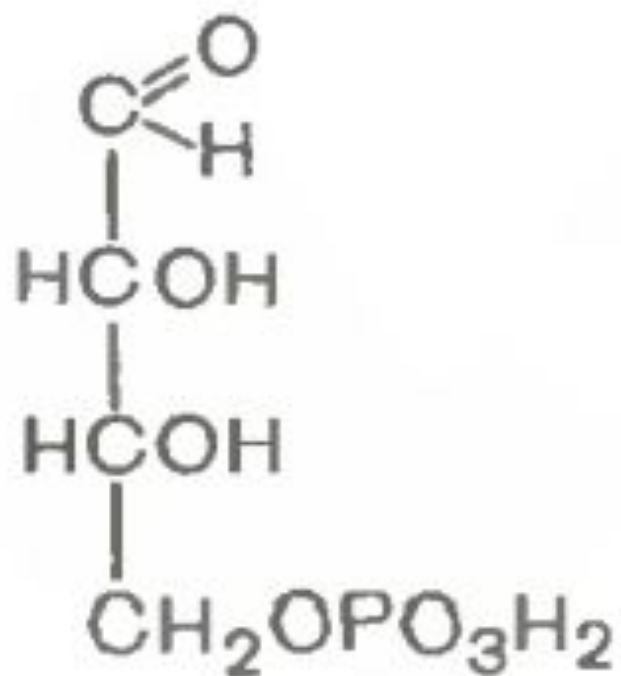


Глицеральдегид (альдоза)



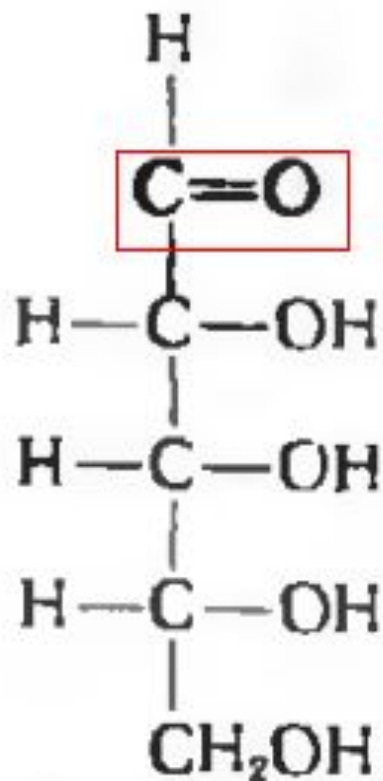
Дигидроксиацетон (кетоза)

Тетрозы

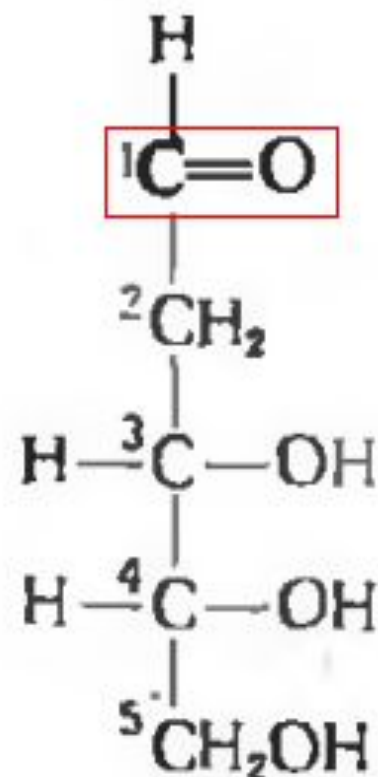


Эритроза-4-фосфат

Пентозы

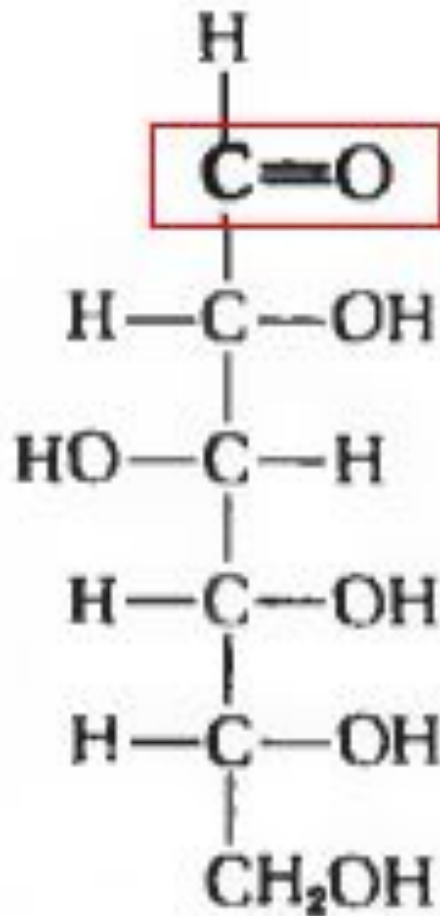


D-рибоза — сахарный компонент рибонуклеиновой кислоты (РНК)

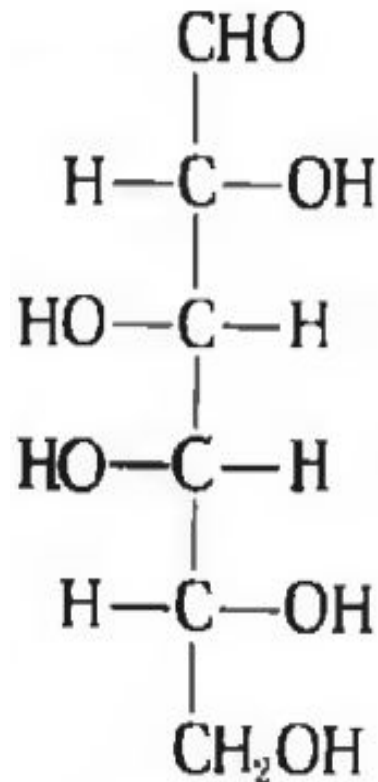


2-дезоксидеокси-D-рибоза — сахарный компонент дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК)

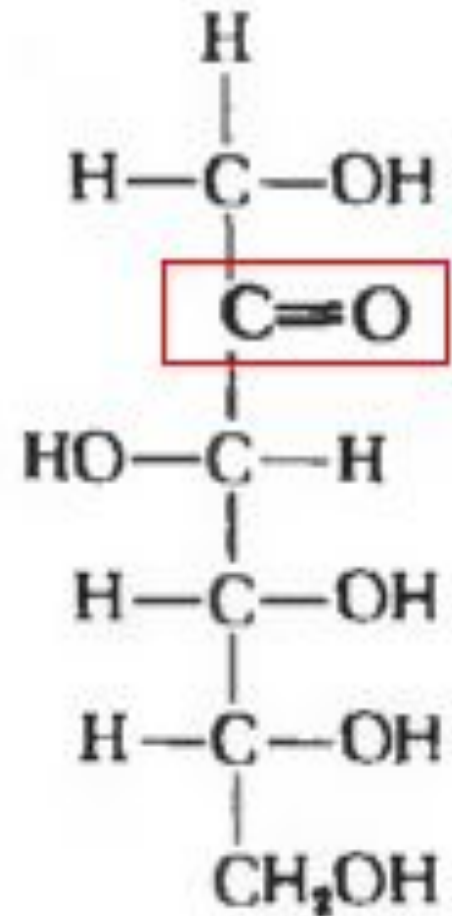
Гексозы



D - глюкоза /альдоза/

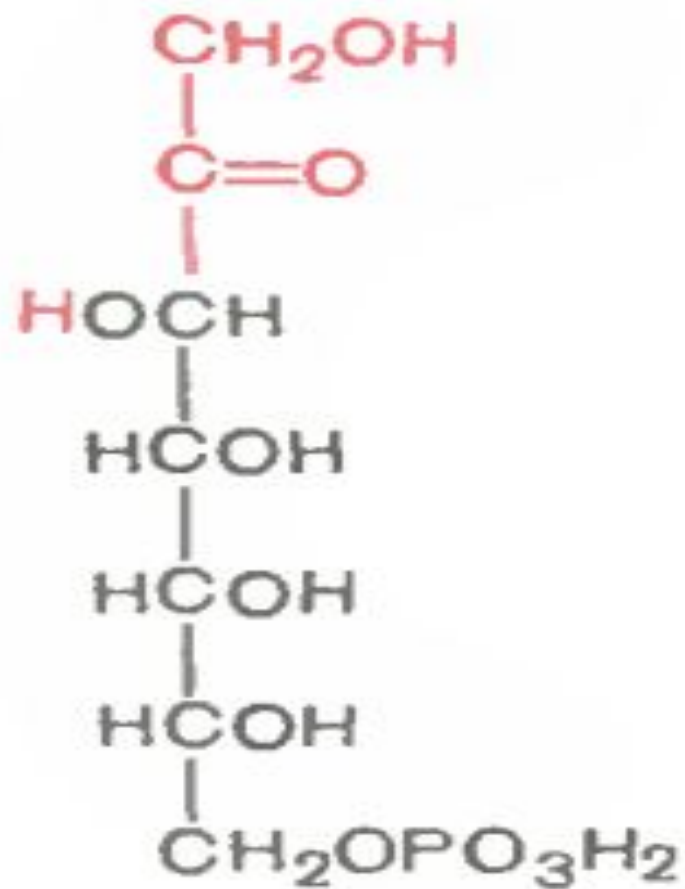


D-галактоза



D - фруктоза /кетоза/

Гептозы



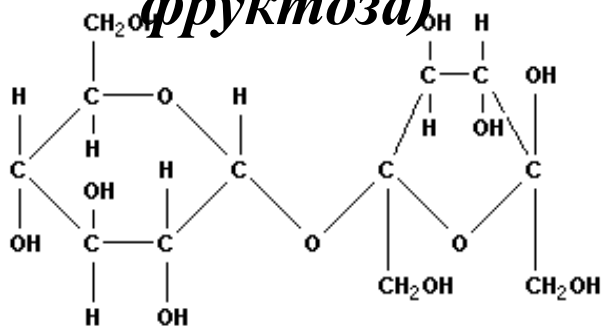
Седогептулозо-7-фосфат

Олигосахариды - это сложные сахара, каждая молекула которых при гидролизе распадается на 2 молекулы моносахарида.



сахароза

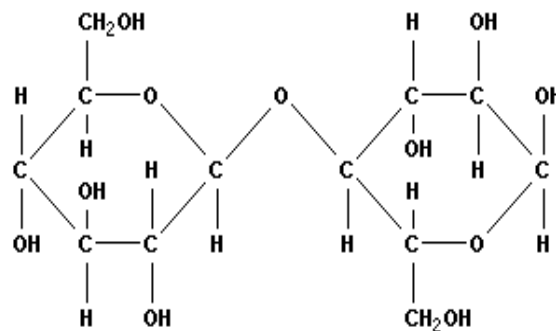
(глюкоза +
фруктоза)



1

лактоза

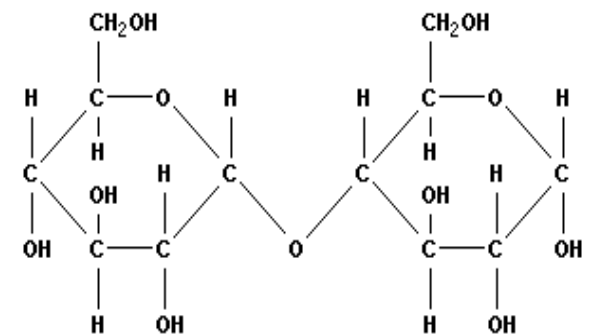
(глюкоза + галактоза)



2

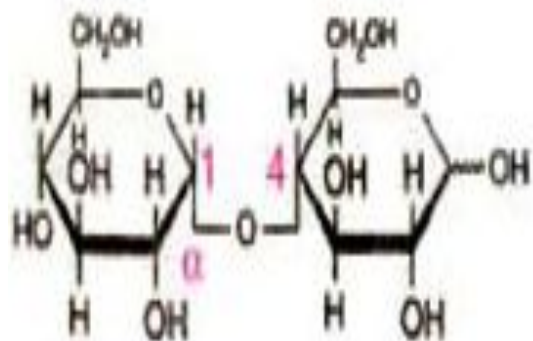
мальтоза

(глюкоза + глюкоза)

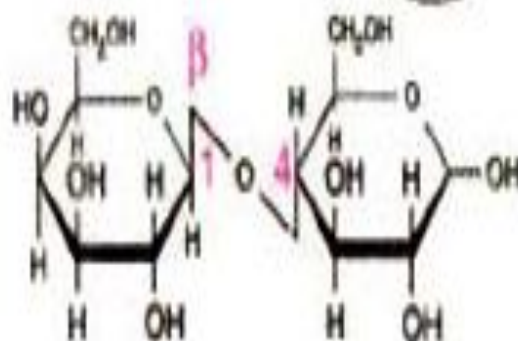
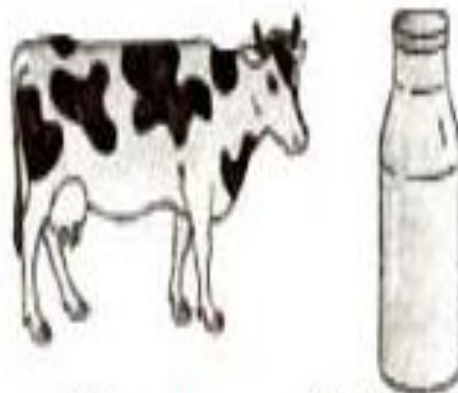


3

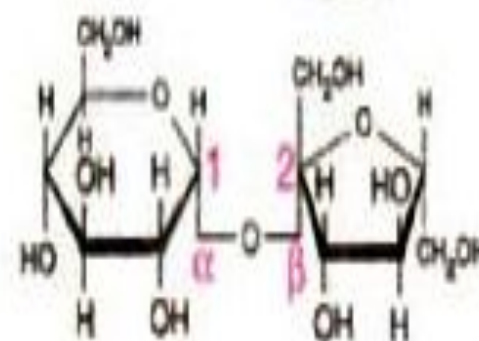
Олигосахариды



1. Мальтоза,
 α -D-глюкопиранозил-
 (1 $\rightarrow$ 4)-D-глюкопиранозид



2. Лактоза.
 β -D-галактопиранозил-
 (1 $\rightarrow$ 4)-D-глюкопиранозид



3. Сахароза,
 α -D-глюкопиранозил-
 (1 $\leftrightarrow$ 2)- β -D-фруктопиранозид

Общие физические свойства:

- *сладкий вкус*
- *способность кристаллизоваться*
- *лёгкая растворимость в воде*





Важнейший из дисахаридов - сахароза - очень распространен в природе. Это химическое название обычного сахара, называемого тростниковым или свекловичным.

