Углеводы

Углеводы – вещества, имеющие общую формулу

$$C_mH_{2n}O_n$$

(или близкую к ней)

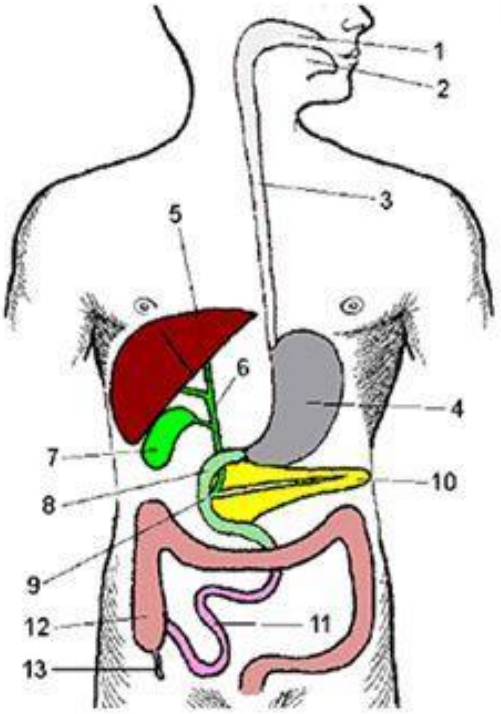
Например: глюкоза - $C_6H_{12}O_6$, где m=6, n=6

Функции углеводов:

- **Энергетическая** – преимущество углеводов состоит в их способности окисляться как в аэробных, так и в анаэробных условиях (глюкоза),
- **Защитно-механическая** – основное вещество поверхностей суставов, находятся в сосудах и слизистых оболочках (гиалуроновая кислота и другие гликозаминогликаны),
- **Опорно-структурная** – целлюлоза в растениях, гликозаминогликаны в составе протеогликанов, например, хондроитинсульфат в соединительной ткани,
- **Гидроосмотическая** и **ионрегулирующая** – гетерополисахариды обладают высокой гидрофильностью, отрицательным зарядом и, таким образом, удерживают H_2O, ионы Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^{+} в межклеточном веществе, обеспечивают тургор кожи, упругость тканей,
- **Кофакторная** – гепарин является кофактором липопротеинлипазы плазмы крови и ферментов свертывания крови (инактивирует тромбокиназу).

Потребность в углеводах

- Потребность в углеводах взрослого организма составляет 350-400 г в сутки, при этом целлюлозы и других пищевых волокон должно быть не менее 30-40 г.
- С пищей в основном поступают крахмал, гликоген, целлюлоза, сахароза, лактоза, мальтоза, глюкоза и фруктоза, рибоза.



В ротовой полости углеводы перевариваются ферментом слюны *α-амилазой(гликозид-гидролаза).* Фермент расщепляет внутренние α(1→4) гликозидные связи и относится к эндогликозидазам. Амилаза легко проходит через клеточные барьеры, активность ее высока как в крови, так и в моче.

При этом образуются продукты неполного гидролиза крахмала (или гликогена) – декстрины. В небольшом количестве образуется и мальтоза. В активном центре α-амилазы находятся ионы Ca^{++}. α-амилазы животного происхождения также активируется ионами Cl^{-}.

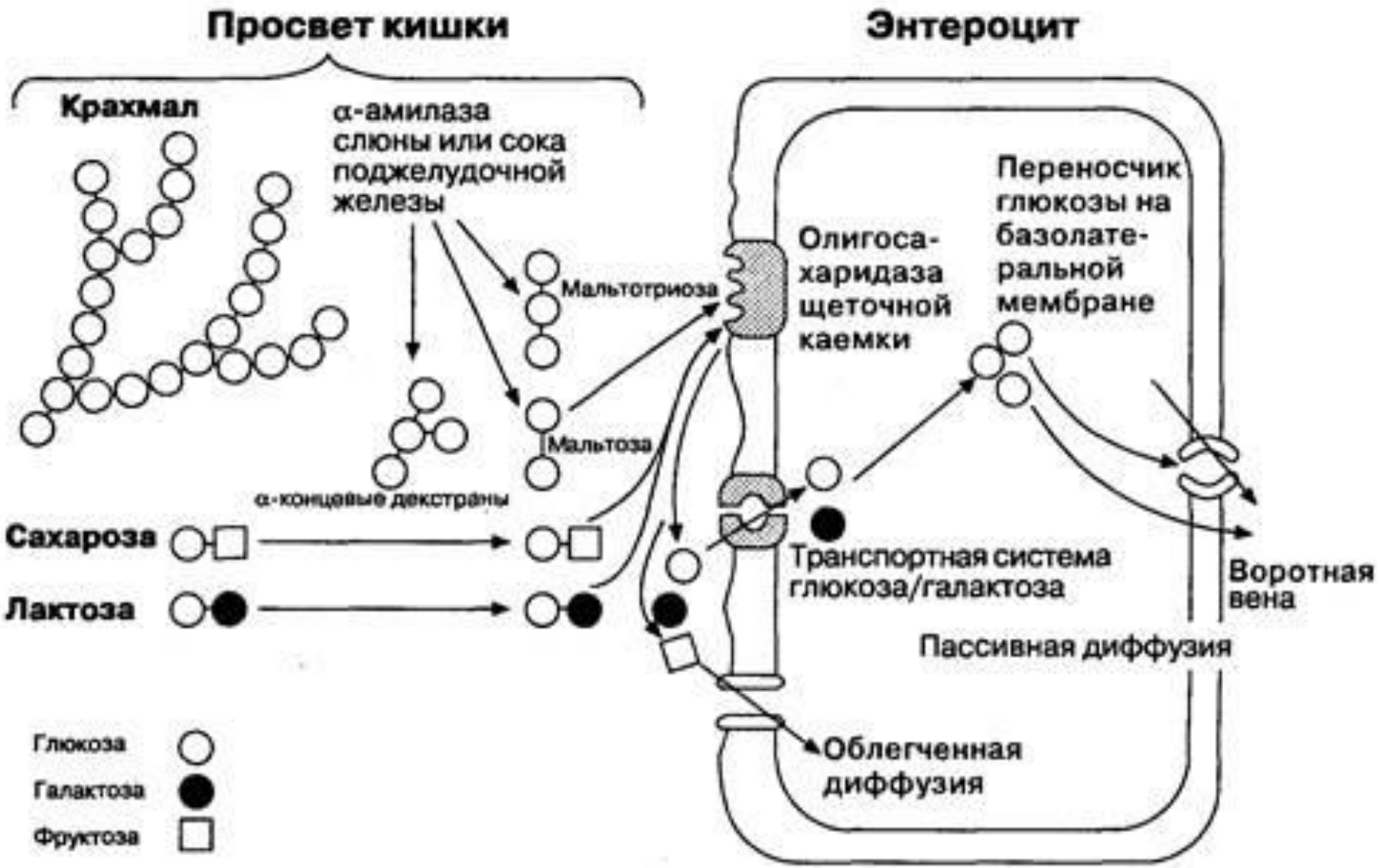
У некоторых животных (лошади, собаки) α-амилаза отсутствует, крахмал переваривается в тонкой кишке под действием панкреатической амилазы

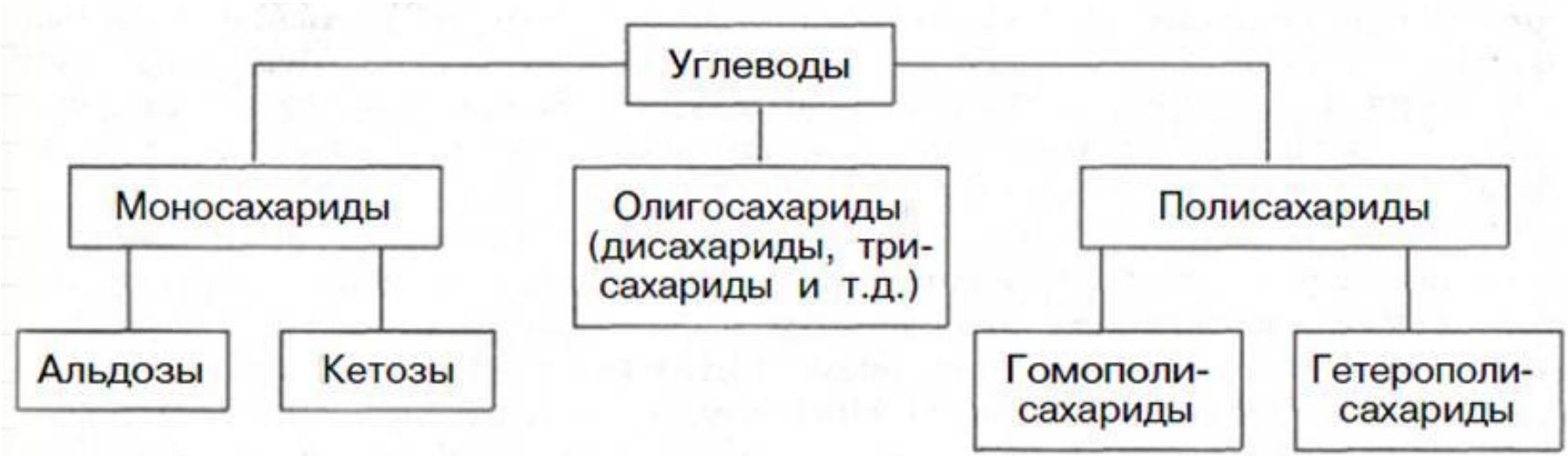
Кроме α-амилазы существуют еще 2 вида амилаз –β- и γ амилазы. Они содержатся в тканях.

β –амилаза гидролизует крахмал с отщеплением мальтазы, т.е. яв-ся экзогликозидазой.

Молочный сахар лактоза расщепляется *лактазой* до глюкозы и галактозы. Мальтоза, сахароза и лактоза гидролизуются в гликокаликсе энтероцитов (пристеночное пищеварение).

Непереносимость некоторыми людьми молока, проявляющаяся болями в животе, его вздутием (метеоризм) и поносом, обусловлена снижением активности лактазы. У младенцев этот фермент, как правило, весьма активен, но к периоду отнятия от груди синтез его прекращается у 15% детей стран Европы и 80% детей стран Востока, Азии, Африки, Японии (врождённый, генетический, дефект).


Просвет кишки
Энтероцит
Крахмал
α-амилаза слюны или сока поджелудочной железы
Мальтотриоза
Мальтоза
α-концевые декстраны
Сахароза
Лактоза
Олигосахаридаза щеточной каемки
Переносчик глюкозы на базолатеральной мембране
Транспортная система глюкоза/галактоза
Воротная вена
Пассивная диффузия
Облегченная диффузия
Глюкоза
Галактоза
Фруктоза


Углеводы
Моносахариды
Олигосахариды (дисахариды, три-сахариды и т.д.)
Полисахариды
Альдозы
Кетозы
Гомополи-сахариды
Гетерополи-сахариды

Моносахариды

$C_n(H_2O)_n$

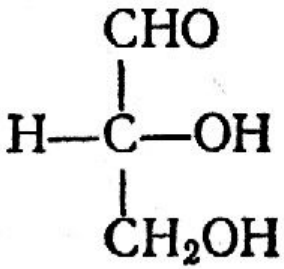
Моносахариды представляют собой полигидроксиальдегиды и полигидроксикетоны, которые называются соответственно альдозами и кетозами.

Все альдозы дают характерные реакции на альдегиды.

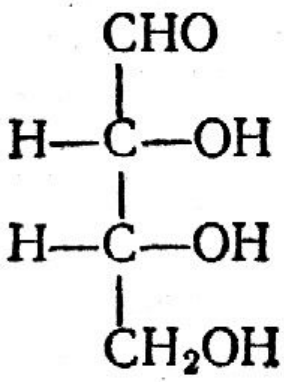
По числу атомов углерода в молекуле (обычно оно равно числу атомов кислорода), среди моносахаридов различают *триозы*, *тетрозы*, *пентозы*, *гексозы*, *гептозы* и т. д.

К этим названиям при построении названий моносахаридов присоединяют функциональную приставку (альдо- или кето-).