***Лактоза** - молочный сахар .*

Лактоза отличается от других сахаров отсутствием гигроскопичности - она не отсыревает.



Мальтоза (солодовый сахар) - это промежуточный продукт при гидролизе крахмала.

Сладость некоторых сахаров и сахари́на

Сахар	Относительная сладость	Сахар	Относительная сладость
-------	------------------------	-------	------------------------

Сахароза	100
----------	-----

Глюкоза	70
---------	----

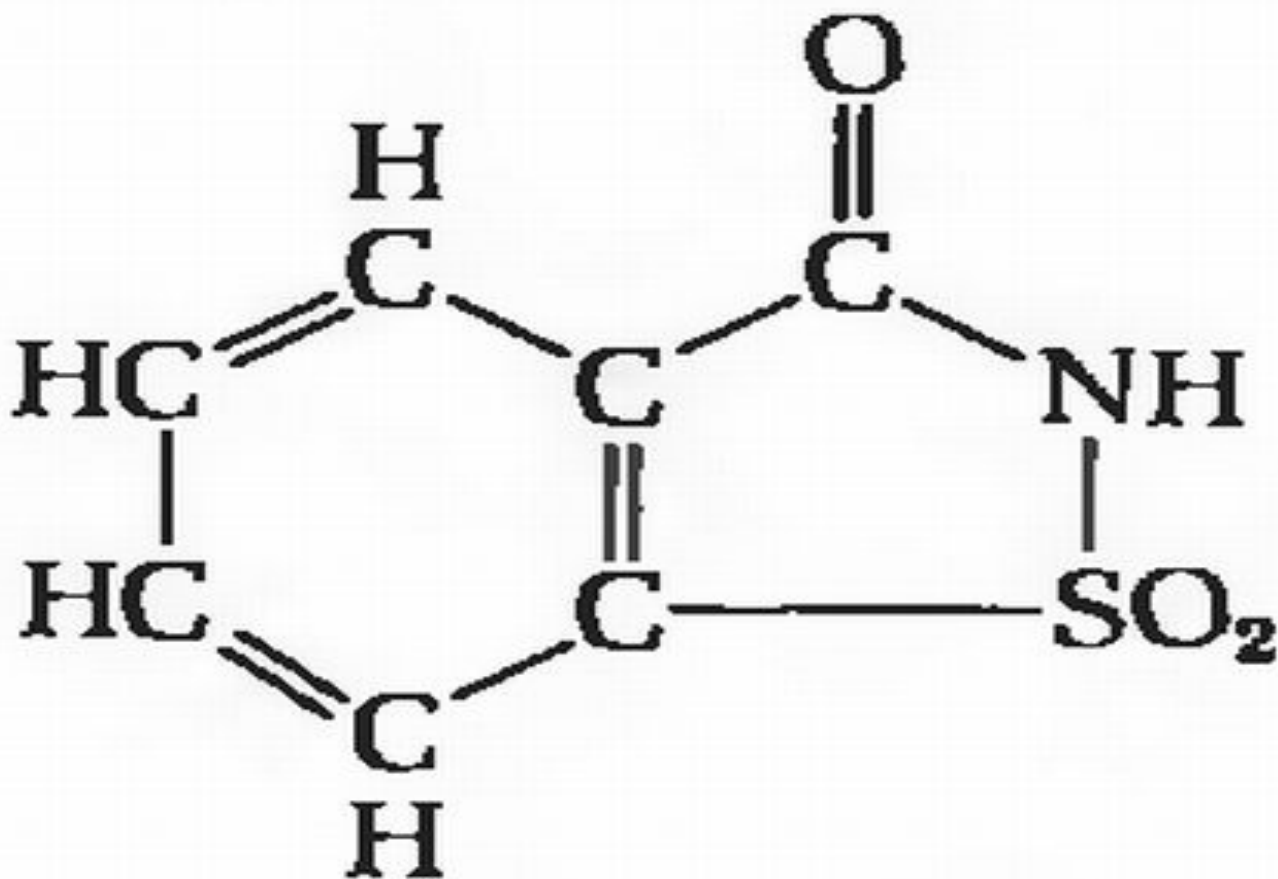
Фруктоза	170
----------	-----

Мальтоза	30
----------	----

Лактоза	16
---------	----

Сахарин	40000
---------	-------

Сахарин



Сложные углеводы (полисахариды) -углеводы, которые гидролизуются с образованием менее сложных углеводов.



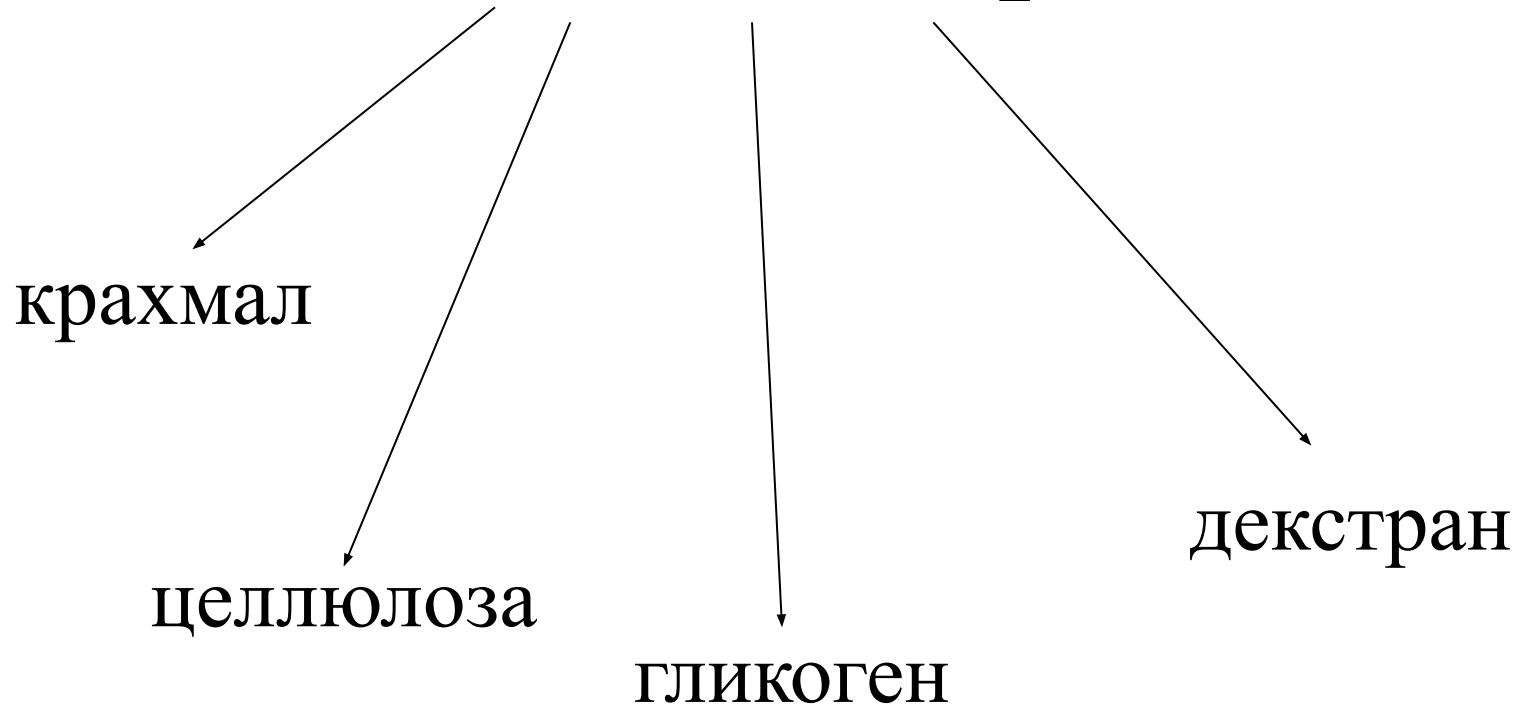
целлюлоза

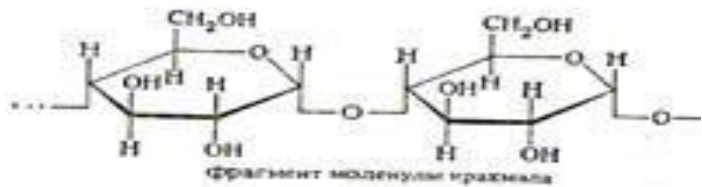
крахмал

гликоген



Гомополисахариды



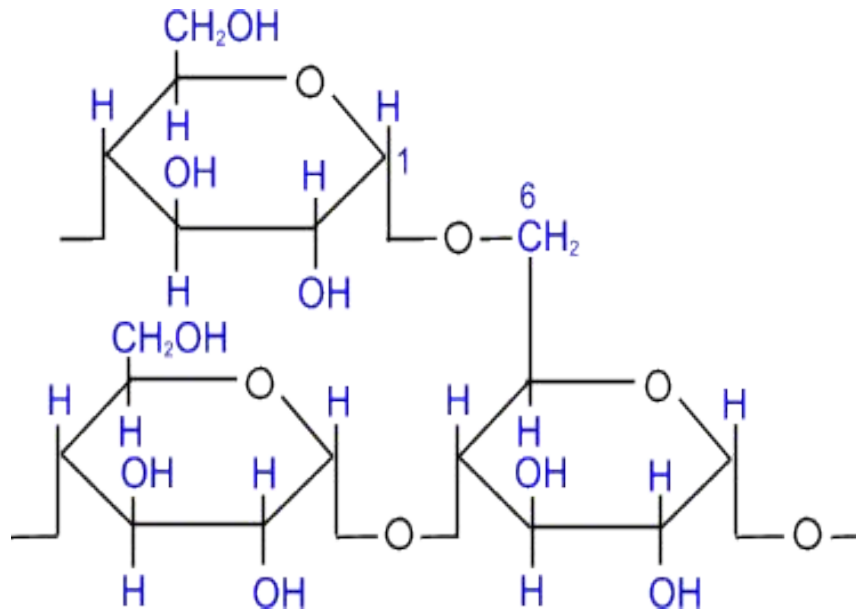


- **Крахмал** $(C_6H_{10}O_5)_n$ - это биополимер, состоящий из остатков α -глюкозы.
- При фотосинтезе крахмал образуется в растениях и откладывается в корнях, клубнях, семенах.
- Крахмал - это белое вещество, состоящее из мельчайших зёрен, напоминающих муку, поэтому его второе название «картофельная мука».

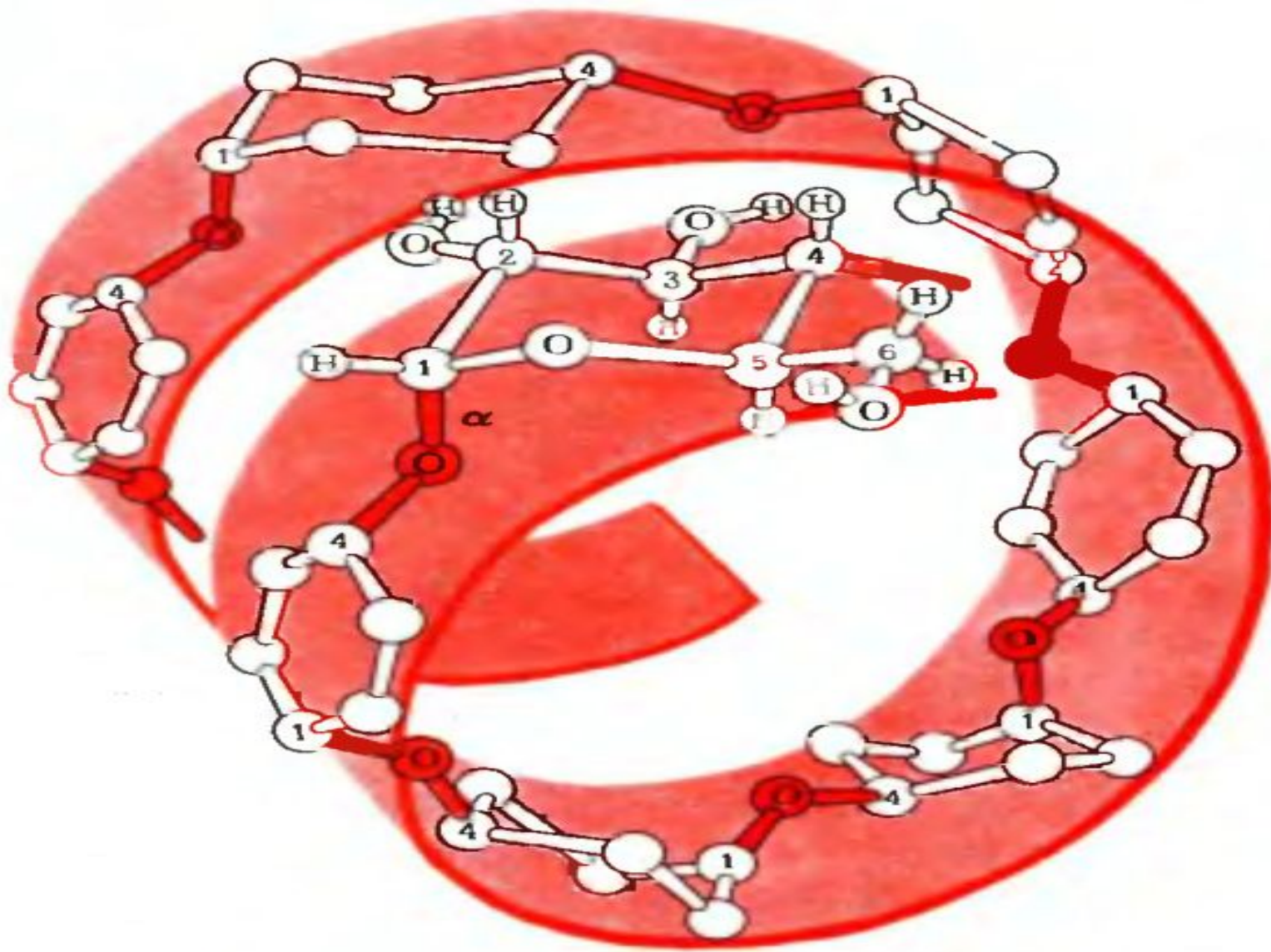
Крахмал

Фракции крахмала:

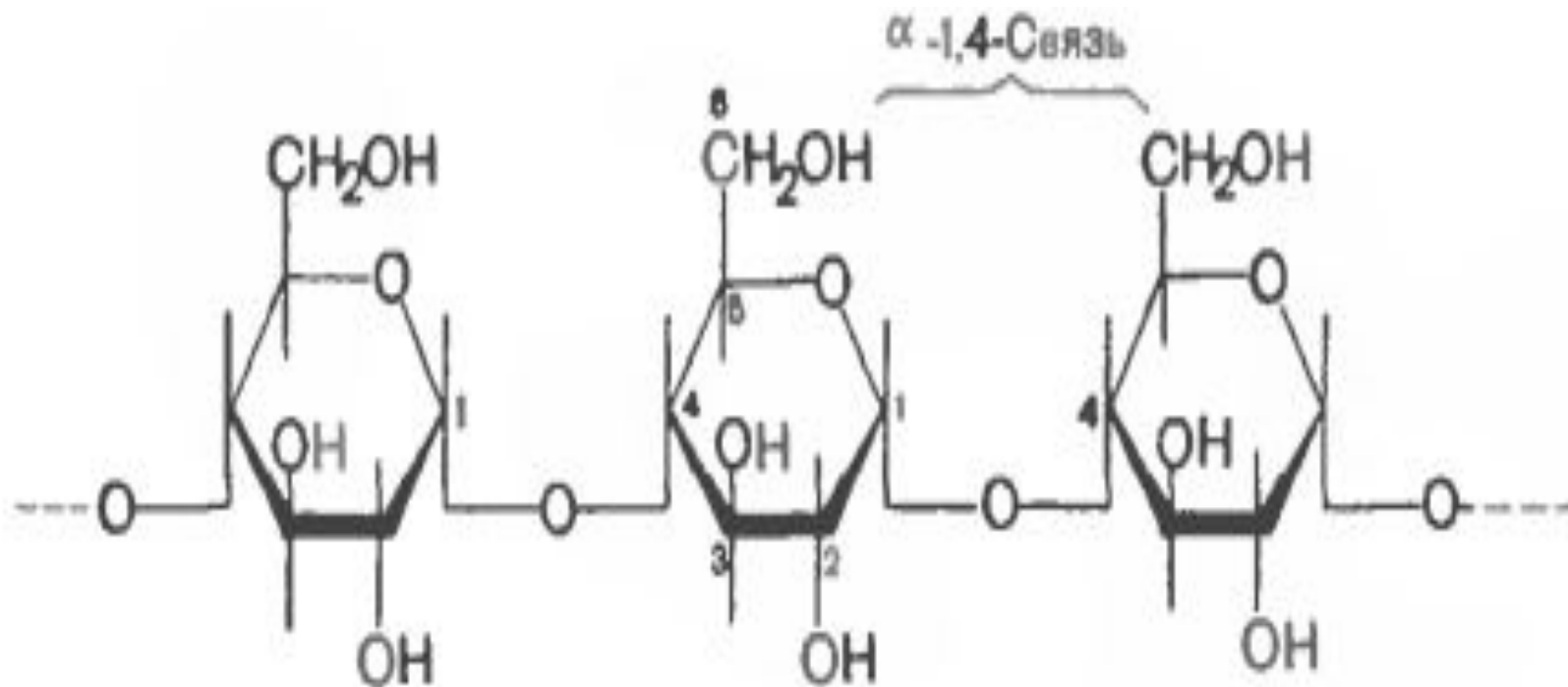
- амилоза (10-20%)
- амилопектин (80-90%)