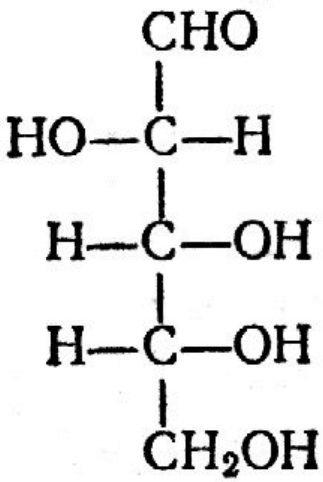
альдотриоза



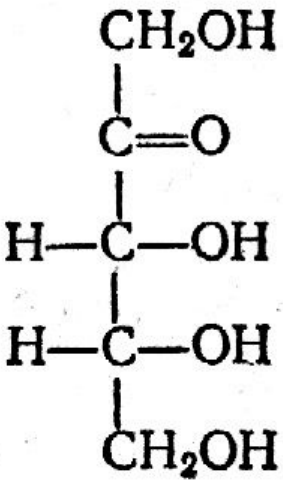
альдотетроза



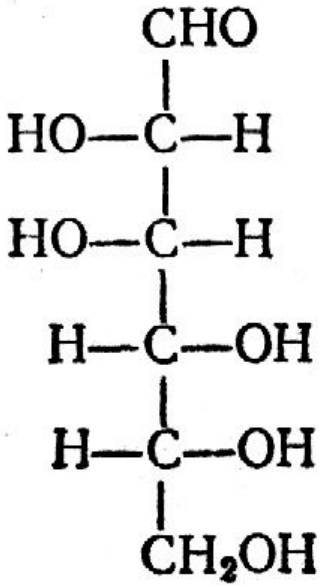
альдопентоза



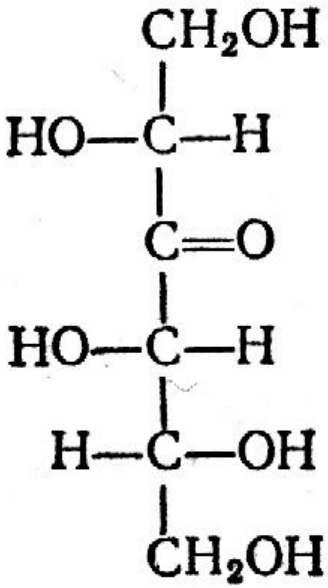
кетопентоза

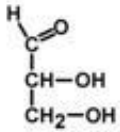
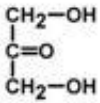
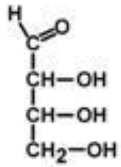
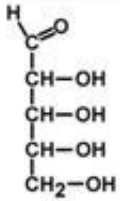
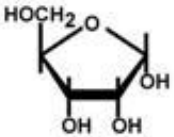
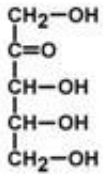
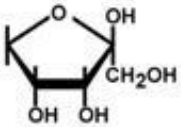
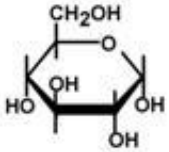
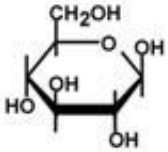
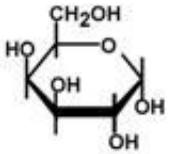
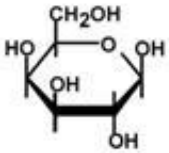
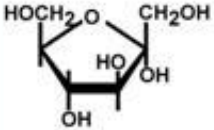
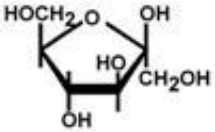


альдогексоза



кетогексоза



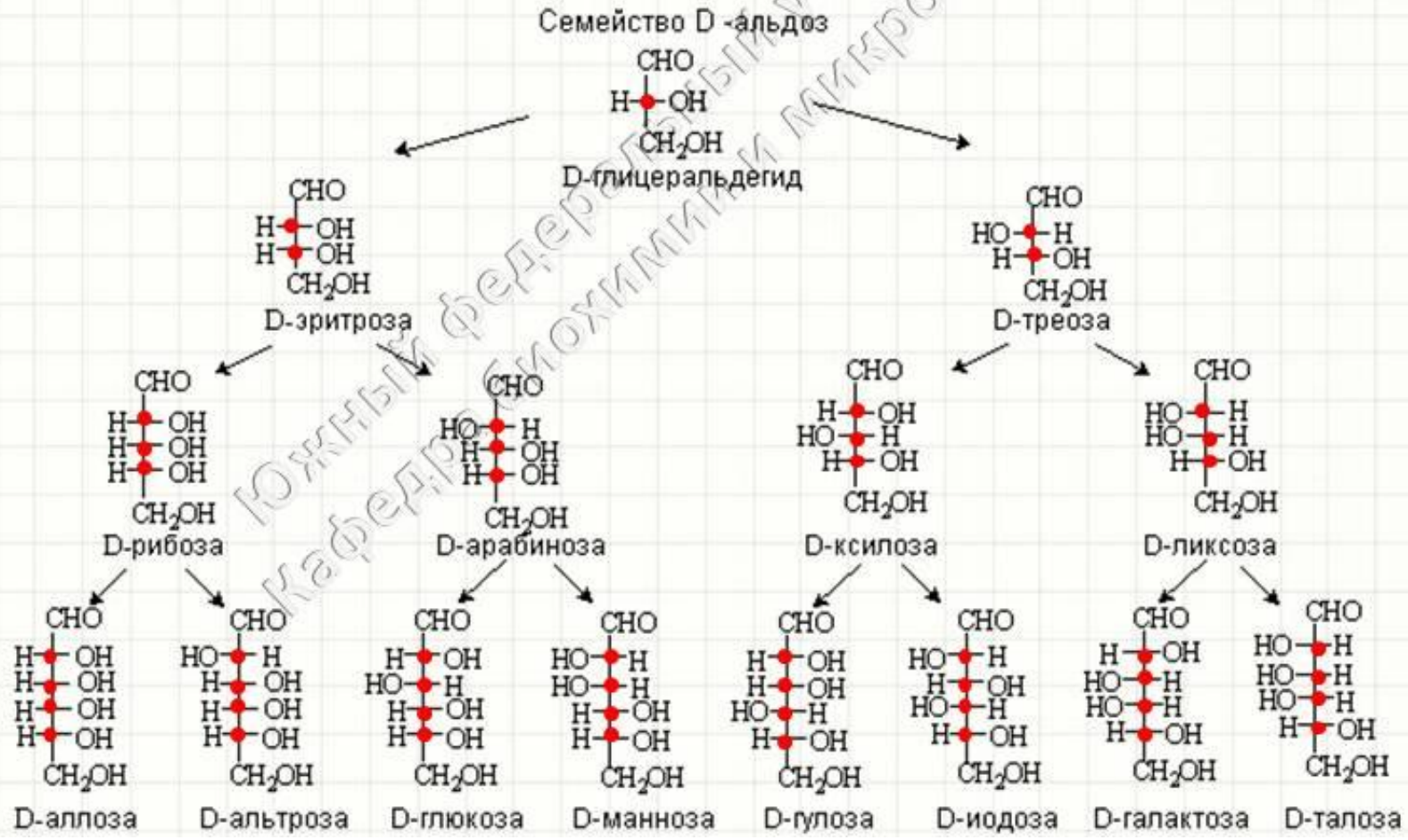
	Альдозы	Кетозы
Триозы	 Глицеральдегид	 Диоксиацетон
Тетрозы	 Эритроза	
Пентозы	 Рибоза  Рибоза	 Рибулоза  Рибулоза
Гексозы	 α-Глюкоза  β-Глюкоза  α-Галактоза  β-Галактоза	 α-Фруктоза  β-Фруктоза

1. **Все моносахариды оптически активны, поскольку в их молекулах имеются асимметрические атомы углерода.**
2. **2. Число асимметричных атомов углерода в моносахариде растет по мере удлинения цепи.**

➢Общее число стереоизомеров для любого моносахарида выражается формулой

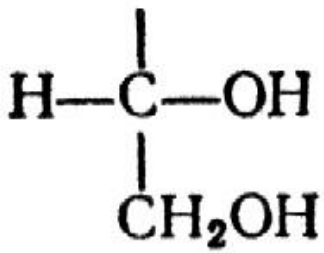
N = 2n, где

N – число стереоизомеров, а n – число асимметричных атомов углерода.

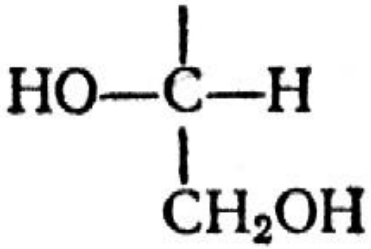


Южный федеральный университет
Кафедра биохимии и микробиологии

3. В зависимости от того, где расположена группа —OH у предпоследнего атома C в углеродной цепи, изомерные углеводы будут D - или L-соединениями (лат. *lævus* — *левый*, лат. *dexter* — *правый*).

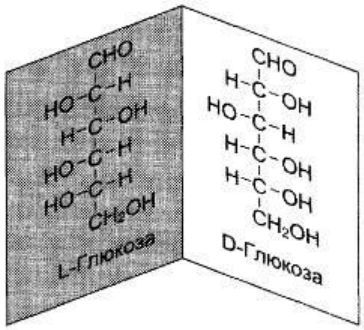


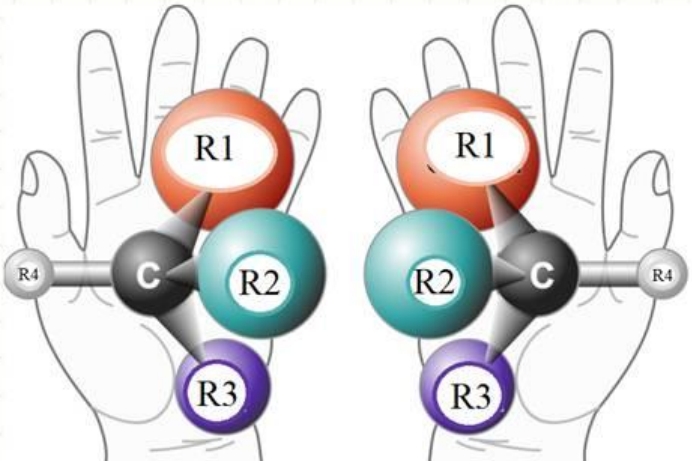
D-изомер



L-изомер

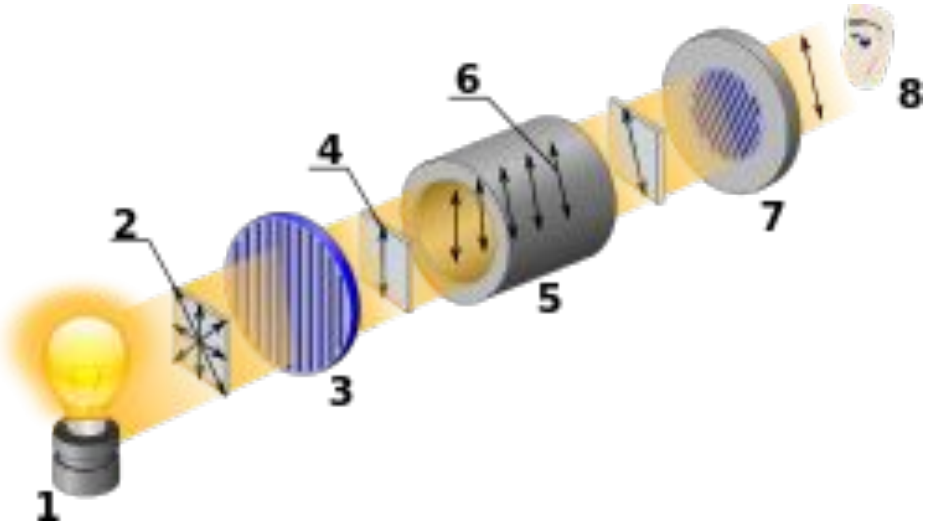
Природные гексозы: глюкоза, фруктоза, манноза и галактоза – принадлежат, как правило, к соединениям D-ряда





Энантиомеры (др.-греч. ἐνάντιος + μέρος — противоположный + часть, мера) — пара стереоизомеров, представляющих собой зеркальные отражения друг друга, не совмещаемые в пространстве.

Энантиомер именуется по направлению, в котором его раствор вращает плоскость поляризации света. Если вращение происходит по часовой стрелке, то такой энантиомер называется (+), или правовращающим. Его оптический антипод именуется (–), или левовращающим.