Участок молекулы амилозы

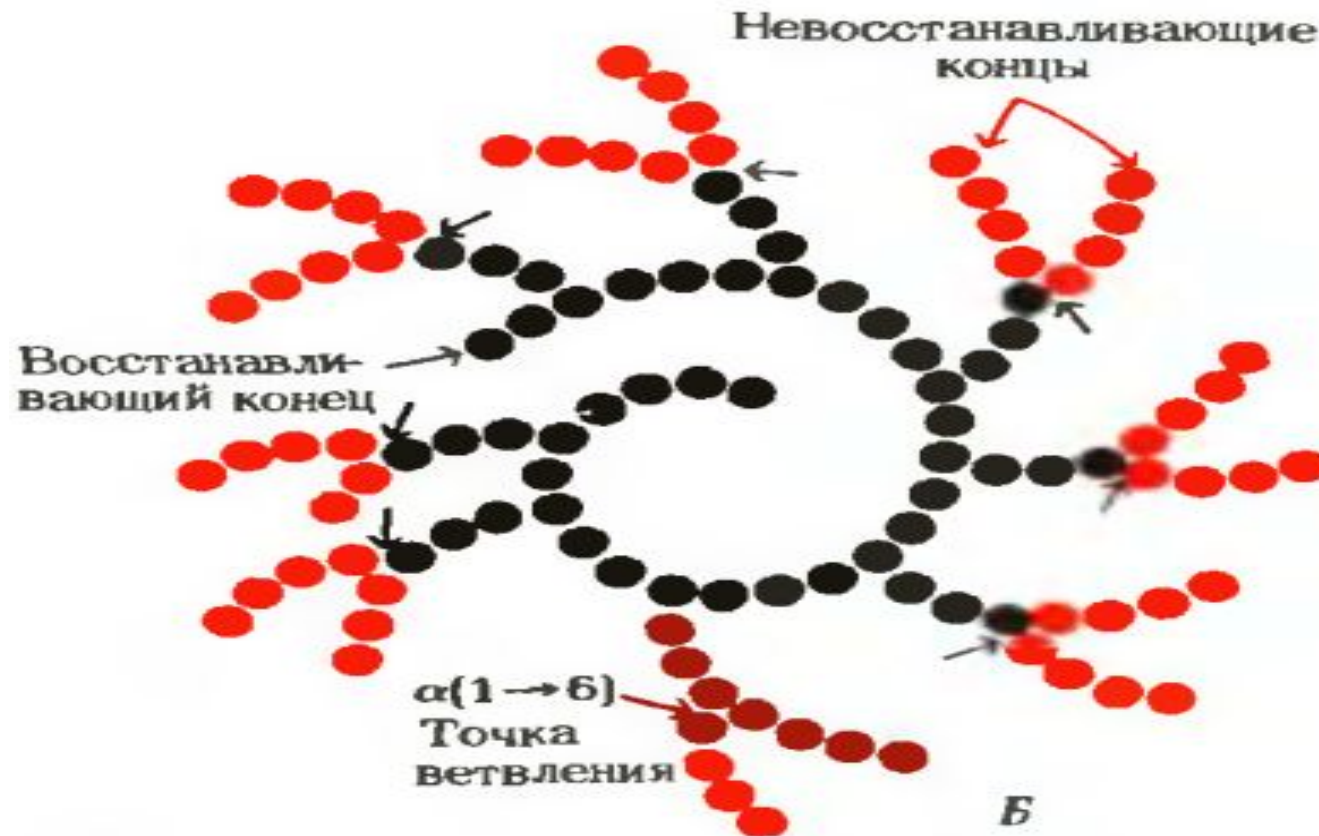


Гомополисахариды



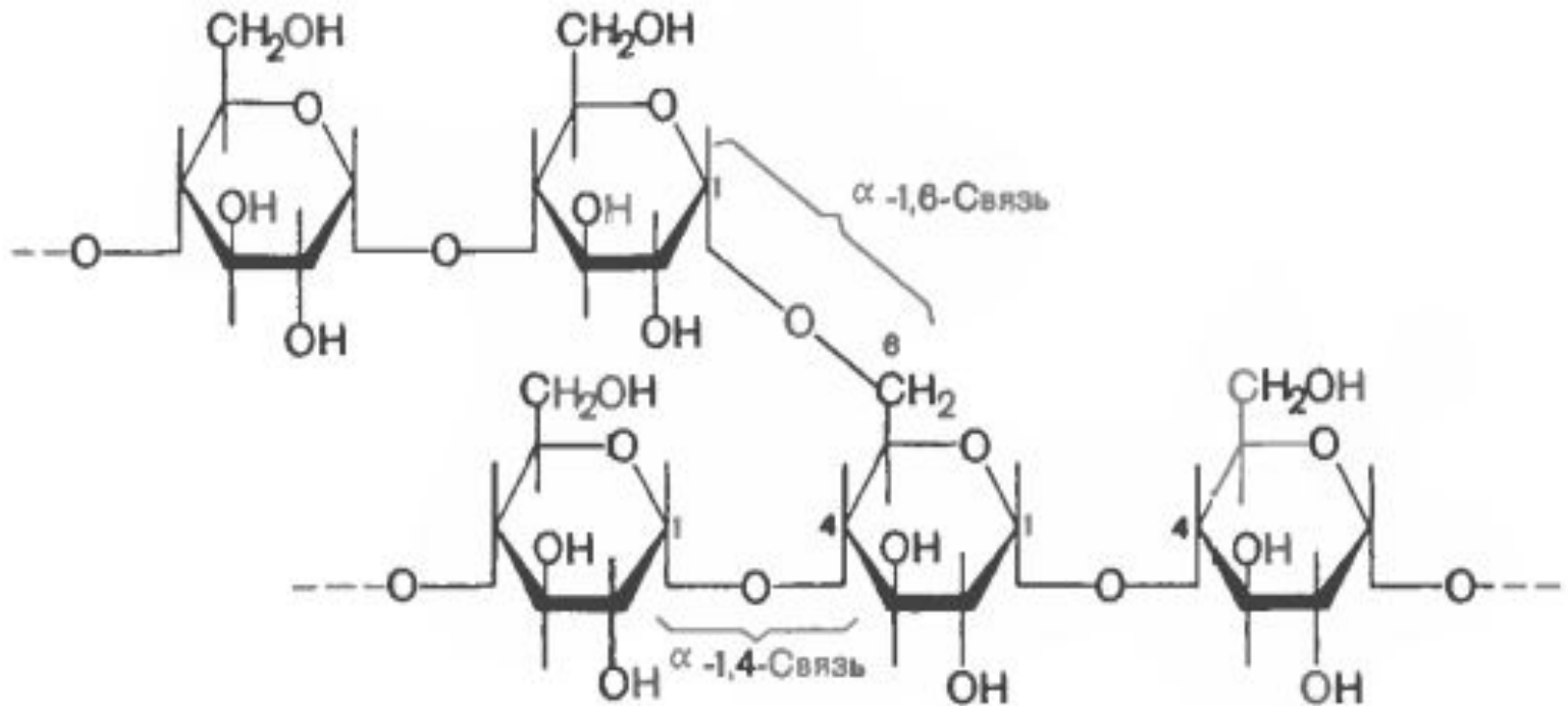
Крахмал
/участок молекулы амилозы/

Гомополисахариды



Крахмал
/амилопектин/

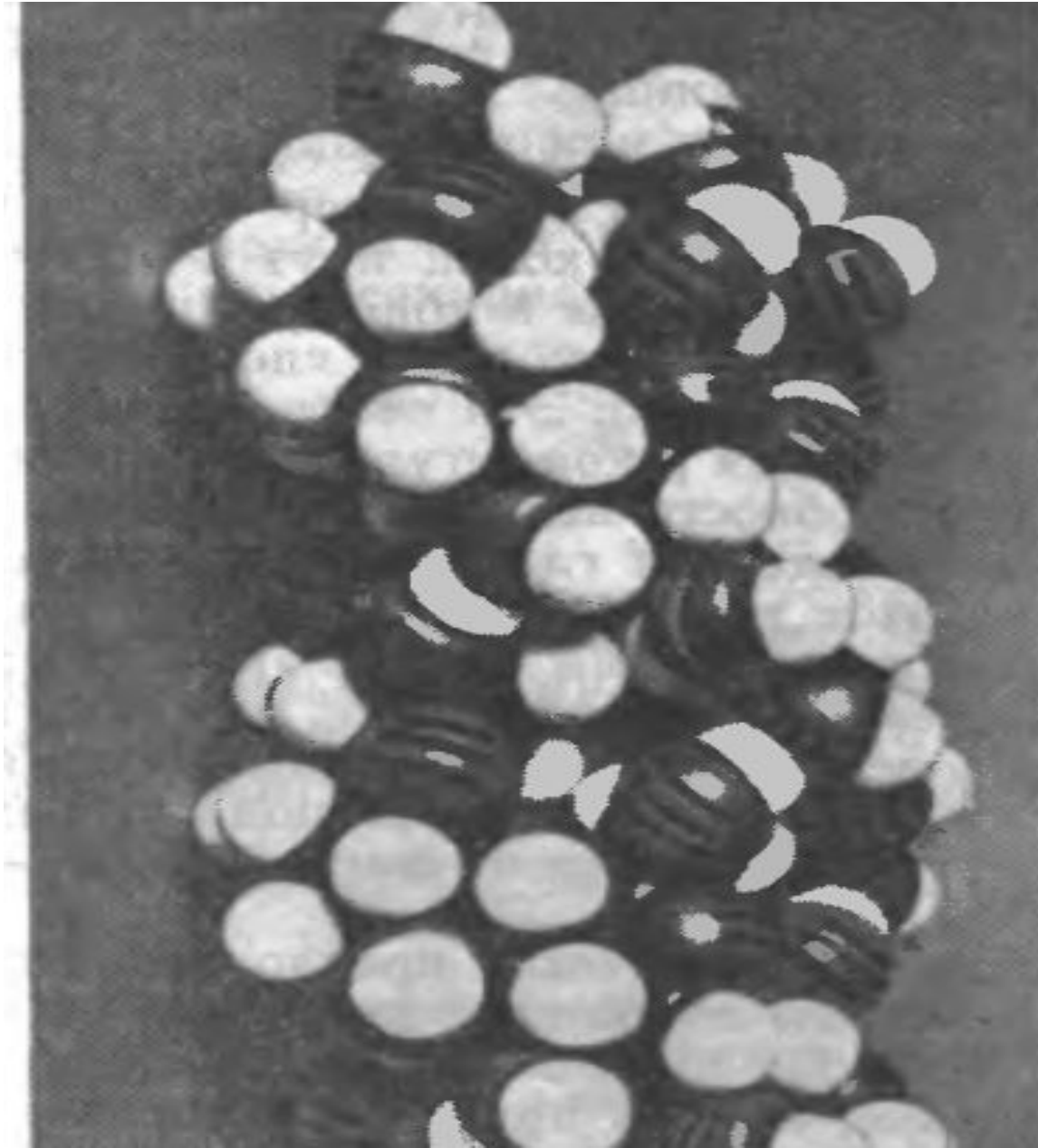
Гомополисахариды



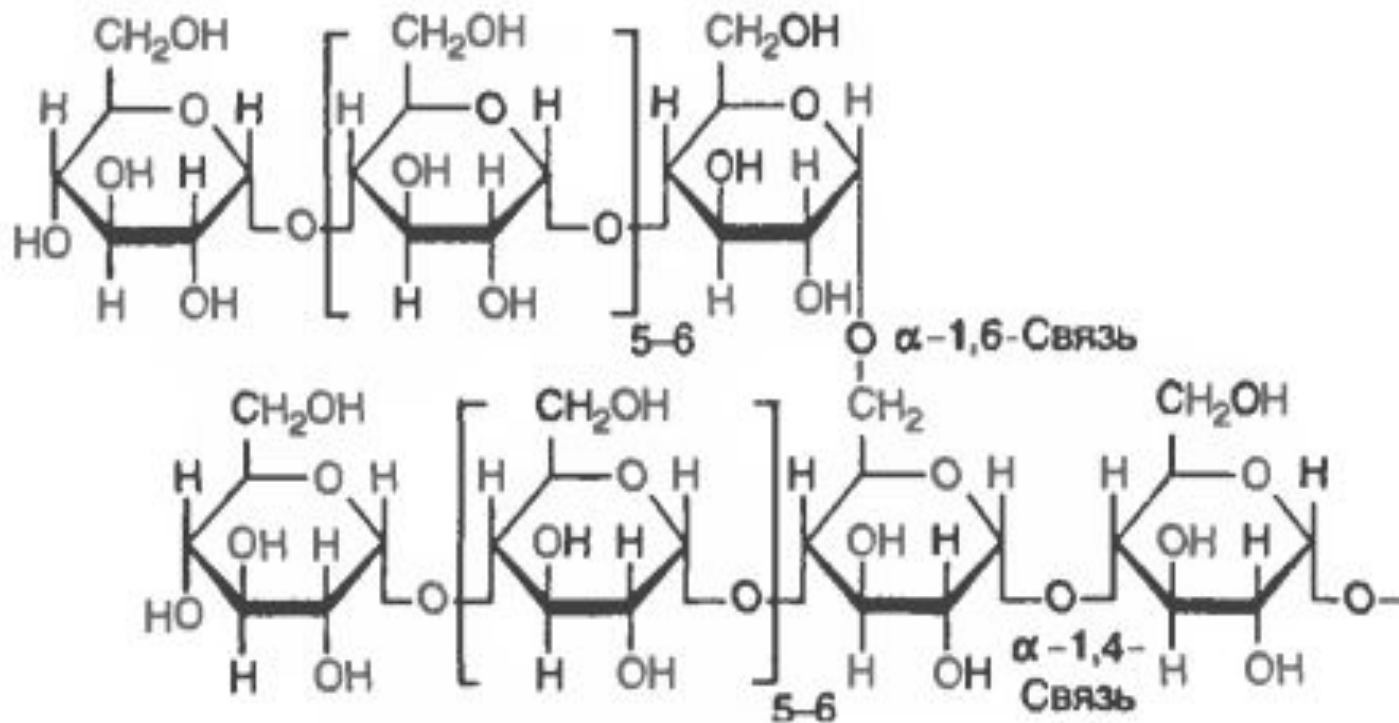
Крахмал

/участок молекулы амилопектина/

Спиральный комплекс амилозы с иодом

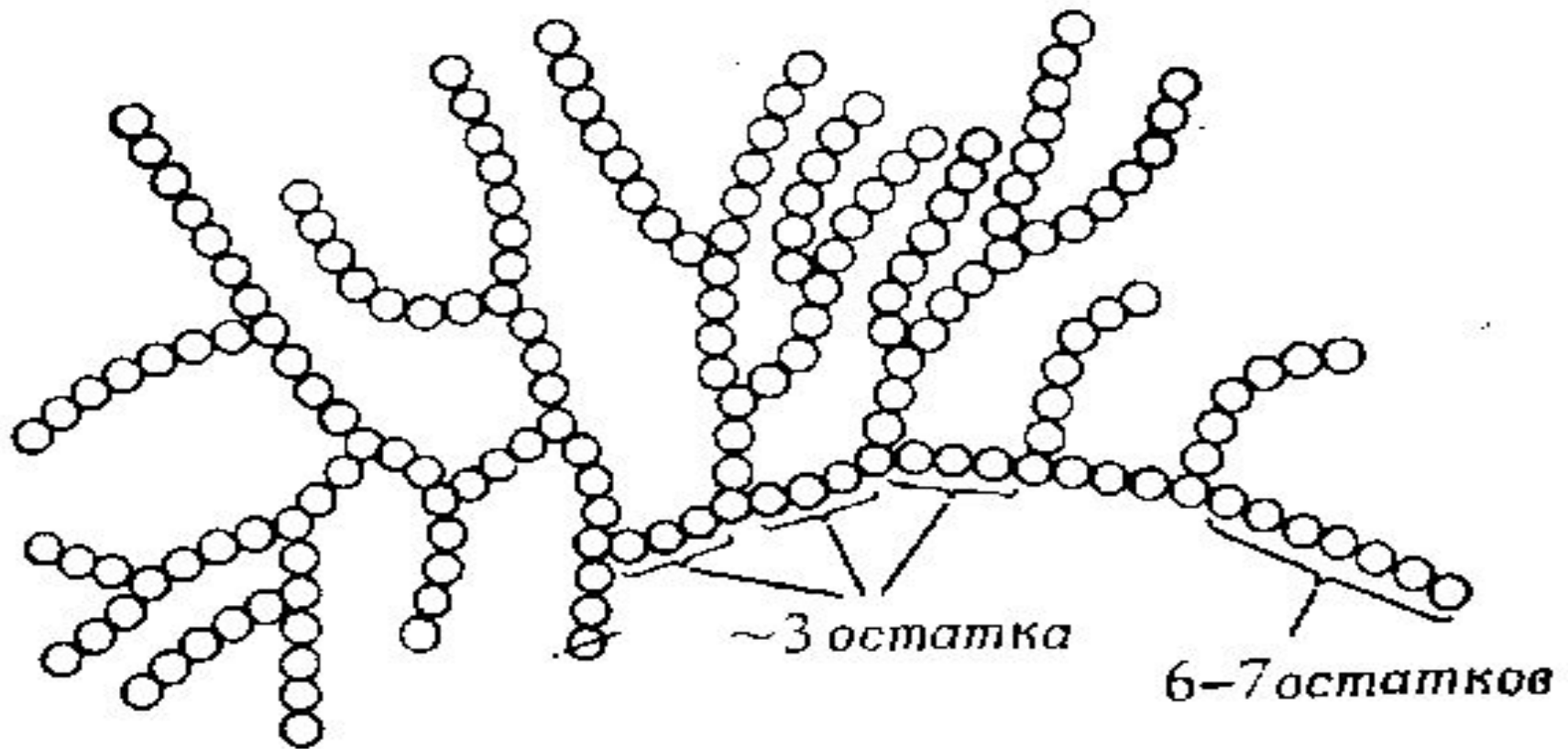


Гомополисахариды

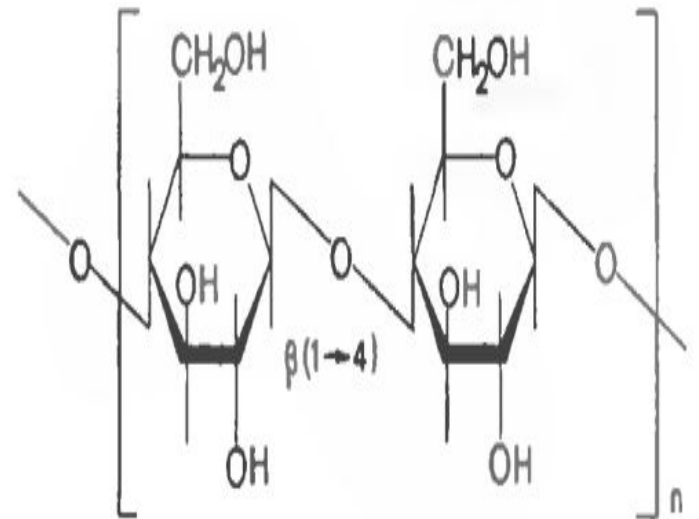
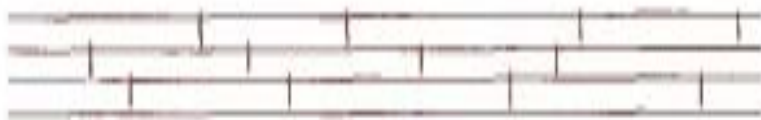
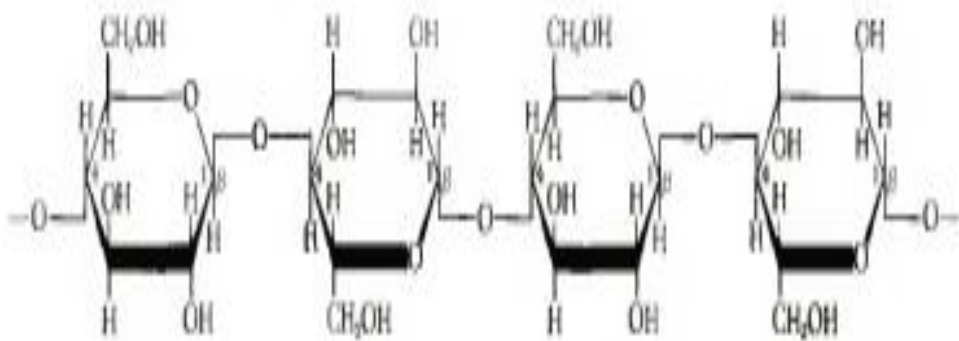


Строение отдельного участка молекулы гликогена

Молекула гликогена



Гомополисахариды



Участок молекулы целлюлозы

Целлюлоза – это биополимер, состоящий из остатков β -глюкозы.

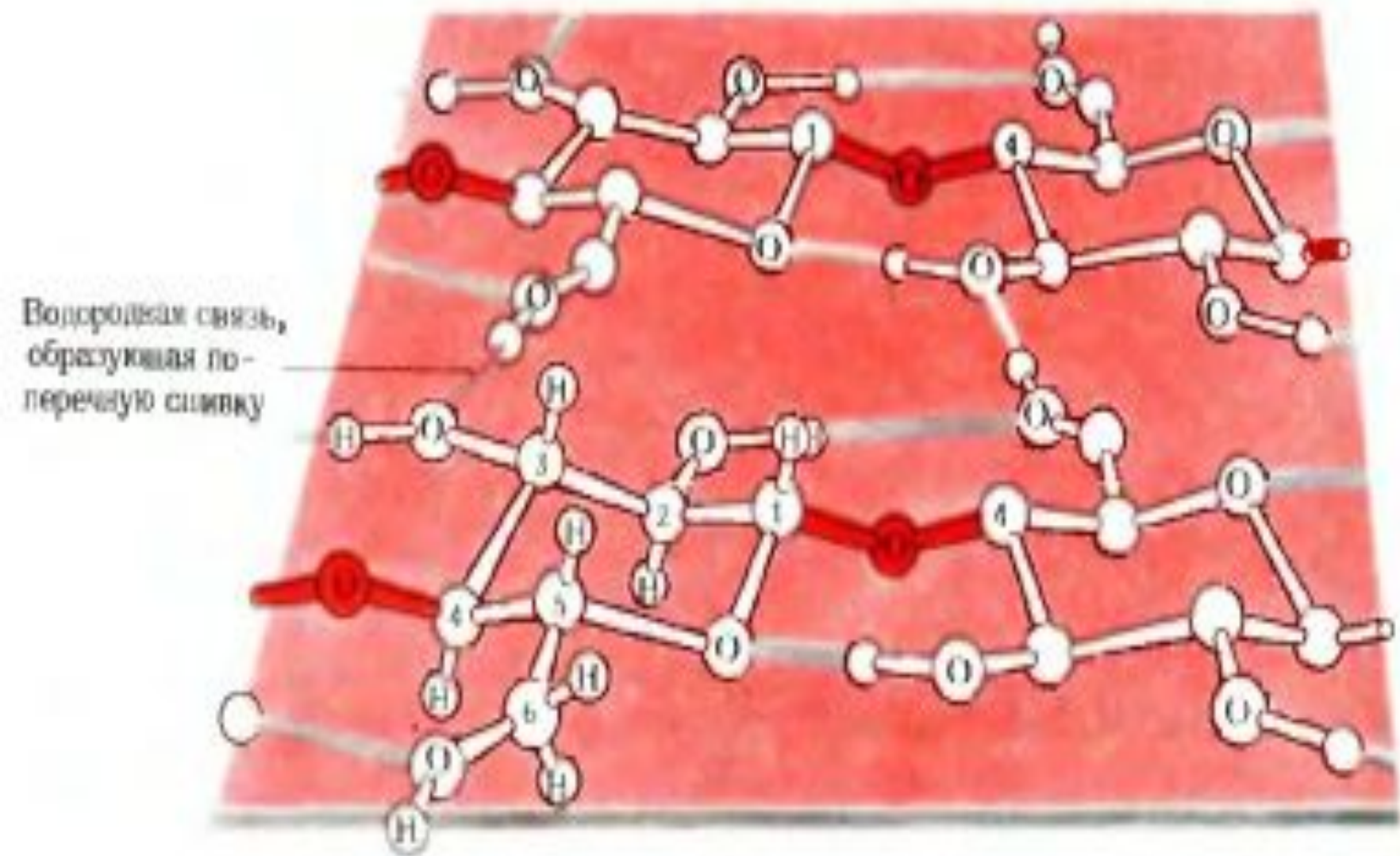
Ценный источник глюкозы, однако для её расщепления необходим фермент целлюлаза, сравнительно редко встречающийся в природе.



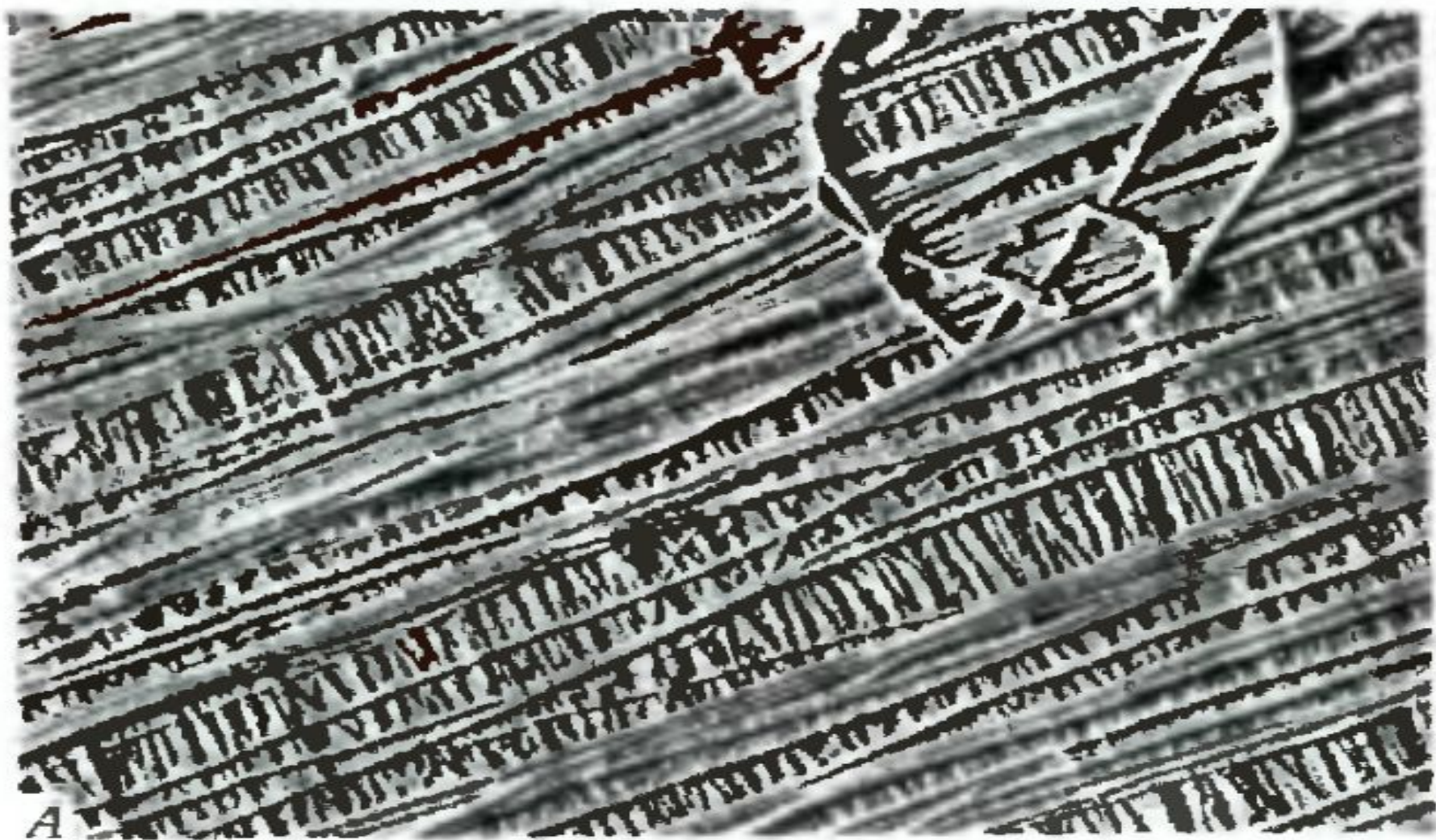
Растительная клетка



Цепи целлюлозы



Волокна целлюлозы



0,5 мкм

ПИЩЕВЫЕ ВОЛОКНА (целлюлоза, клетчатка, гемицеллюлоза, пектиновые вещества)

- формирование гелеобразных структур
- способность удерживать воду
- способность адсорбировать желчные кислоты
- катионообменные свойства кислых полисахаридов
- влияние на среду обитания бактерий в кишечнике.

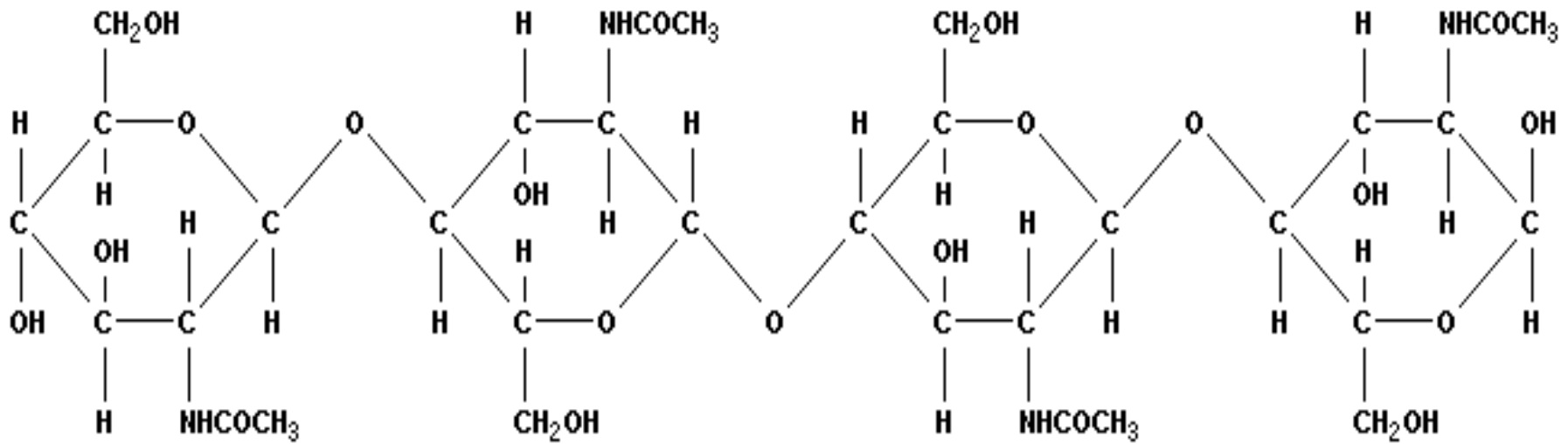
Использование целлюлозы в качестве пищи крупным рогатым скотом

В первых двух (рубец) желудка микроорганизмы секретируют целлюлазу и расщепляют целлюлозу до D-глюкозы, которую сбраживают до короткоцепочечных жирных кислот, CO_2 и CH_4 . Жирные кислоты всасываются в кровоток и используются как топливо. В двух других желудках микроорганизмы перевариваются ферментами, слизистой желудка. Образующиеся аминокислоты, сахара и др. продукты всасываются и используются в организме коровы в качестве питательных веществ. Таким образом, между коровой и населяющими ее рубец микроорганизмами устанавливаются отношения симбиоза, при котором микроорганизмы получают возможность насладиться короткой, но счастливой жизнью в удобной и теплой среде. При этом целлюлоза из клевера и другой травы служит основным источником топлива и для «жильцов», и для организмах хозяина.

Значение целлюлозы

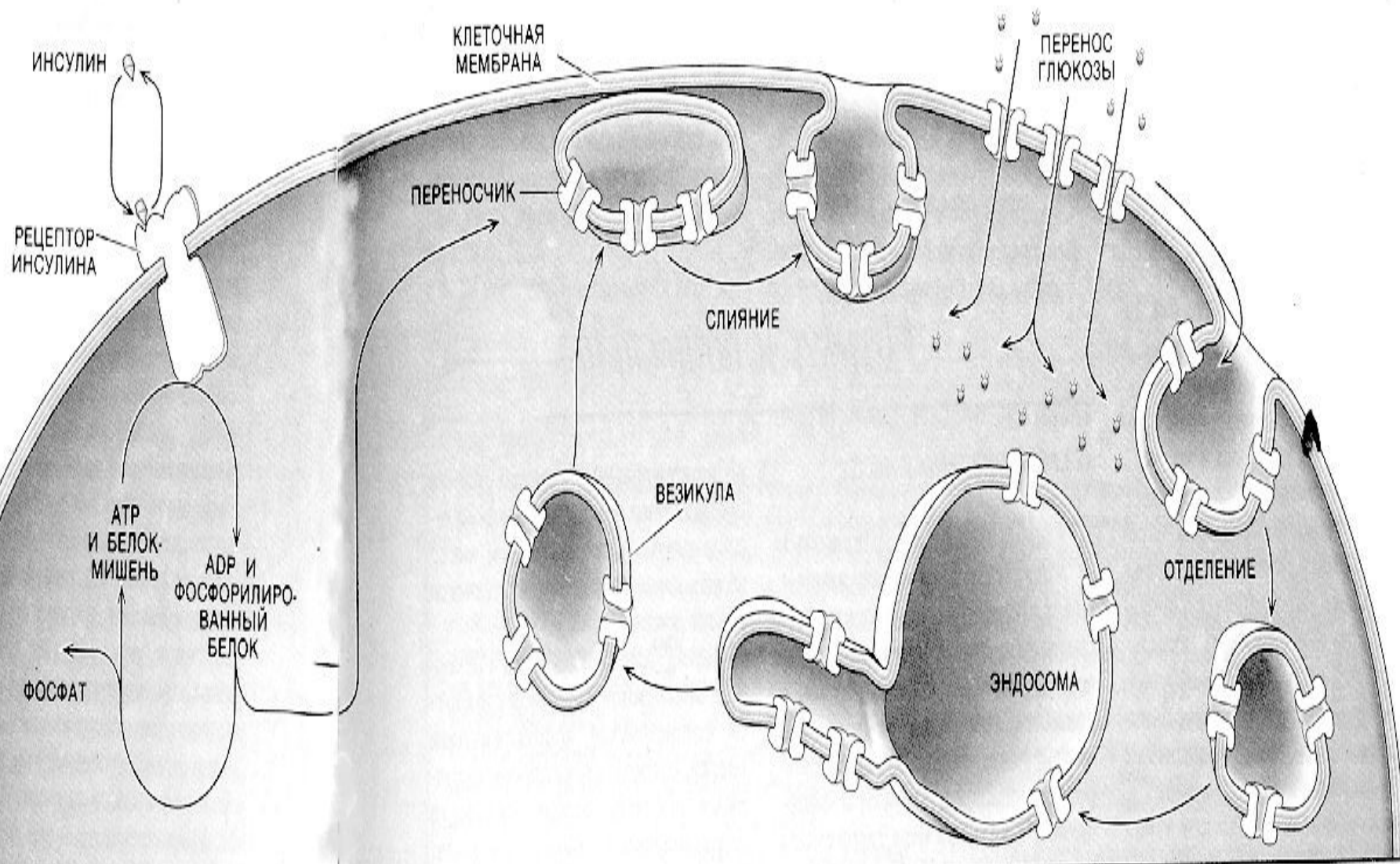
- Строительный материал
- Производство взрывчатых веществ, ацетатного волокна
- Производство фото- и киноплёнки
- Получение бумаги



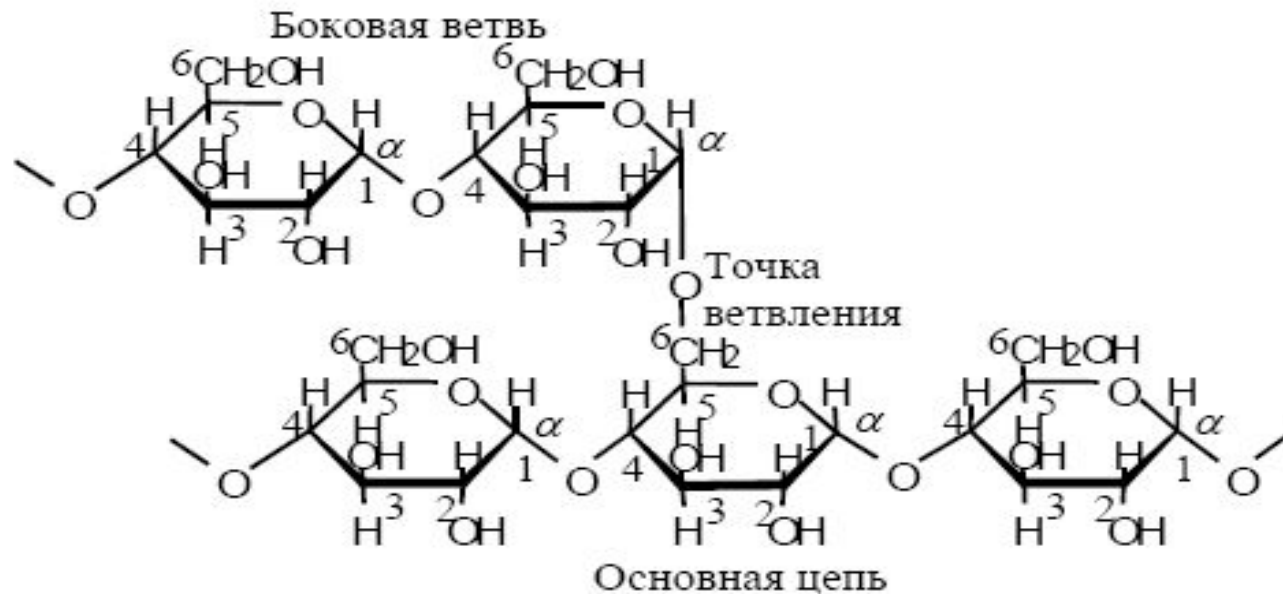
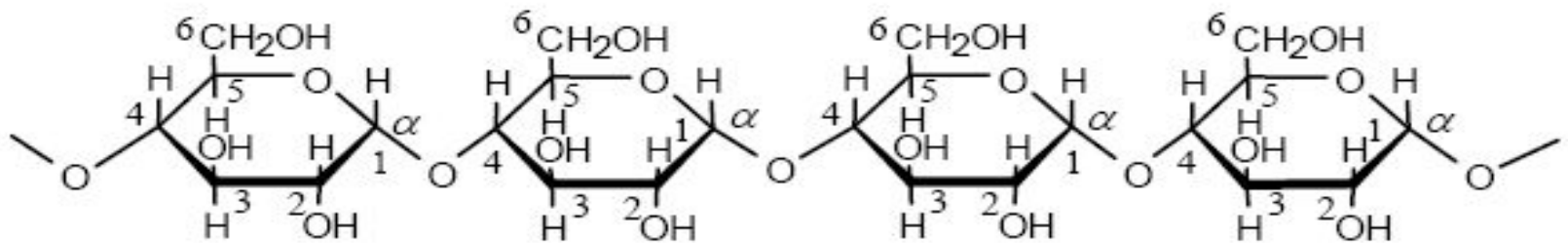


Хитин близок к целлюлозе; он встречается у некоторых форм грибов, а также как важный компонент наружного скелета некоторых животных.