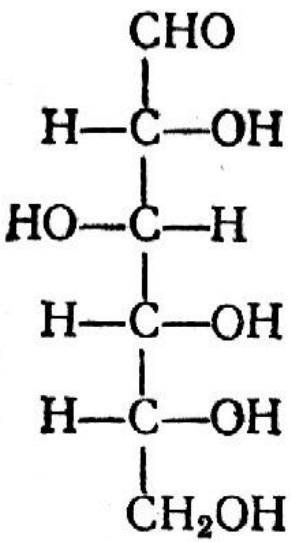


Измерение оптической активности при помощи поляриметра: 1 — источник света, 2 — неполяризованный свет, 3 — поляризатор, 4 — поляризованный свет, 5 — кювета с раствором вещества, 6 — оптическое вращение 30°, 7 — анализатор, 8 — наблюдатель

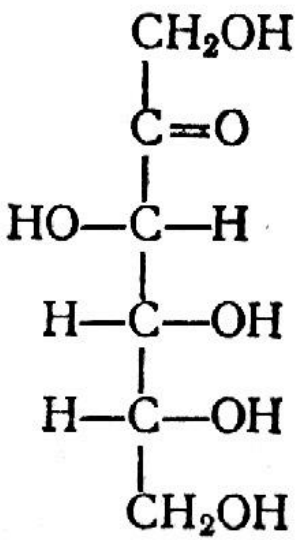
Моносахариды существуют в открытой (ациклической) и закрытой (циклической) таутомерных формах.

Поэтому структурные формулы сахаридов изображают двояко:

ациклические формулы

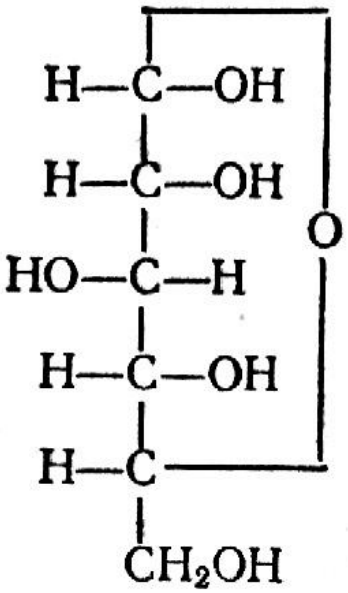


альдоза

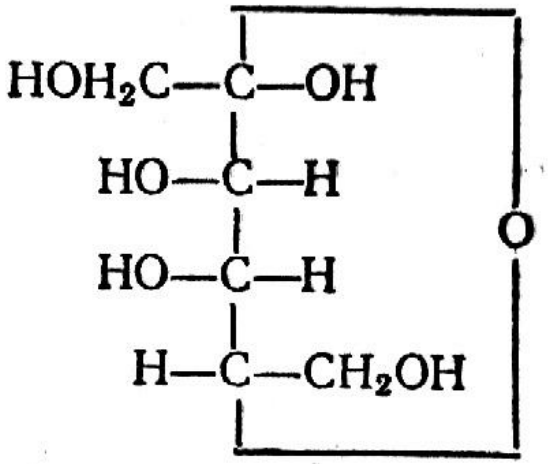


кетоза

циклические формулы



альдоза

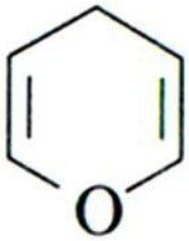


кетоза

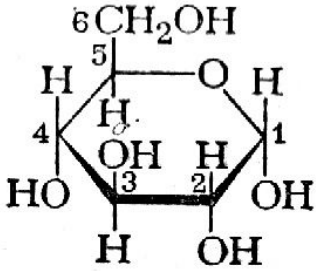
Углеводы с шестичленными циклами называются *пиранозами*, а углеводы с пятичленными циклами — *фуранозами* (от наименования соответствующих гетероциклических систем — пиран и фуран).

Примеры циклических пространственных формул моносахаридов:

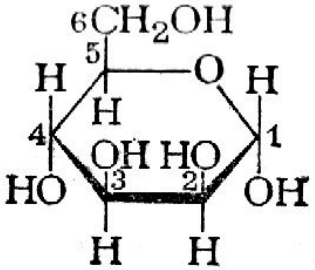
фуран



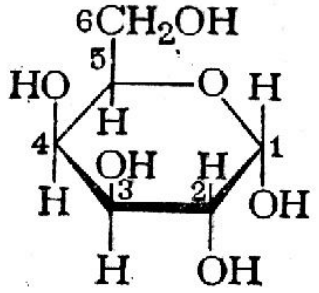
пиран



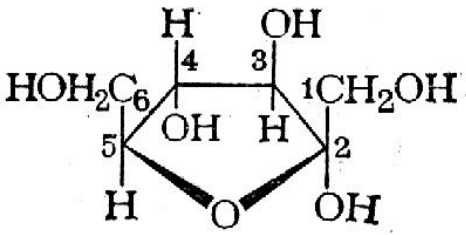
D(+)-Глюкопираноза



D(+)-Маннопираноза

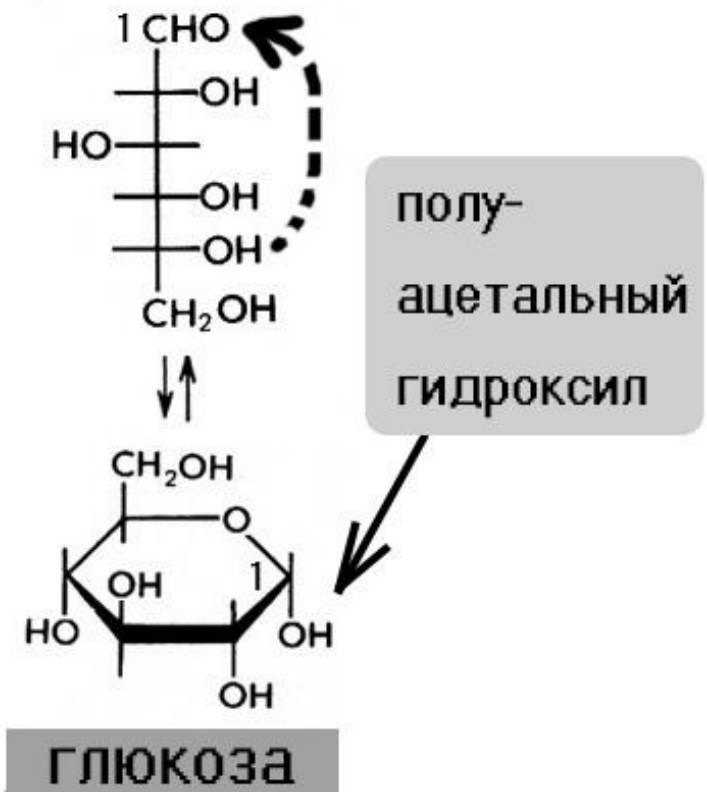


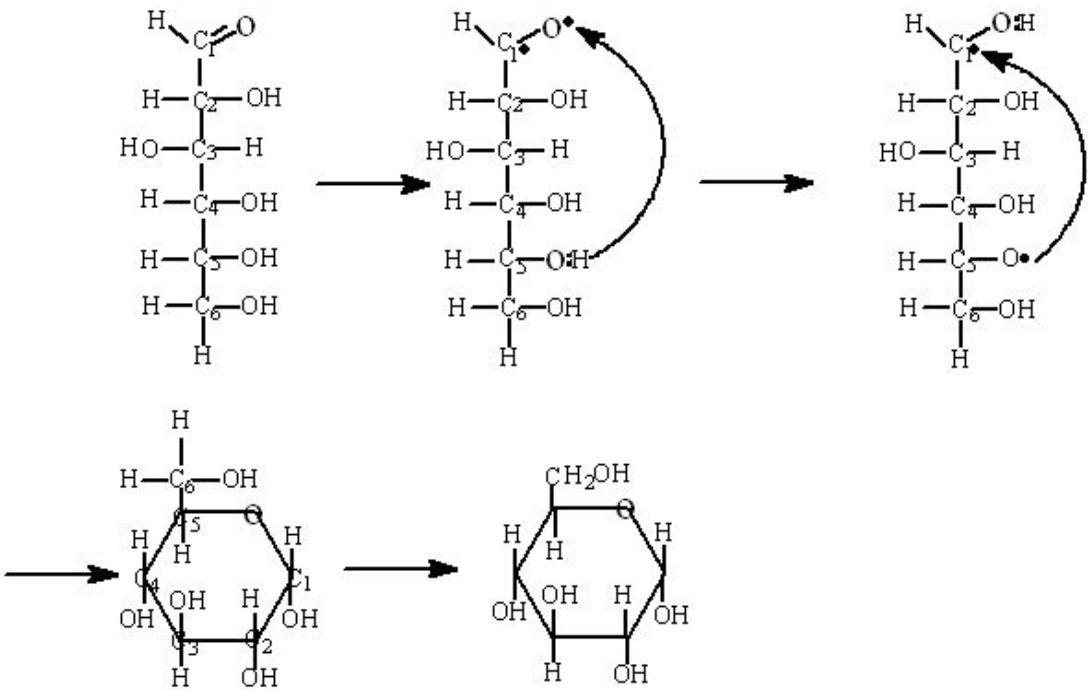
D(+)-Галактопираноза



D(–)-Фруктофураноза

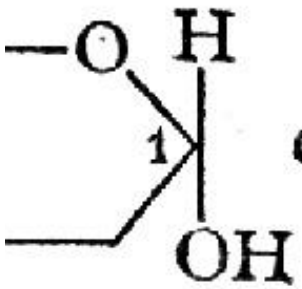
Гидроксил, образующийся в результате циклизации, называется полуацетальным.



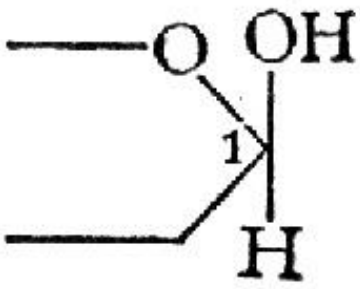


Полуацетальный гидроксил резко отличается по свойствам от других гидроксильных групп молекулы. Он легко может замещаться на другие нуклеофильные группировки, в результате чего образуются различные производные сахаров.

Расположение группы ОН выше или ниже плоскости цикла у атома С в положении (1) влияет на физические свойства изомеров (растворимость, температура плавления, оптическое вращение).



α-Глюкоза



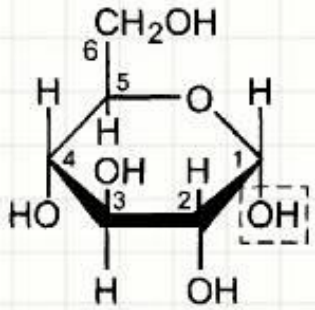
β-Глюкоза

Следует обратить внимание на то, что α- и β- глюкозы – это не оптические антиподы, а *диастереоизомеры*, т, е. пространственные изомеры, отличающиеся конфигурационным окружением хирального атома углерода (в данном случае — пространственным расположением группы ОН и атома Н).

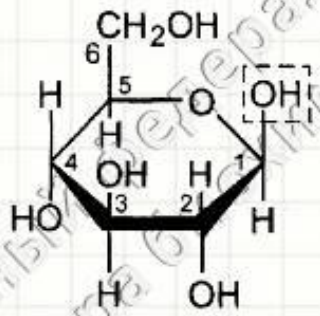
Аномеризация - это взаимопревращение аномерных форм моносахаридов в растворе.

альфа и бета-аномеры в растворе находятся в состоянии равновесия.

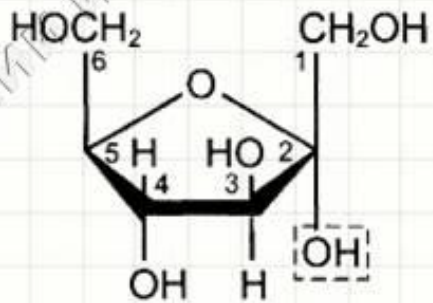
При достижении этого равновесия происходит **мутаротация** - размыкание пиранового кольца и изменение положения атома Н и группы –ОН при первом углероде моносахарида



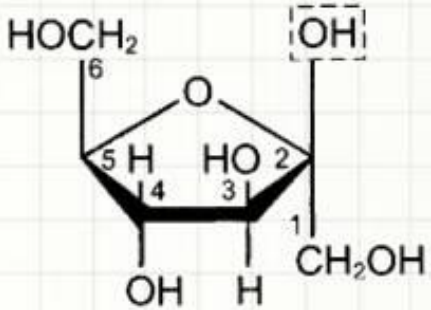
α-D-Глюкоза



β-D-Глюкоза



α-D-Фруктоза



β-D-Фруктоза

мутаротация аномеров D-глюкозы

мутаротация аномеров D-фруктозы

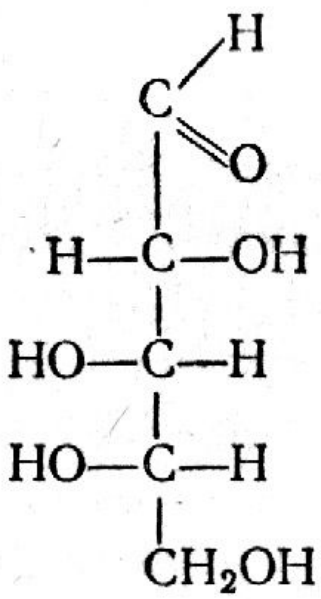
Южный федеральный университет
Кафедра биоорганической химии и микробиологии

Наиболее важными для живых организмов моносахаридами являются пентозы и гексозы

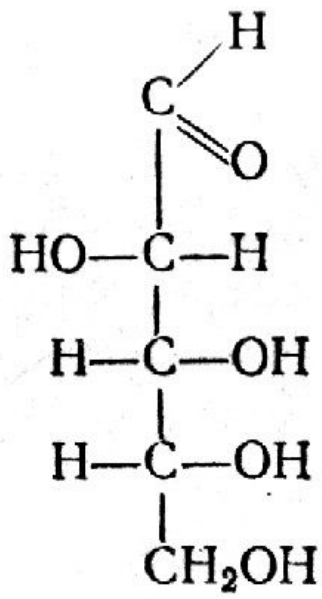
Пентозы

Моносахариды с пятью атомами углерода и пятью атомами кислорода не встречаются в природе в свободном виде, но являются важными составными частями олиго- и полисахаридов, содержащихся, например, в древесине.

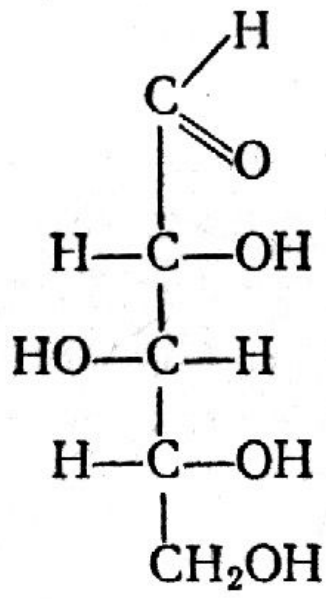
Примеры известных альдопентоз:



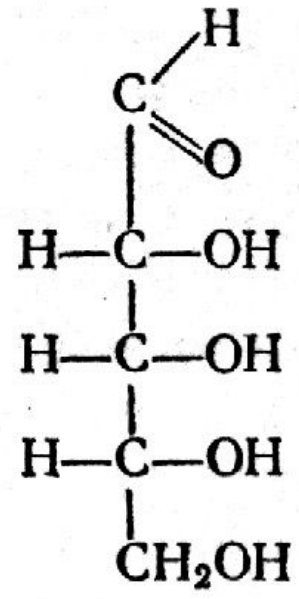
L (+)-арабиноза



D (—)-арабиноза



D (+)-ксилоза



D (—)-рибоза

1. L-Арабиноза входит в состав вишневого клея и свеклы;

2. D-арабиноза является компонентом сока алоэ;

3. D-Ксилоза может быть выделена из отрубей, древесины, соломы, шелухи семечек подсолнечника;

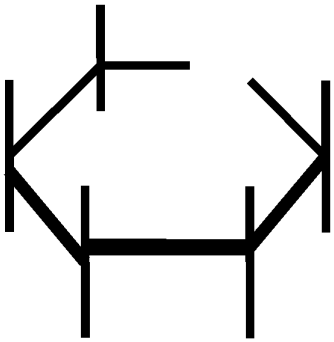
4. D-рибоза входит в состав природных нуклеиновых кислот.

Гексозы

Моносахариды с шестью атомами углерода, несущими атомы кислорода, встречаются в природе в свободном виде и входят в состав природных олиго- и полисахаридов.

Кроме того, они образуют *гликозиды* — продукты конденсации со спиртами, тиолами и аминами.

Глюкоза



ДИСАХАРИДЫ

Дисахариды (простейшие олигосахарнды) образуются при конденсации двух молекул моносахаридов с отщеплением воды, например:

$$C_6H_{12}O_6 + C_6H_{12}O_6 \longrightarrow C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O$$

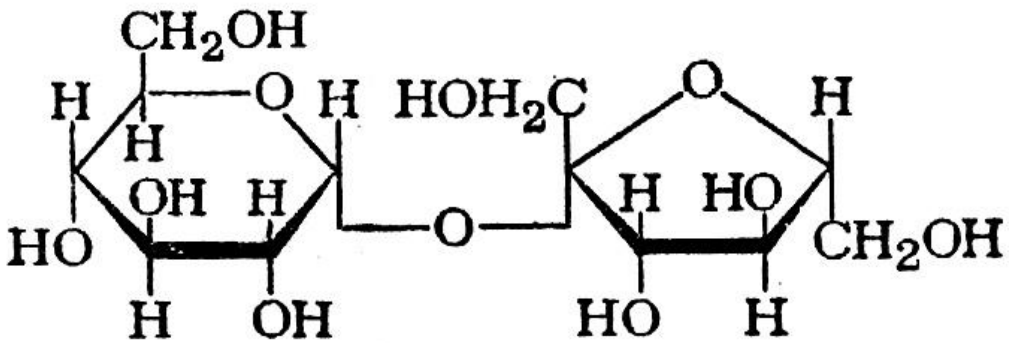
Связывание молекул моносахаридов происходит через **полуацетальный гидроксил** одной молекулы и **любой (в том числе и полуацетальный) гидроксил** другой молекулы. Образующуюся связь между двумя моносахаридами называют **гликозидной**.

Если в образовании связи принимают участие два полуацетальных гидроксила, образуются такие дисахариды, как сахароза, лишенные восстановительных свойств (*невосстанавливающие дисахариды*), в другом случае случае — *восстанавливающие дисахариды*, как лактоза.

Наиболее известными представителями дисахаридов являются:

1. **Сахароза.** **Является весьма распространённым в природе дисахаридом, она встречается во многих фруктах, плодах и ягодах. Особенно велико содержание сахарозы в сахарной свёкле и сахарном тростнике, которые и используются для промышленного производства пищевого сахара.**

Сахароза

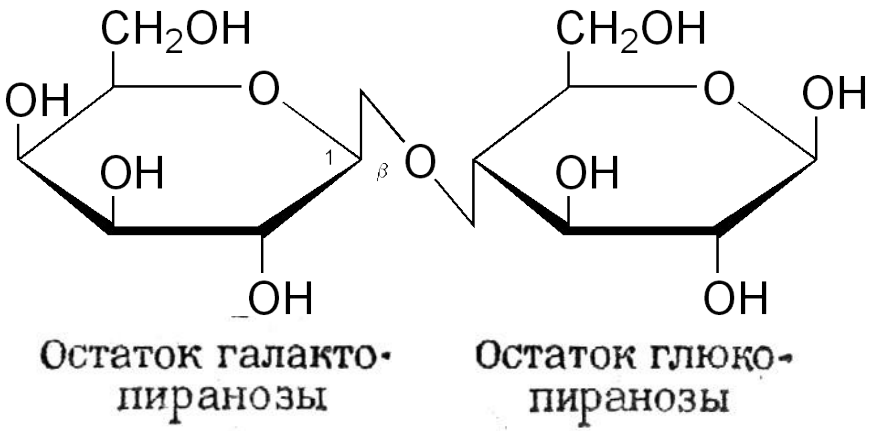


Остаток глюко-пиранозы

Остаток фрукто-фуранозы

2. **Лактоза** (от лат. *lac* — молоко) содержится в молоке и молочных продуктах. Лактозу иногда называют молочным сахаром.

Лактоза - дисахарид, состоящий из β-D-галактозы и β-D-глюкозы.

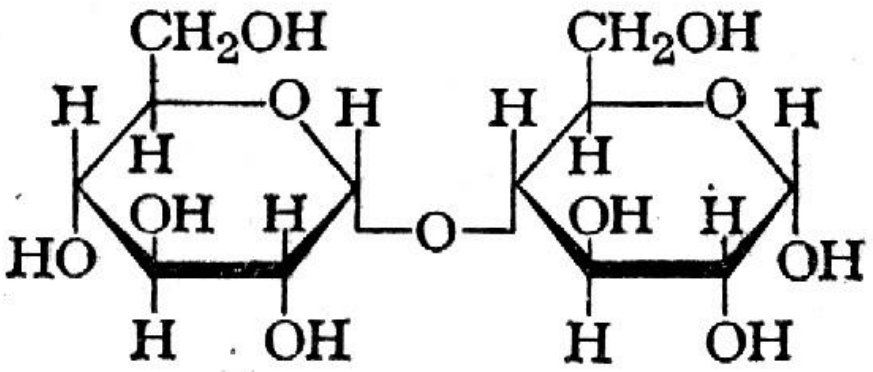


Следовательно, лактоза, как и всякий другой альдегид, способна восстанавливать фелингову жидкость, т. е. она является *восстанавливающим* дисахаридом.

В положении (1) остатка D-глюкозы имеется свободная полуацетальная группа OH, поэтому лактоза может переходить в альдегидную форму:

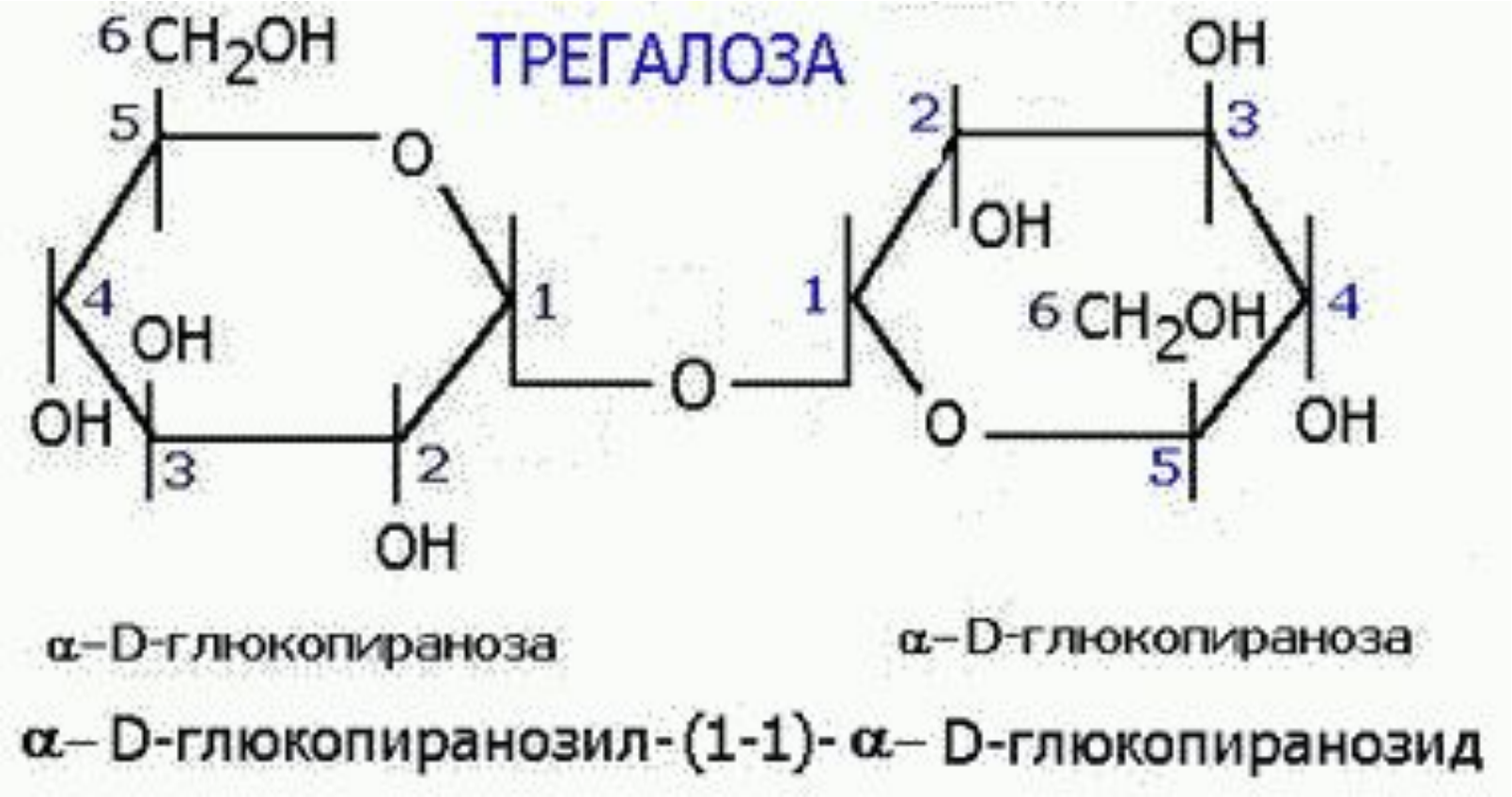
3. Мальтоза (солодовый сахар) содержится в больших количествах в проросших зёрнах (солоде) ячменя, ржи и других зерновых; обнаружен также в томатах, в пыльце и нектаре ряда растений.