ТРАНСПОРТ ГЛЮКОЗЫ В КЛЕТКИ



Полисахариды



Гетерополисахариды



```
graph TD; A[Гетерополисахариды] --> B[Камеди]; A --> C[Слизи]; A --> D[Пектиновые вещества]; A --> E[Гепарин]; A --> F[Гиалуроновая кислота]; A --> G[Полисахариды соединительной ткани];
```

Камеди

Слизи

Пектиновые
вещества

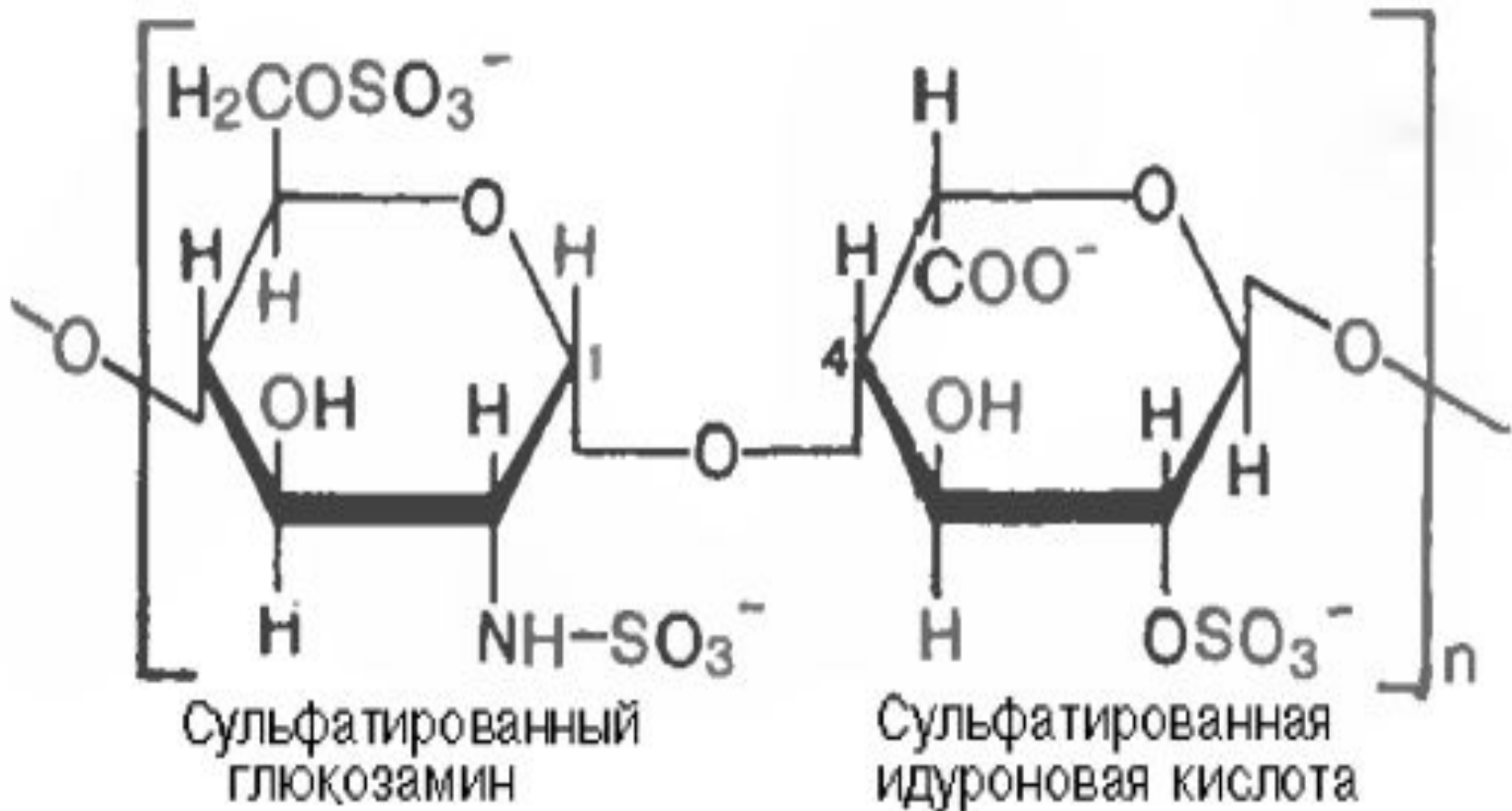
Гепарин

Гиалуроновая
кислота

Полисахариды
соединительной
ткани

Гетерополисахариды

Гепарин



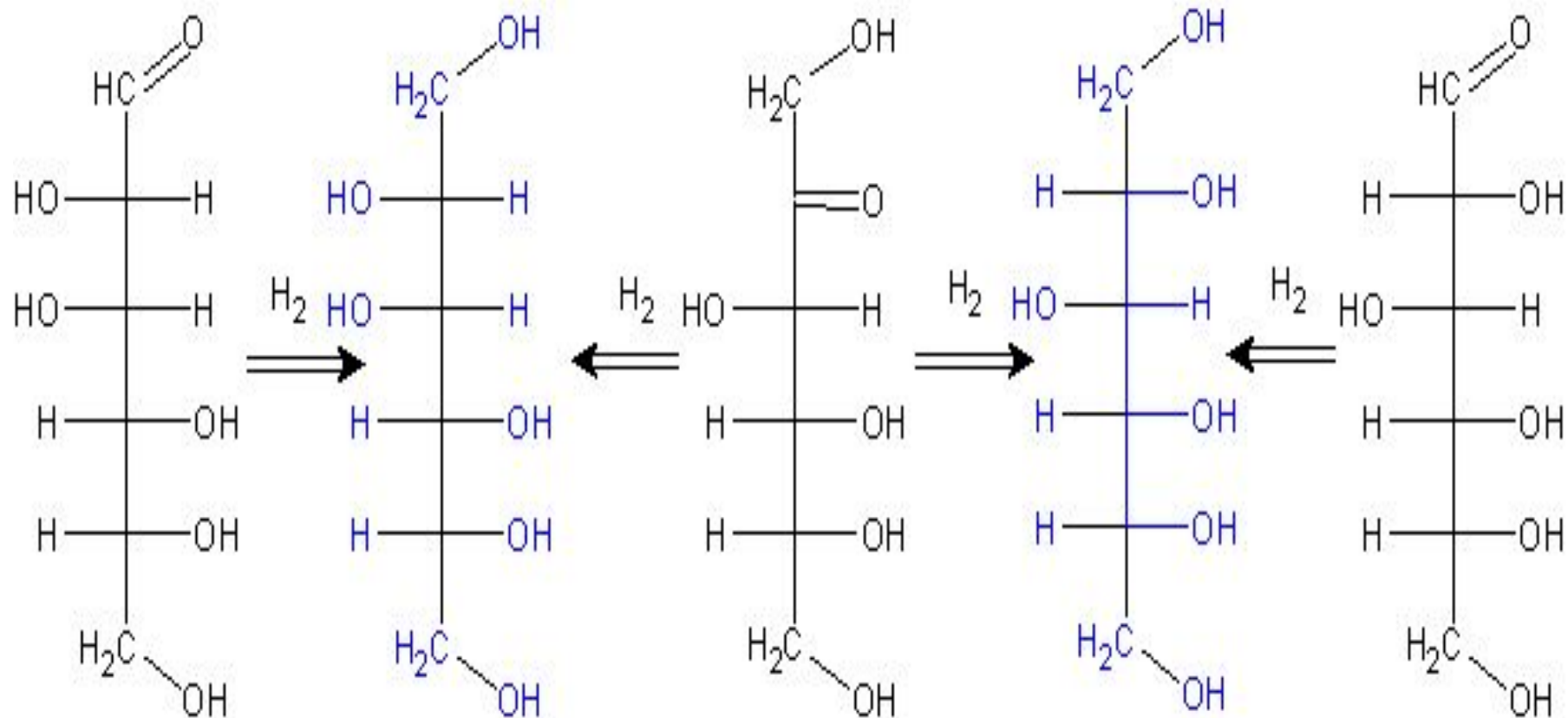
Гетерополисахариды



Гибридные молекулы

- Гликопротеины - это белки, которые содержат ковалентно присоединенные углеводы - отдельные моносахариды или сравнительно короткие олигосахариды (антифризный белок, белки плазмы крови, секретируемые клеткой белки).
- Гликолипиды - содержатся во всех тканях, главным образом в наружном липидном слое плазматических мембран, построены из сфингозина, остатка жирной кислоты и олигосахарида