Мальтоза



В промышленности мальтозу получают при неполном ферментативном гидролизе крахмала, содержащегося в солоде, т. е. в проросших ячменных зернах. Как и лактоза, мальтоза является *восстанавливающим дисахаридом*.

Трегало́за или **мико́за** — углевод из группы невосстанавливающих дисахаридов В природной трегалозе 2 остатка D-глюкозы связаны α-1,1-гликозидной связью.Трегалоза впервые была выделена из спорыньи, содержится также в водорослях, дрожжах, высших грибах, лишайниках, в некоторых высших растениях, гемолимфе ряда червей и насекомых.

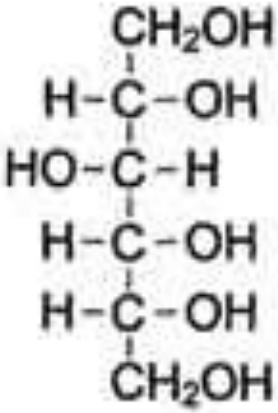


Рафиноза (раффиноза) — невосстанавливающий трисахарид, состоящий из остатков D-галактозы, D-глюкозы и D-фруктозы. Бесцветное растворимое в воде вещество с температурой плавления 80 °C (пентагидрат) и 119—120 °C (безводная). Один из распространённых растительных резервных углеводов (сахарная свёкла, семена хлопчатника и др.).

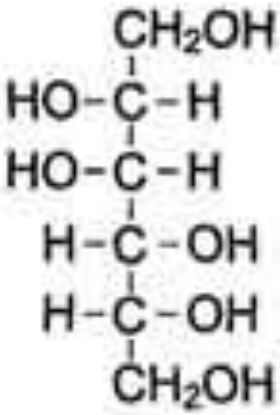
Производные моносахаридов

Сахароспирты

D-сорбит

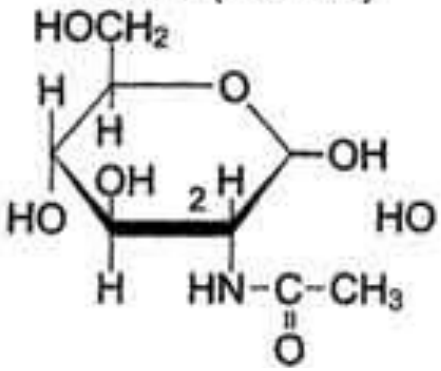


D-маннит

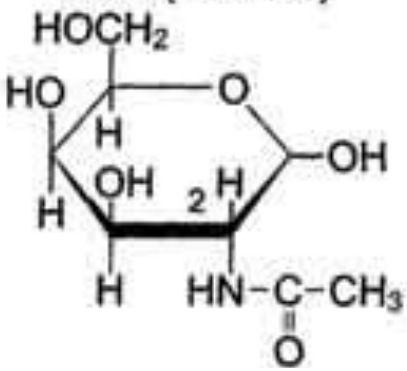


Ацетилированные аминосахара

N-ацетил-D-глюкозамин (GlcNAc)

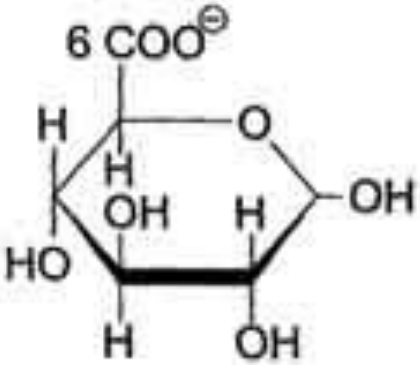


N-ацетил-D-галактозамин (GalNAc)

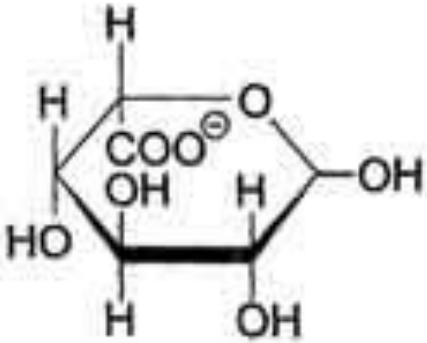


Кислые моносахариды

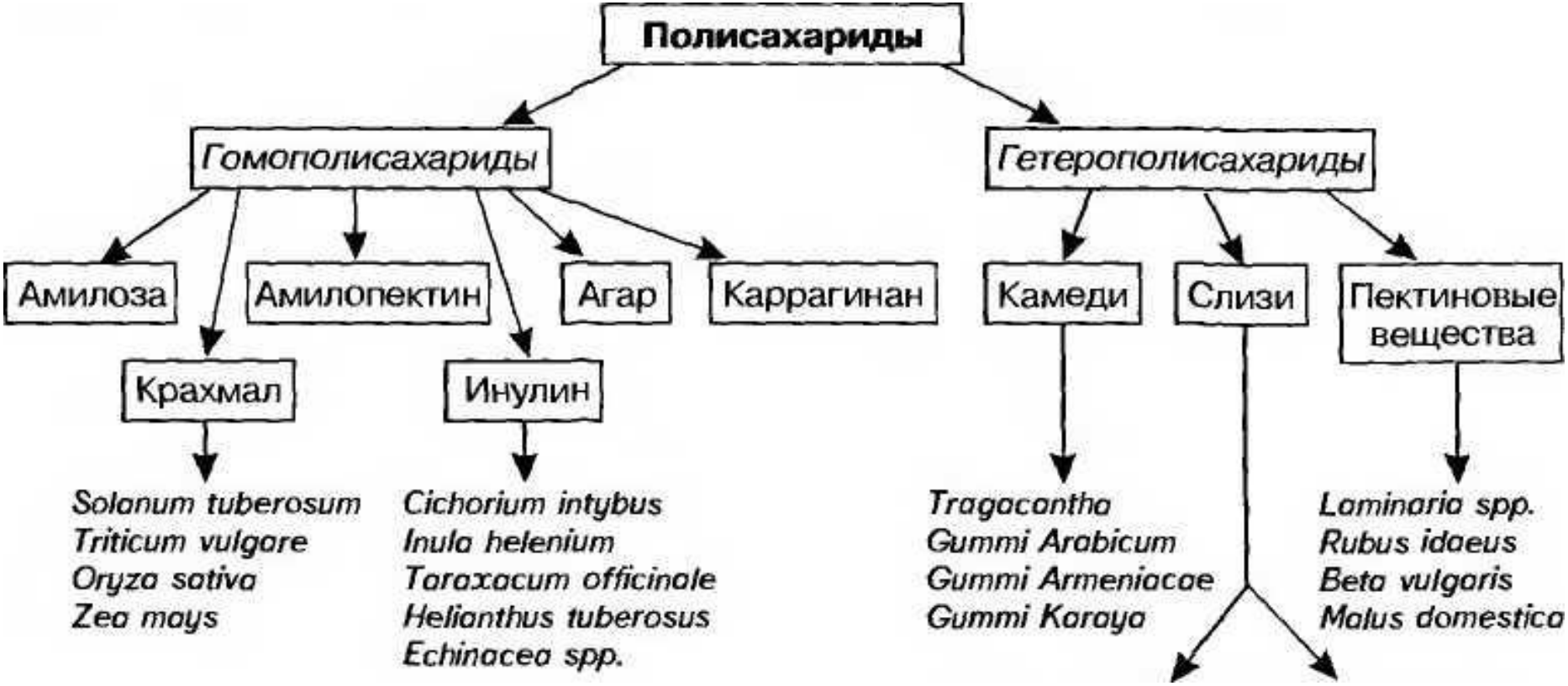
D-глюкуроновая кислота (GlcUA)



L-идуроновая кислота (IduUA)



ПОЛИСАХАРИДЫ

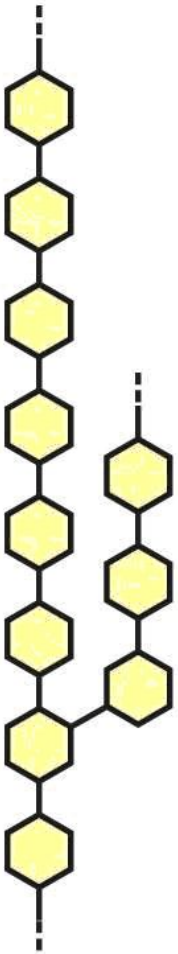


Гетерополисахариды

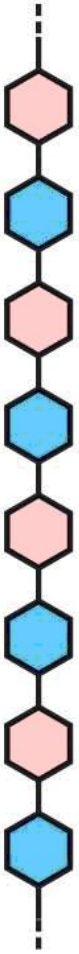
Гомополисахариды

Неветвящиеся

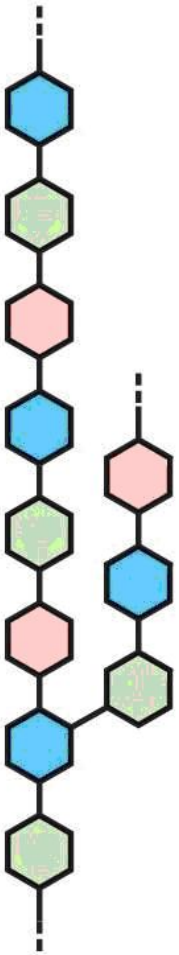
Ветвящиеся



Два типа мономеров (без ветвления)



Несколько типов мономеров (ветвление)



Крахмал — белый аморфный продукт конденсации α-D-глюкозы.

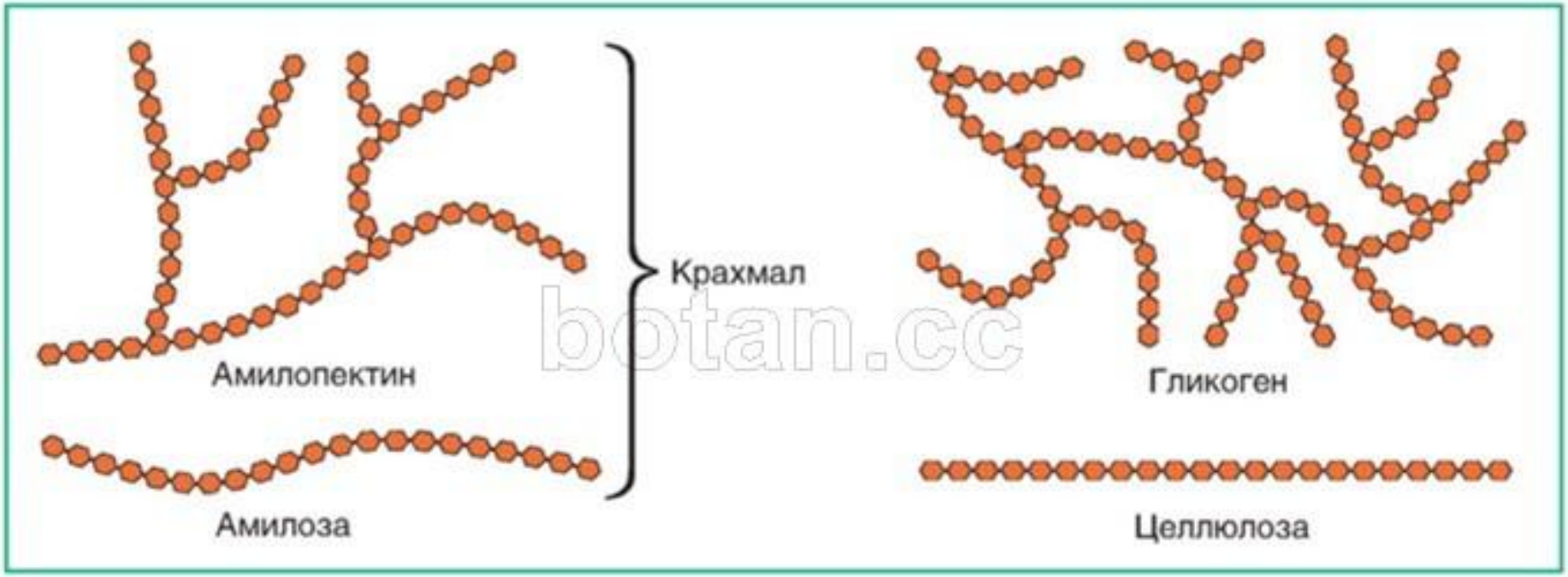
Главными источниками крахмала в мире являются зерновые культуры: рис, пшеница, кукуруза; различные корнеплоды, в том числе картофель, а также маниок.