Восстановление сахаров



■ анноза

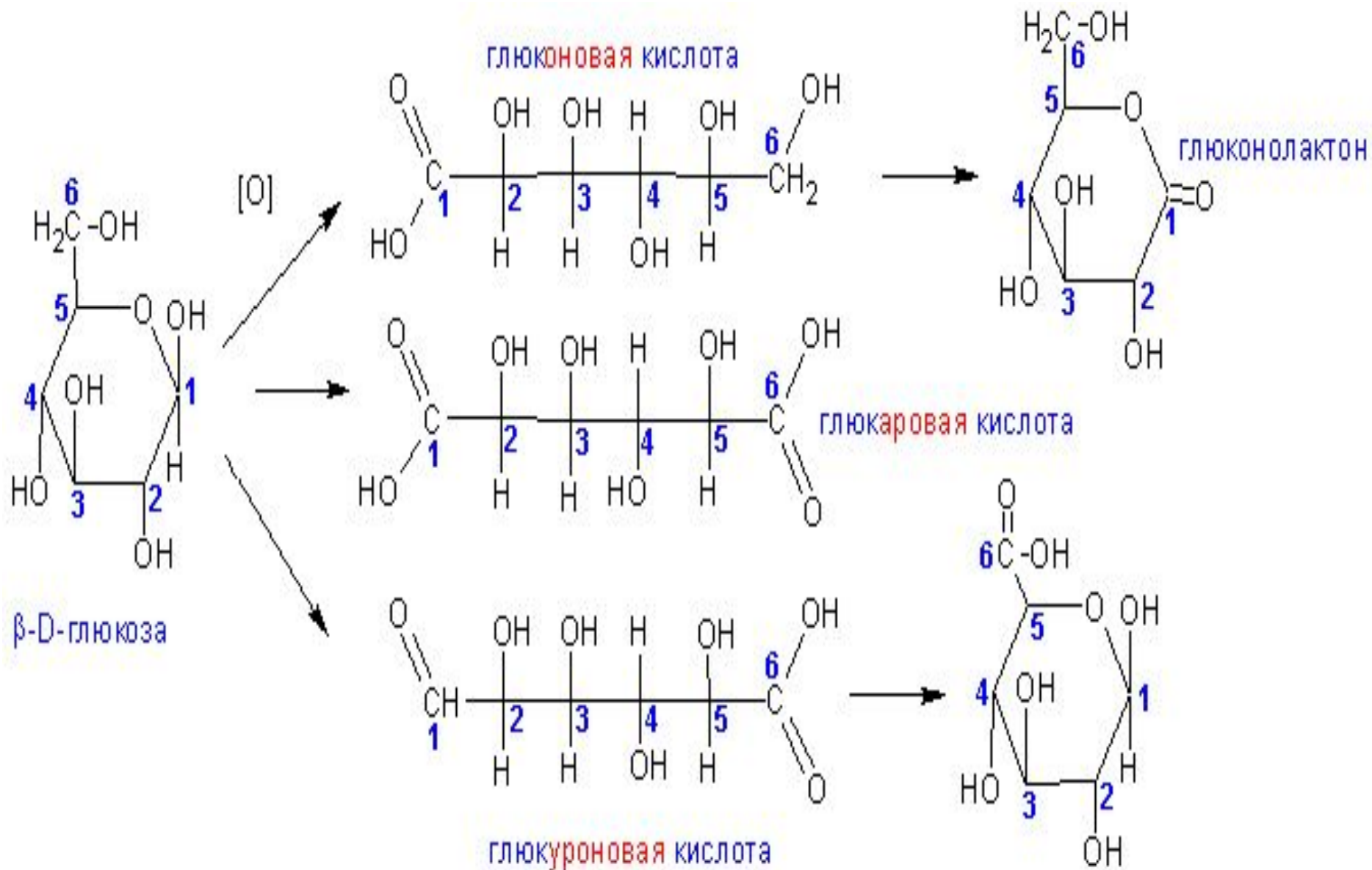
■ аннит

фруктоза

сорбит

глюкоза

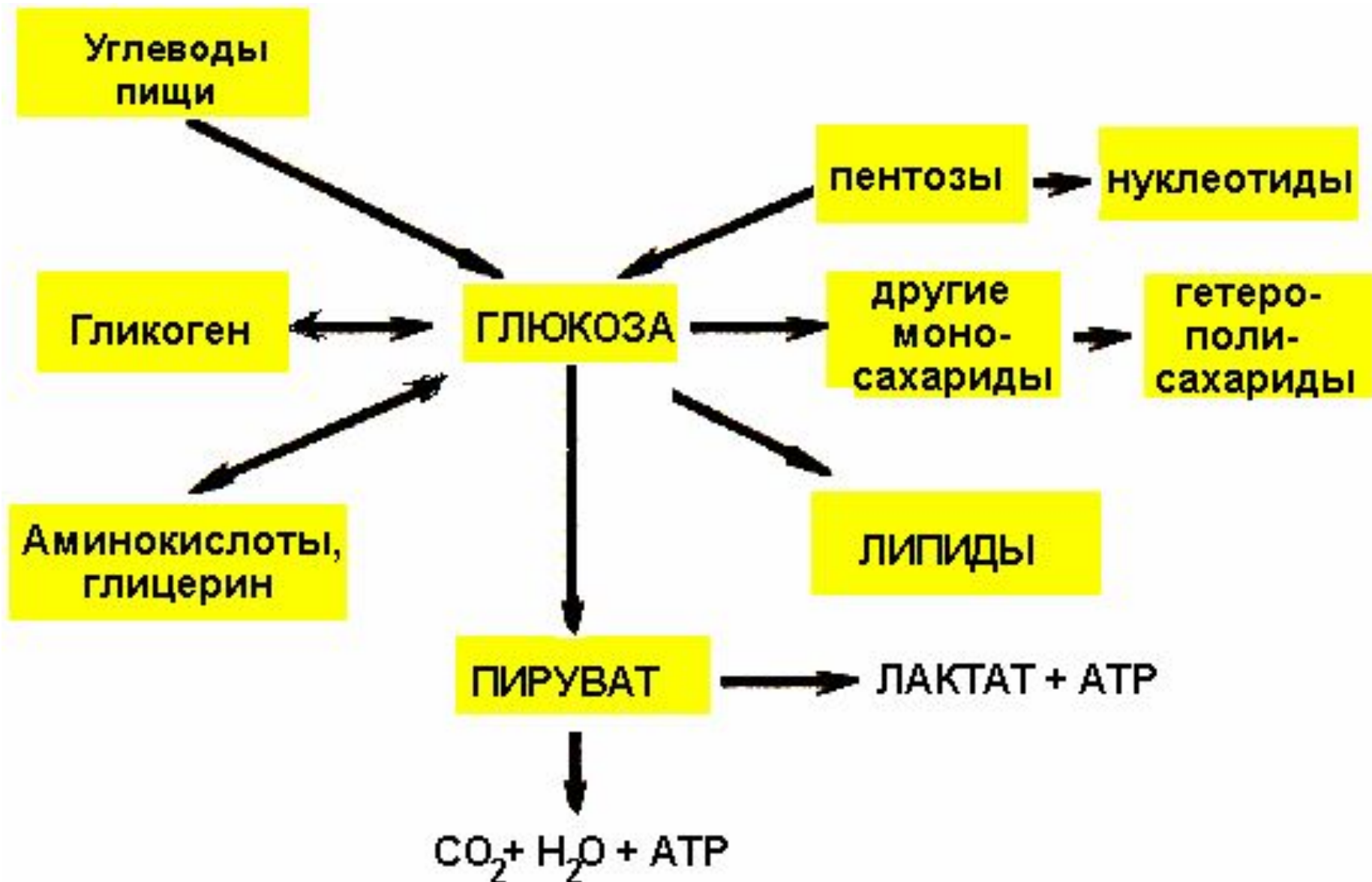
Окисление сахаров



Метаболизм углеводов



Метаболизм глюкозы

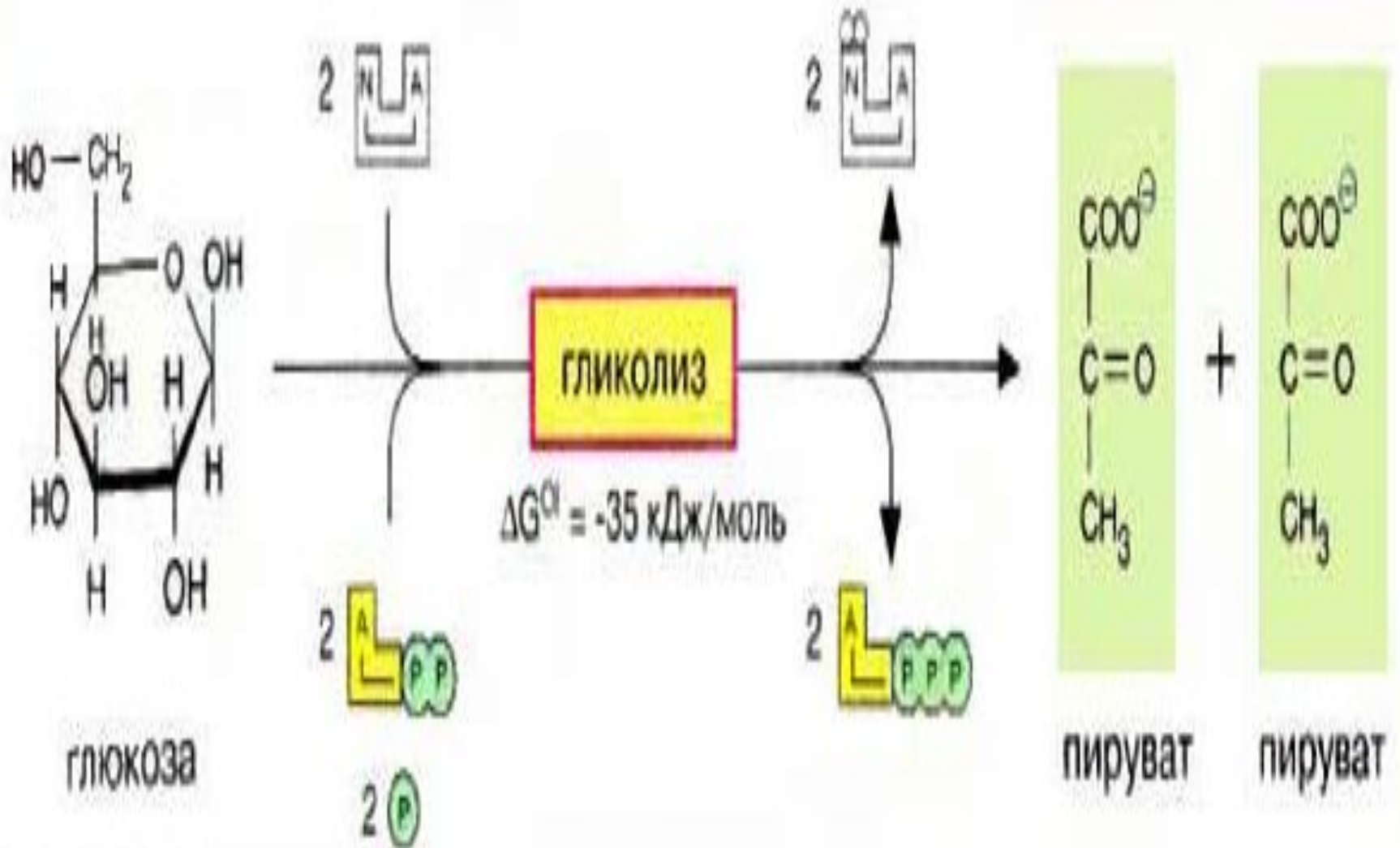


Катаболизм глюкозы



Гликолиз

/баланс/



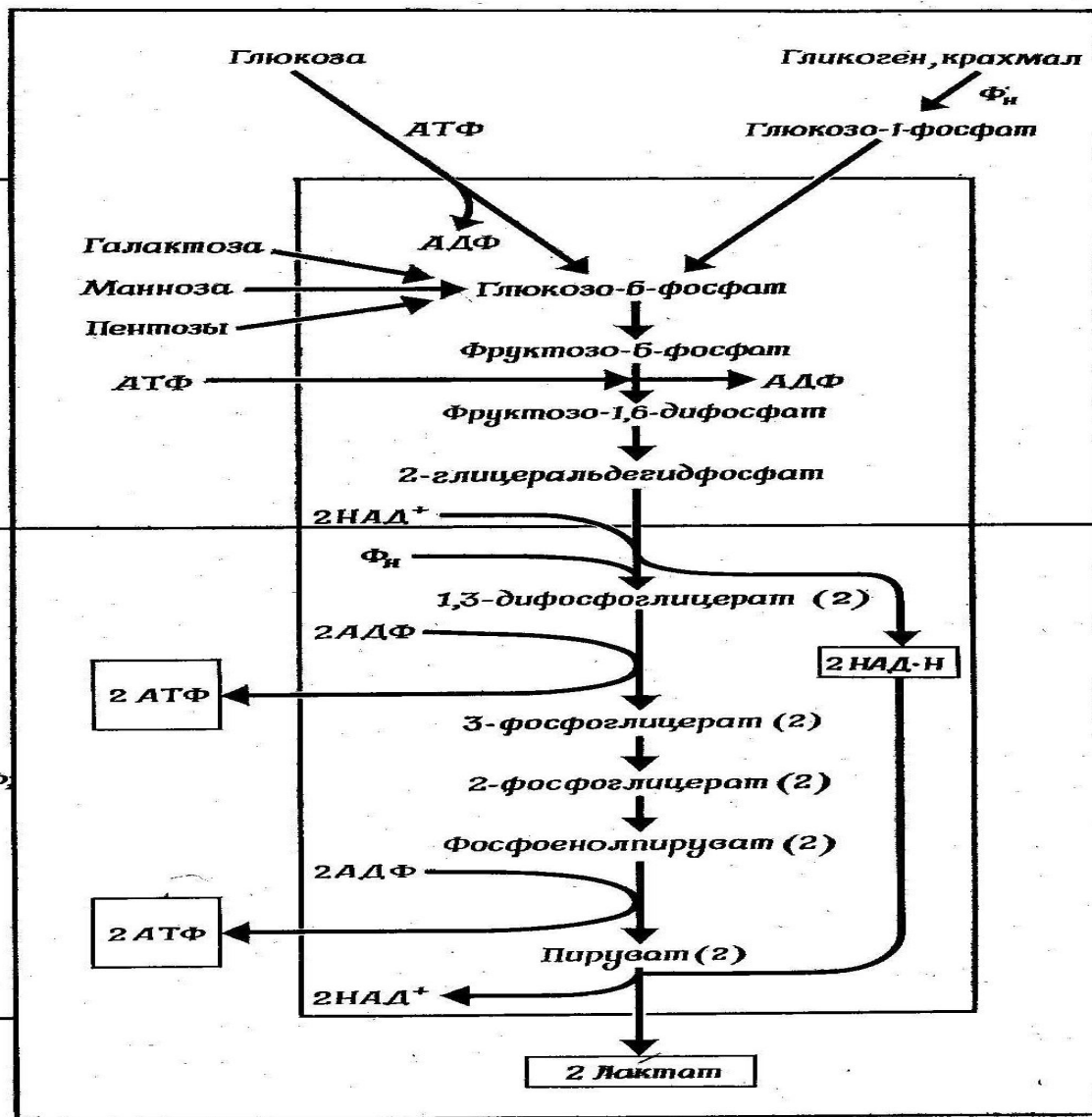
Гликолиз

Стадия I

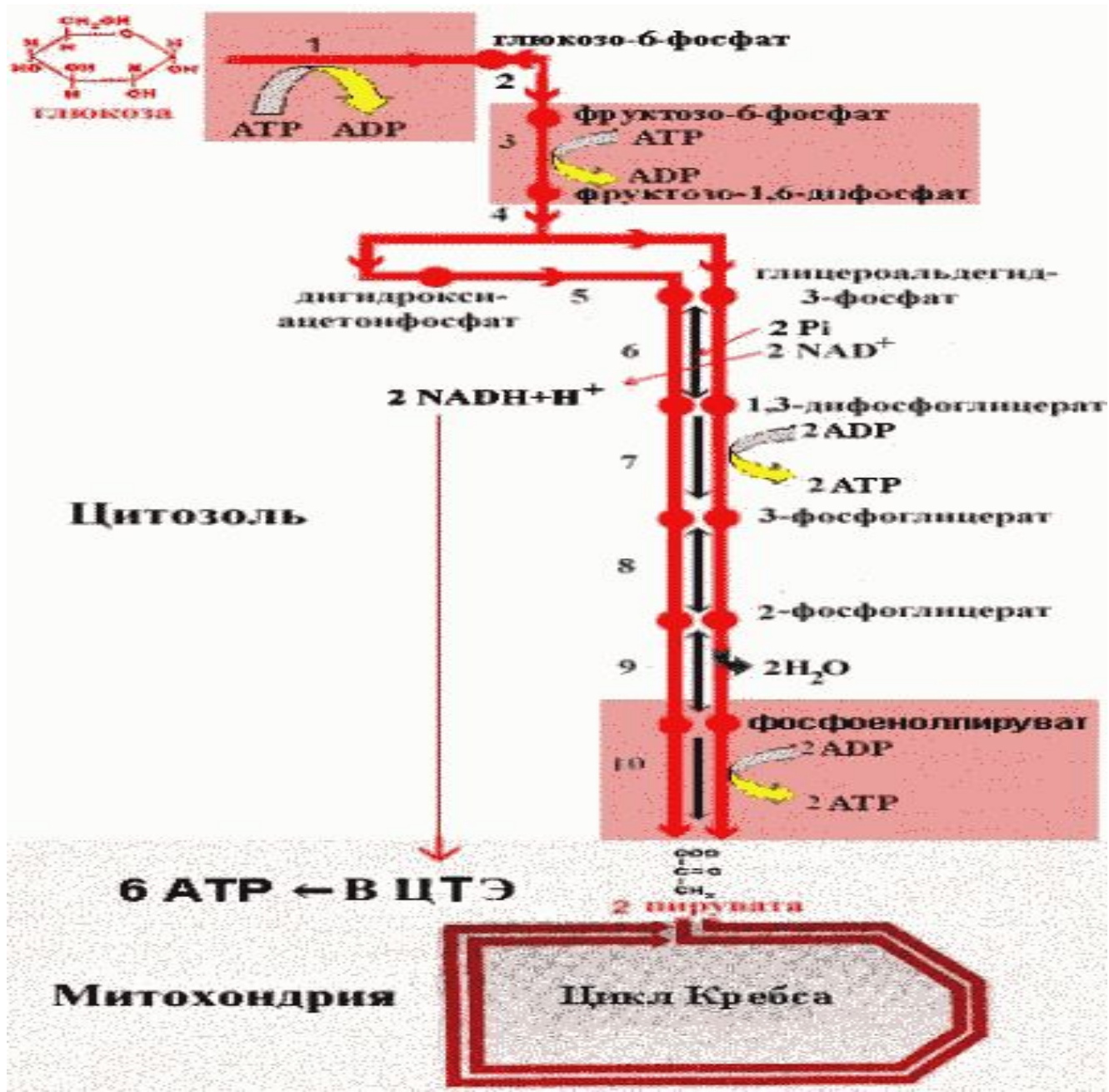
Накопление простых сахаров и их превращение в глицеральдегидфосфат; расходование АТФ

Стадия II

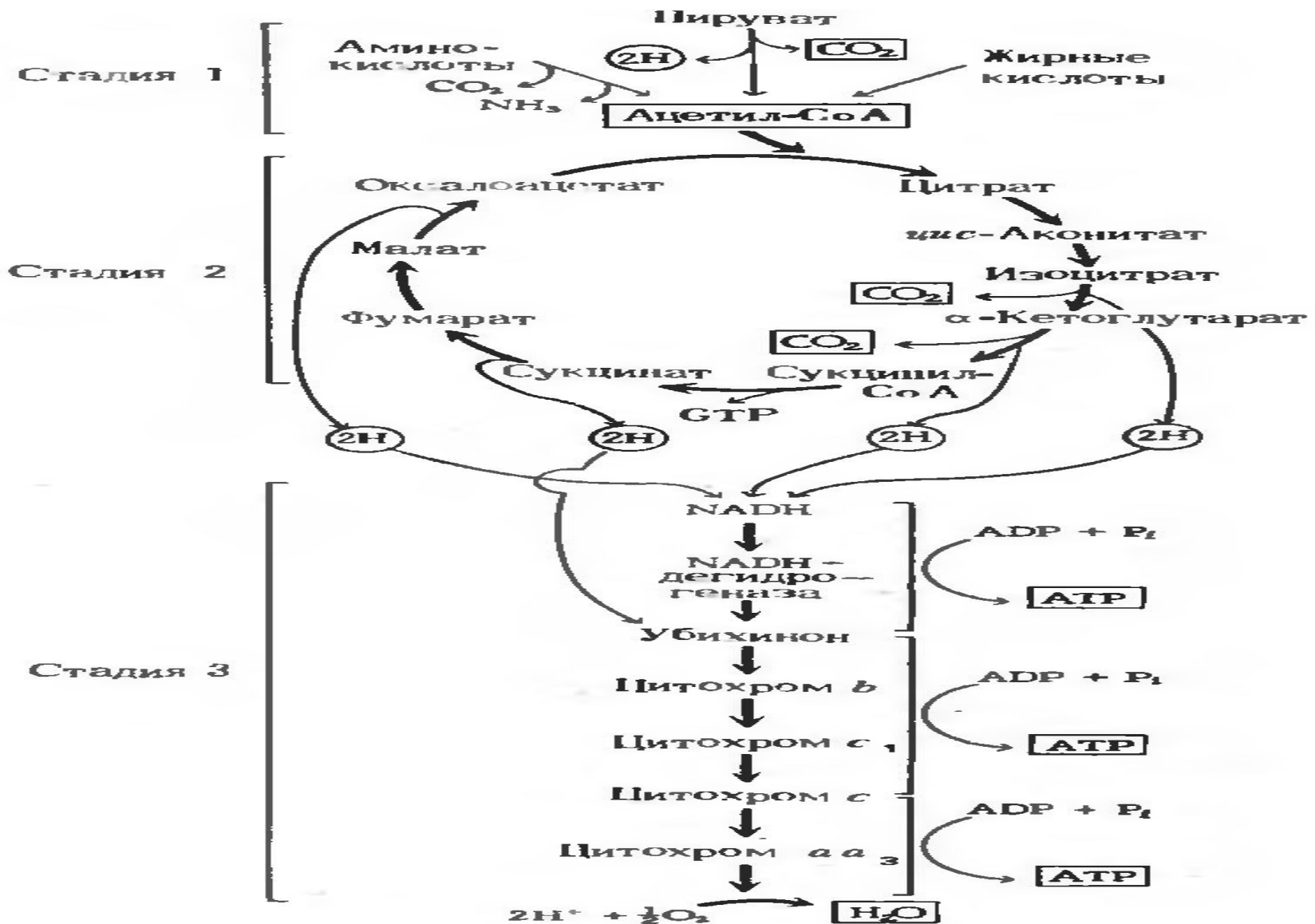
Окисление-восстановление и сопутствующее образование АТФ, образование лактата



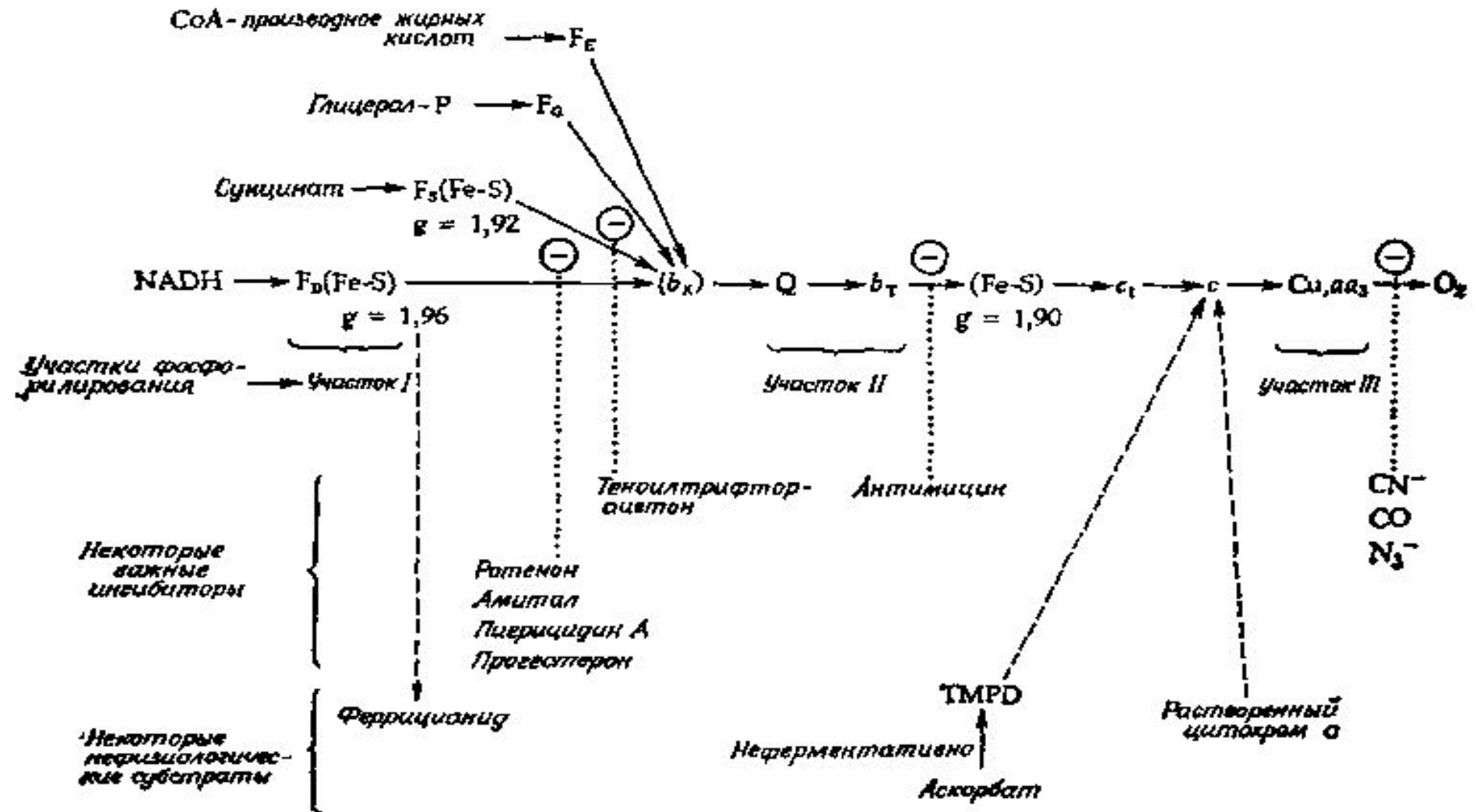
Аэробный распад глюкозы



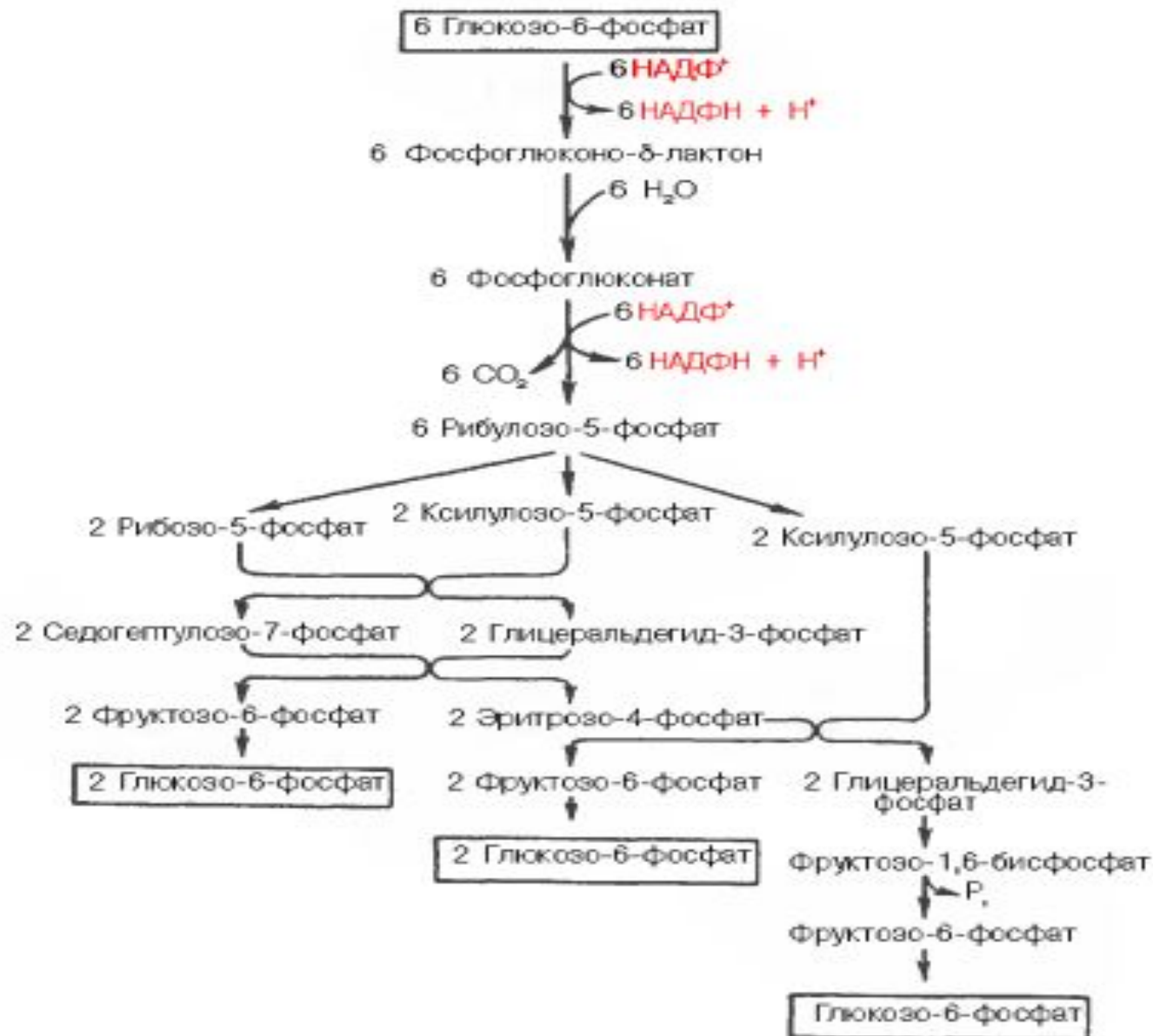
Цикл трикарбоновых кислот



Дыхательная /электрон-транспортная/ цепь митохондрий



Пентозофосфатный путь окисления глюкозы



Нарушения углеводного обмена

- **1.Нарушения гидролиза и всасывания углеводов** - недостаточность амилалитических ферментов желудочно-кишечного тракта, нарушение фосфорилирования глюкозы в кишечной стенке
- **2.Нарушения синтеза и расщепления гликогена** - усиление распада гликогена, снижение синтеза гликогена
- **3.Нарушения промежуточного обмена углеводов** - гипоксические состояния, расстройства функции печени, гиповитаминоз В₁
- **4.Гипергликемия** /повышение уровня сахара крови /- алиментарная гипергликемия, эмоциональная гипергликемия, гормональные гипергликемии, гипергликемии при некоторых видах наркоза, гипергликемия при недостаточности инсулина
- **5.Панкреатическая инсулиновая недостаточность** – при нарушении функции поджелудочной железы

Нарушения углеводного обмена

- **6.Внепанкреатическая инсулиновая недостаточность** - повышенная активность инсулиназы, хронические воспалительные процессы
- Нарушения обмена веществ при недостаточности инсулина - имеют место избыточная продукция и недостаточное использование глюкозы тканями,
- глюкозурия,
- нарушения жирового обмена - снижено образование жира из углеводов,
- образование кетоновых тела - ацетона, ацетоуксусной и β -оксимасляной кислот,
- нарушения белкового обмена – подавляются пластические процессы, снижается выработка антител, ухудшается заживление ран, понижается устойчивость организма к инфекциям.
- **7.Гипогликемия** /понижение уровня сахара крови ниже нормального/ возникает при недостаточном поступлении сахара в кровь, ускоренном выведении его из крови при:
 - повышенной продукции инсулина,
 - недостаточной продукции тироксина, адреналина, глюкокортикоидов (бронзовая болезнь) и др.,
 - поражении клеток печени,
 - углеводном голодании,
 - нарушении всасывания углеводов в кишечнике,
 - введении больших доз инсулина.