Крахмал – это смесь двух полимеров глюкозы: амилозы и амилопектина.

Mr амилозы 1000 – 1 000 000 Да.

Mr амилопектина 1000 – 100 000 000 Да.

Его молекулы сильно разветвлены.

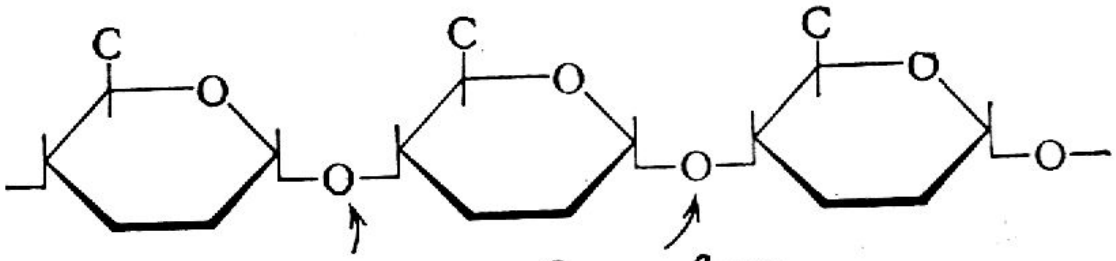


botan.cc

Рис. 15. Схемы строения молекул полисахаридов (⬢ — остаток молекулы глюкозы)

Крахмал представляет собой не однородное вещество, а смесь, состоящую из **амилопектина** (80 %) и **амилозы** (20 %).

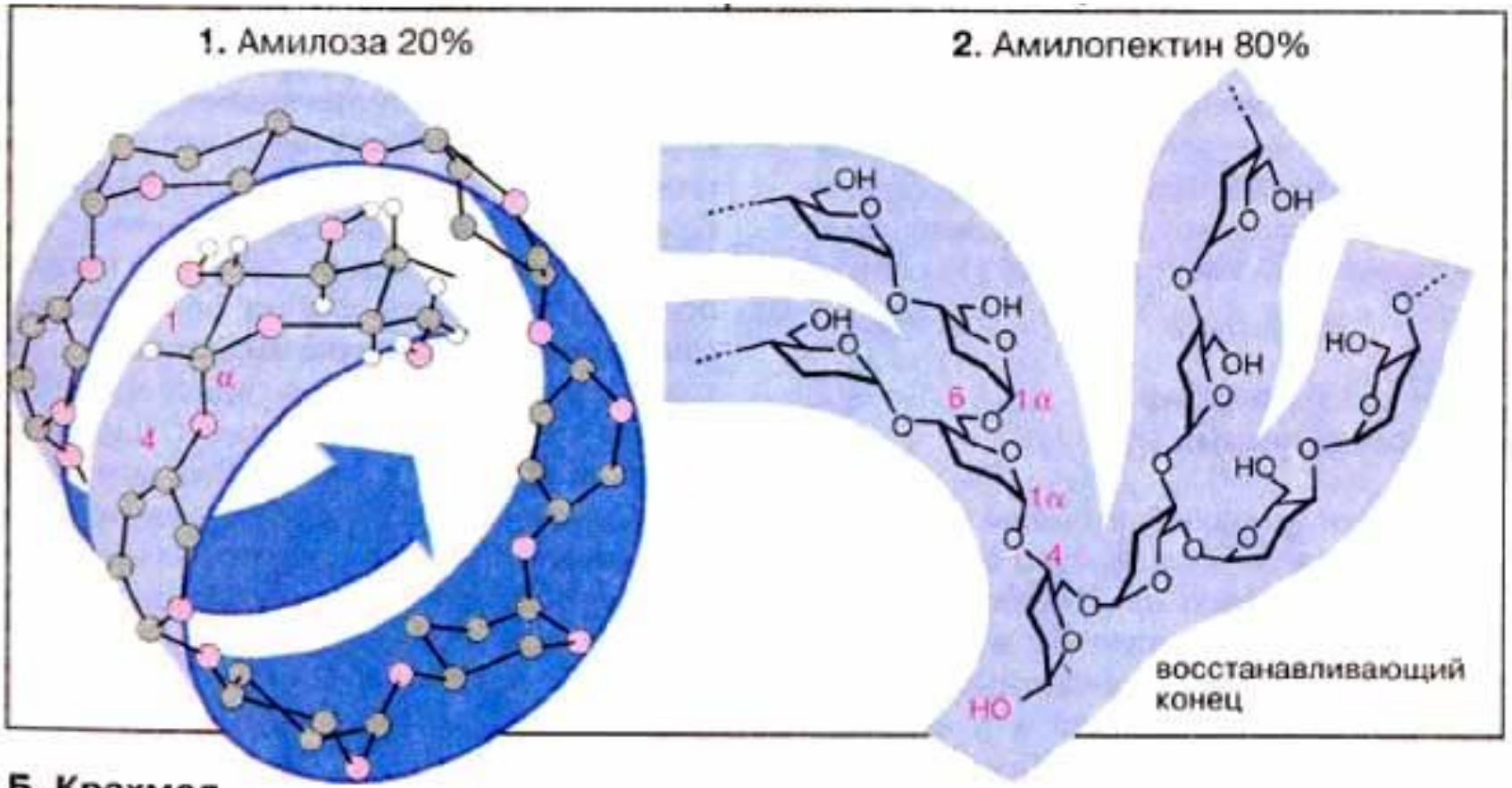
Участок цепи амилозы



α-1,4-гликозидные связи

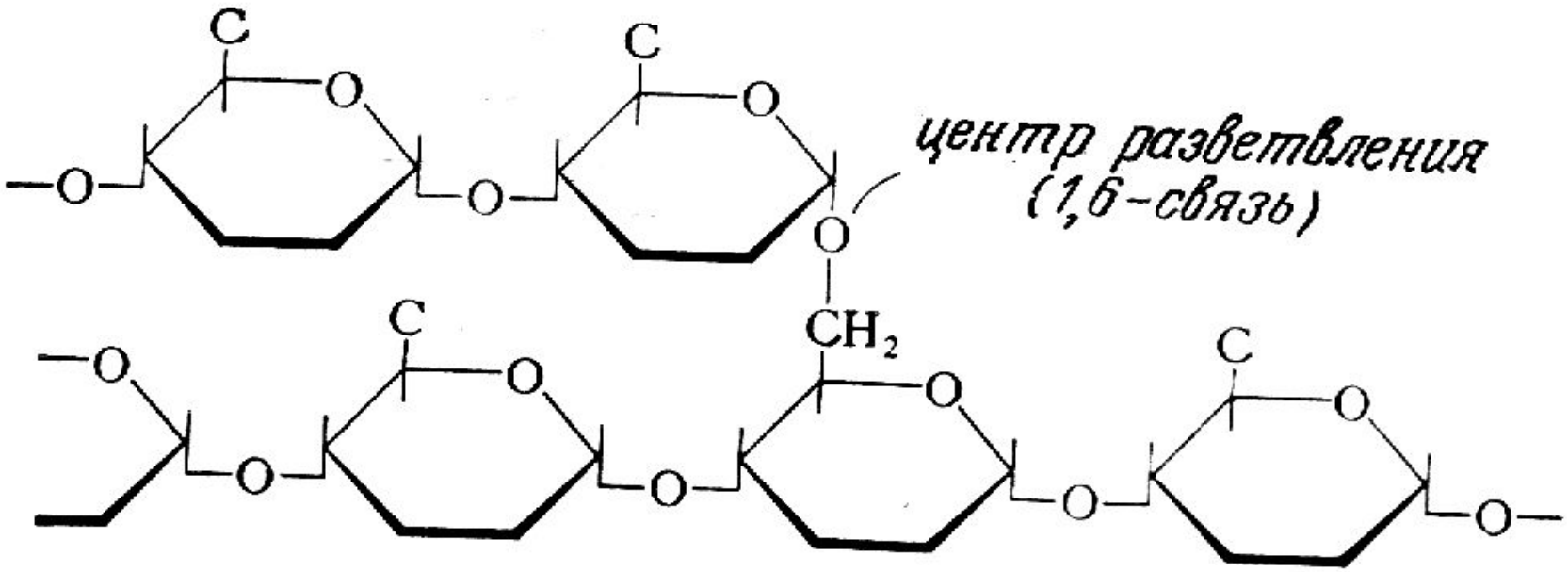
Участок цепи амилозы (–OH-группы не показаны)

Амилоза состоит из неразветвленных цепей глюкозных остатков; степень полимеризации 100—1400.


1. Амилоза 20%
2. Амилопектин 80%
OH
OH
OH
OH
OH
HO
HO
HO
1α
1α
4
восстанавливающий конец

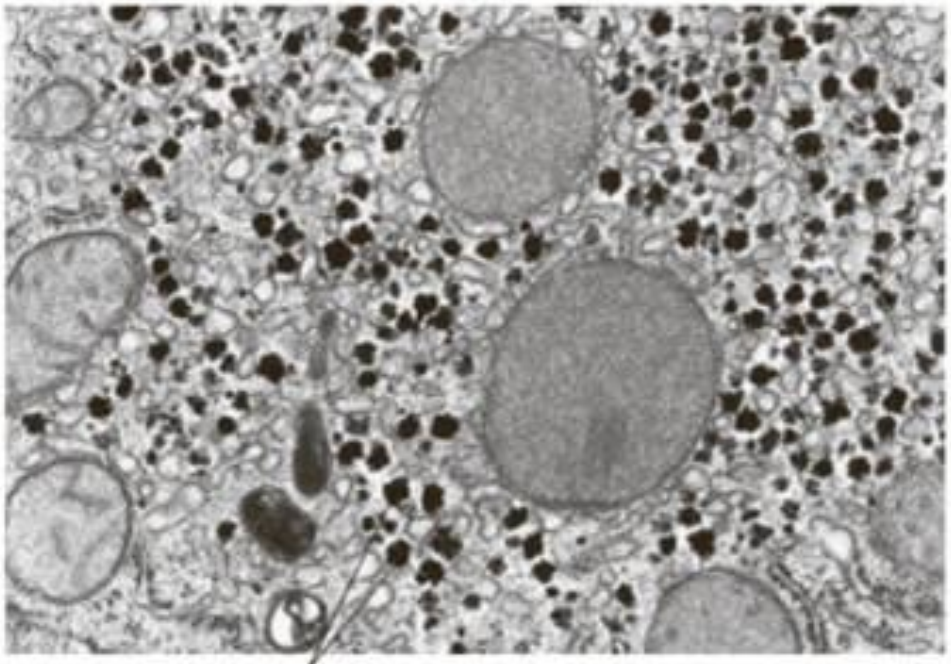
Б. Крахмал

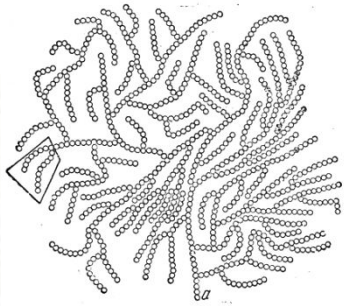
Участок цепи амилопектина

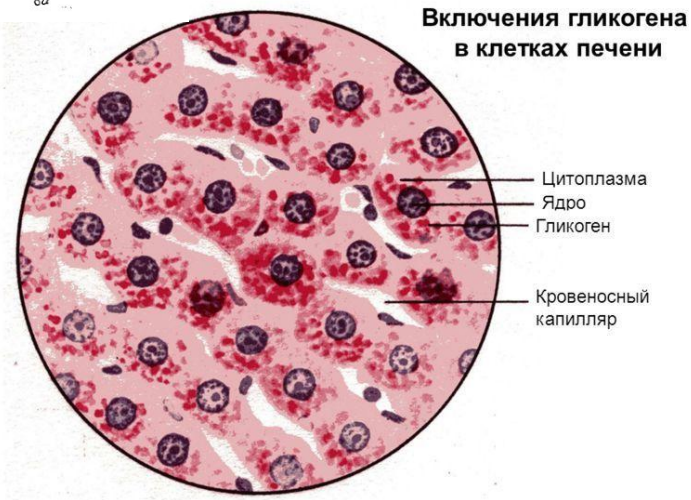


Амилопектин **— это полисахарид, имеющий многократно разветвленные цепи глюкозных остатков; степень полимеризации составляет 1000—6000. Он не растворим в воде, но сильно набухает в ней.**

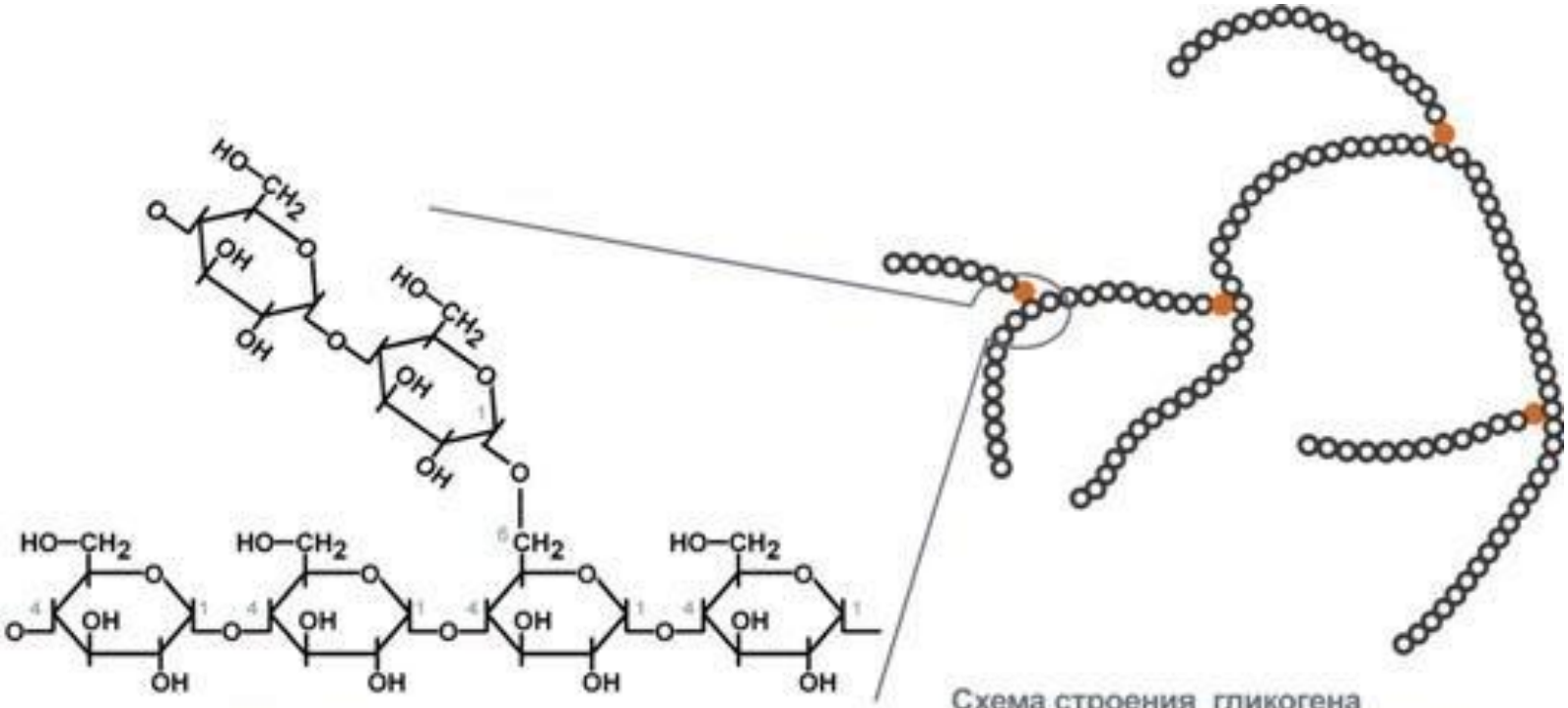
Гликоген — $(C_6H_{10}O_5)_n$, полисахарид, образованный остатками глюкозы, связанными α-1→4 связями (α-1→6 в местах разветвления) Основной запасной углевод животных. Гликоген является основной формой хранения глюкозы в клетках животных и человека. Откладывается в цитоплазме многих типов клеток (главным образом печени и мышц). В качестве запасного углевода гликоген присутствует также в клетках грибов.







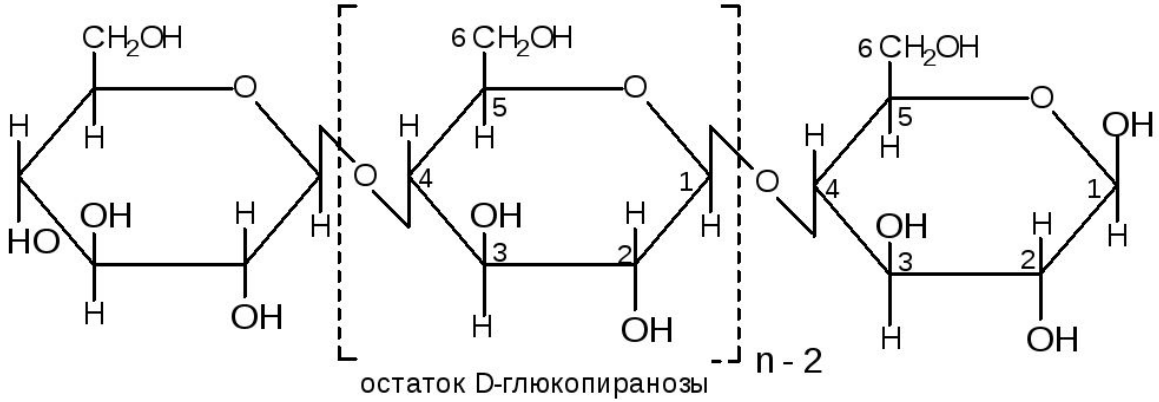
Гликоген – резервный полисахарид животных тканей, в наибольшей мере содержится в печени и мышцах. Структурно он схож с амилопектином, но, во-первых, длина веточек меньше – 11-18 остатков глюкозы, во-вторых, более разветвлен – через каждые 8-10 остатков. За счет этих особенностей гликоген более компактно уложен, что немаловажно для животной клетки.



Структура крахмала и гликогена

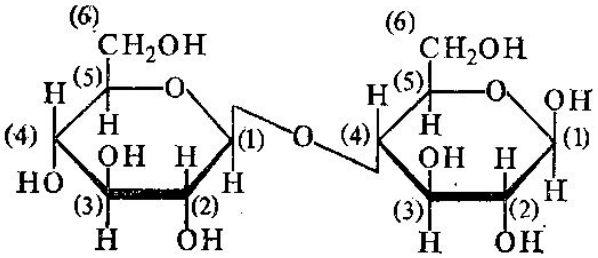
Схема строения гликогена (красным цветом показаны точки ветвления – α-1,6-гликозидные связи)

Целлюлоза (клетчатка) — наиболее распространенный в природе полисахарид и вообще органическое вещество.



У растений целлюлоза выполняет структурную функцию. Молекулы целлюлозы построены из остатков β-D-глюкозы; степень полимеризации достигает 10000 — 14000.

Целлюлоза относительно трудно подвергается гидролизу, и только в жестких условиях (40 %-ая хлороводородная кислота, 105 — 1 ее расщепление через стадию образ — *целлобиозы* — до глюкозы.

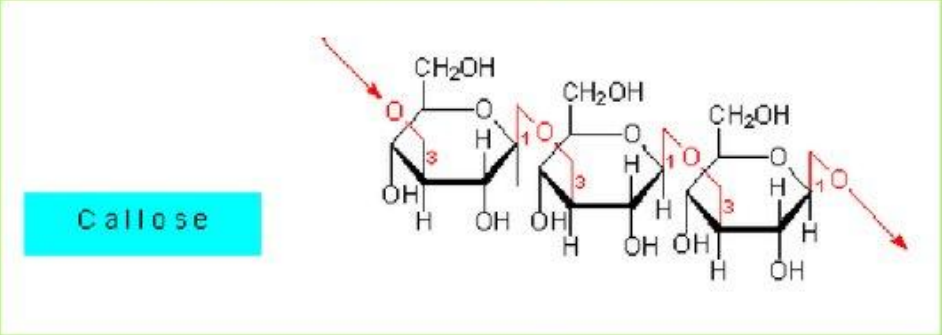


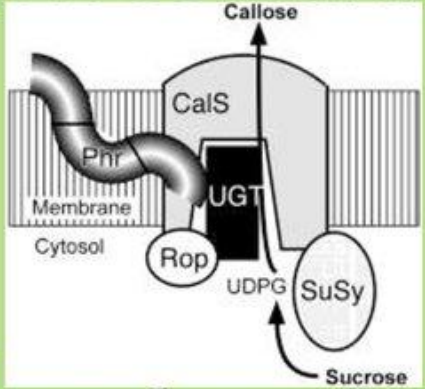
Целлюлозе, как всякому спирту, свойственны реакции этерификации. В промышленном масштабе проводится нитрование (с азотной кислотой) и ацетилирование (с уксусной кислотой) целлюлозы.

Древесина состоит из целлюлозы (около 45%), гемицеллюлоз *(около* 30%) и лигнина (около 20%), а также примесей смол и неорганических веществ.

Лигнин — это сложное макромолекулярное ароматическое вещество, образуется как побочный продукт в производстве целлюлозы.

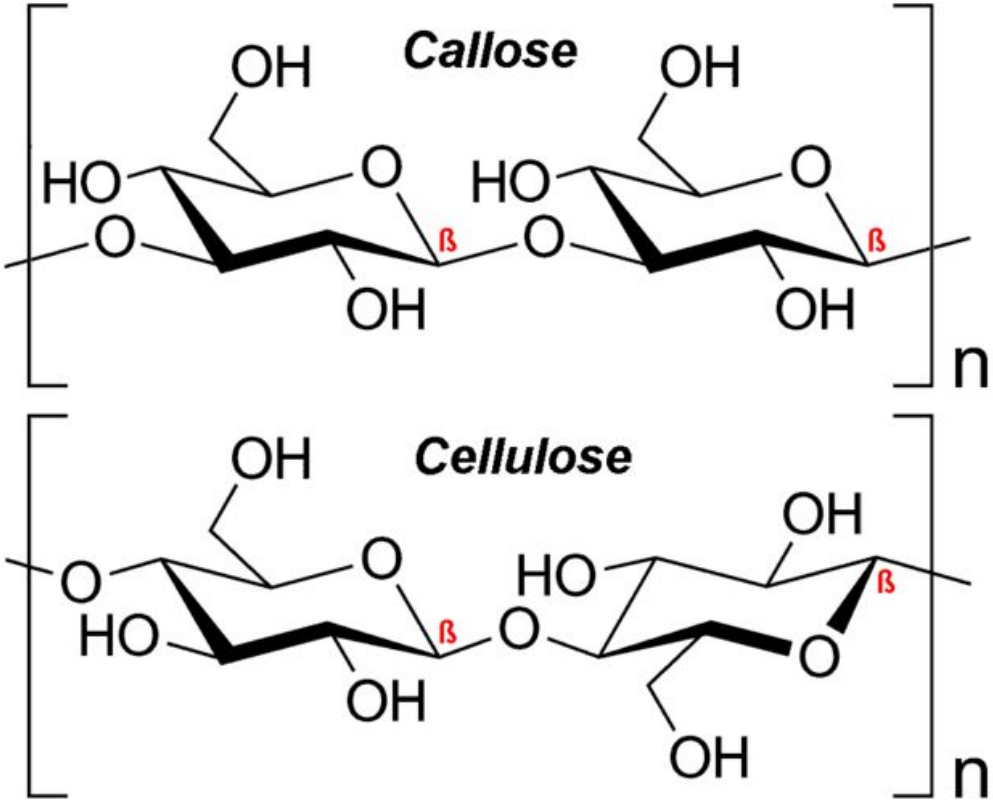
Особенности и синтез каллозы





- Характерная особенность каллозы – быстрый синтез и быстрая деградация
- Этот полисахарид играет важную роль в репродуктивном развитии семенных растений, но каллоза обнаруживается и в клетках вегетативных органов.
- Каллоза представляет собой водонерастворимый линейный гомополимер β-(1→3)-глюкан.

Каллоза — растительный полисахарид, который состоит из остатков глюкозы, соединенных через β-1,3-связи, и относится к β-гликанам. Каллоза производится в клеточной стенке с помощью каллозо-синтазы и разлагается β-1,3-глюканазами. Она выстилает плазмодесмы, клеточные пластинки во время цитокинеза и во время развития пыльцы. Также она производится в ответ на ранение, инфицирование патогенами, алюминий и абсцизовую кислоту.



Муреин (пептидогликан) - гетерополимер N-ацетилглюкозамина и N-ацетилмурамовой кислоты, сшитый через лактатные остатки N-ацетилмурамовой кислоты короткими пептидными цепочками. Важнейший компонент клеточной стенки бактерий, выполняющий механические функции, осмотической защиты клетки, выполняет антигенные функции. Характерен только для бактерий.

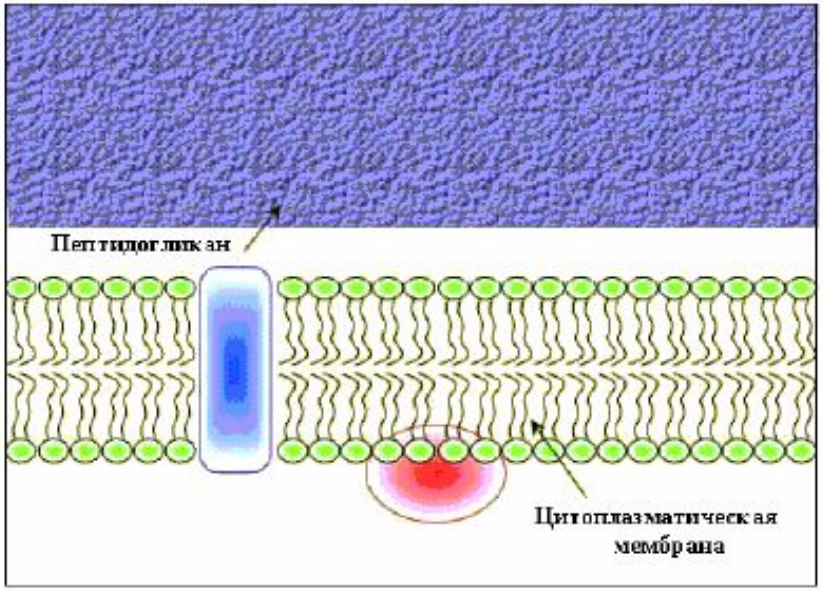
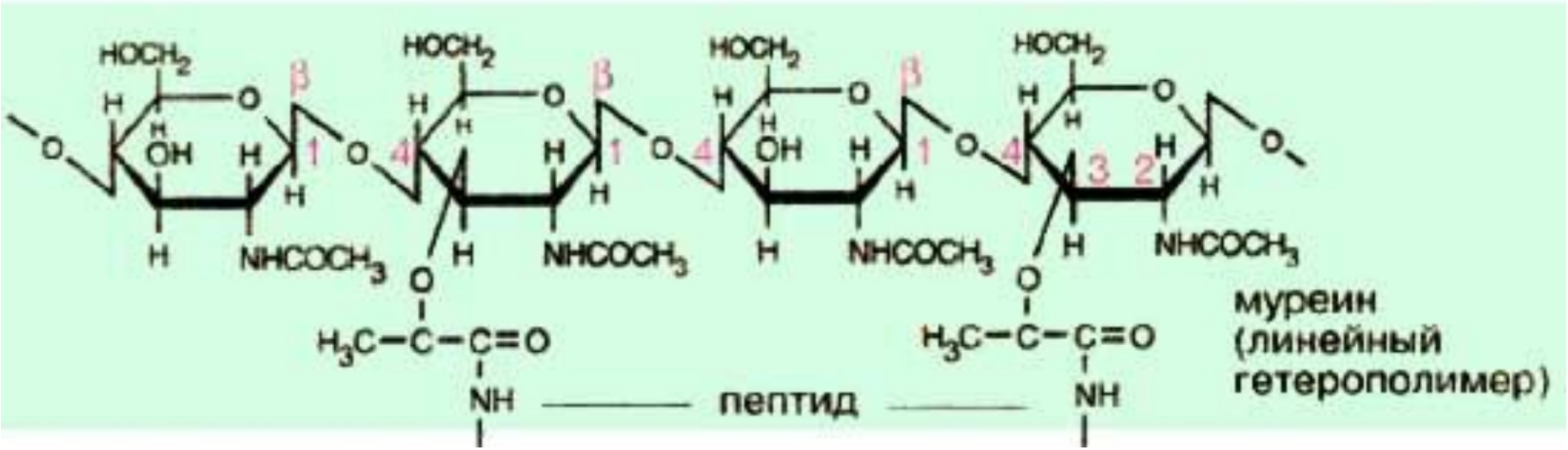
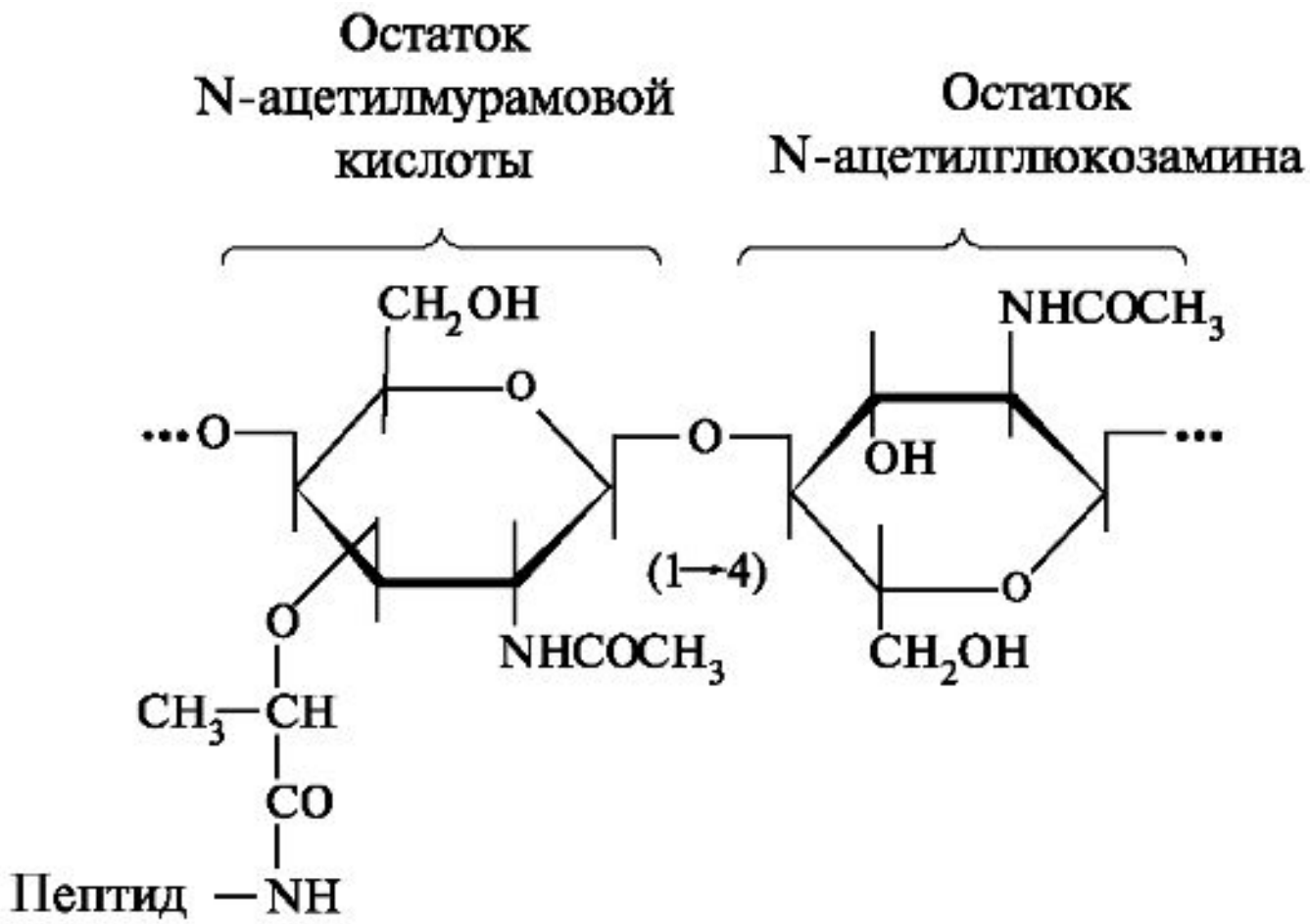
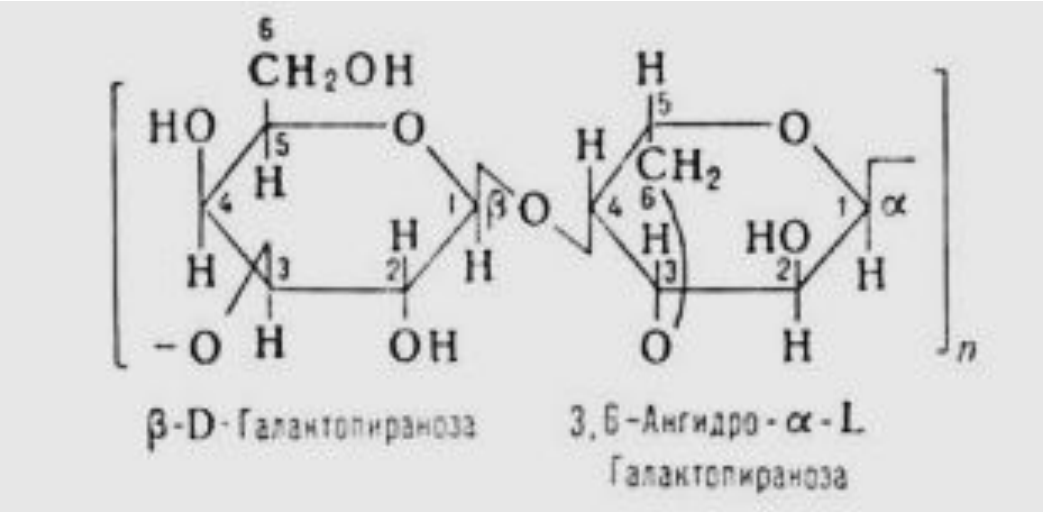


Рис. 11 . Схематическое строение клеточной стенки грамположительных бактерий




Остаток
N-ацетилмурамовой
кислоты
Остаток
N-ацетилглюкозамина
CH2OH
NHCOCH3
O
OH
(1→4)
NHCOCH3
CH2OH
CH3—CH
CO
Пептид —NH

Агар-агар (от малайск. *agar* — желе) — смесь полисахаридов агарозы и агаропектина, получаемая путём экстрагирования из красных (*Phyllophora*, *Gracilaria*, *Gelidium*, *Ceramium* и др.) и бурых водорослей, произрастающих в Чёрном море, Белом море и Тихом океане, и образующий в водных растворах плотный студень. Агар является растительным заменителем желатина.



Агароза — получаемый из агара линейный полисахарид, образованный из чередующихся остатков β-D-галактопиранозы и 3,6-ангидридо-α-1-галактопиранозы, объединённых связью 1→4.

Пектины

Нахождение:

клеточные стенки растительных тканей, межклеточное вещество, клеточный сок в плодах и корнеплодах

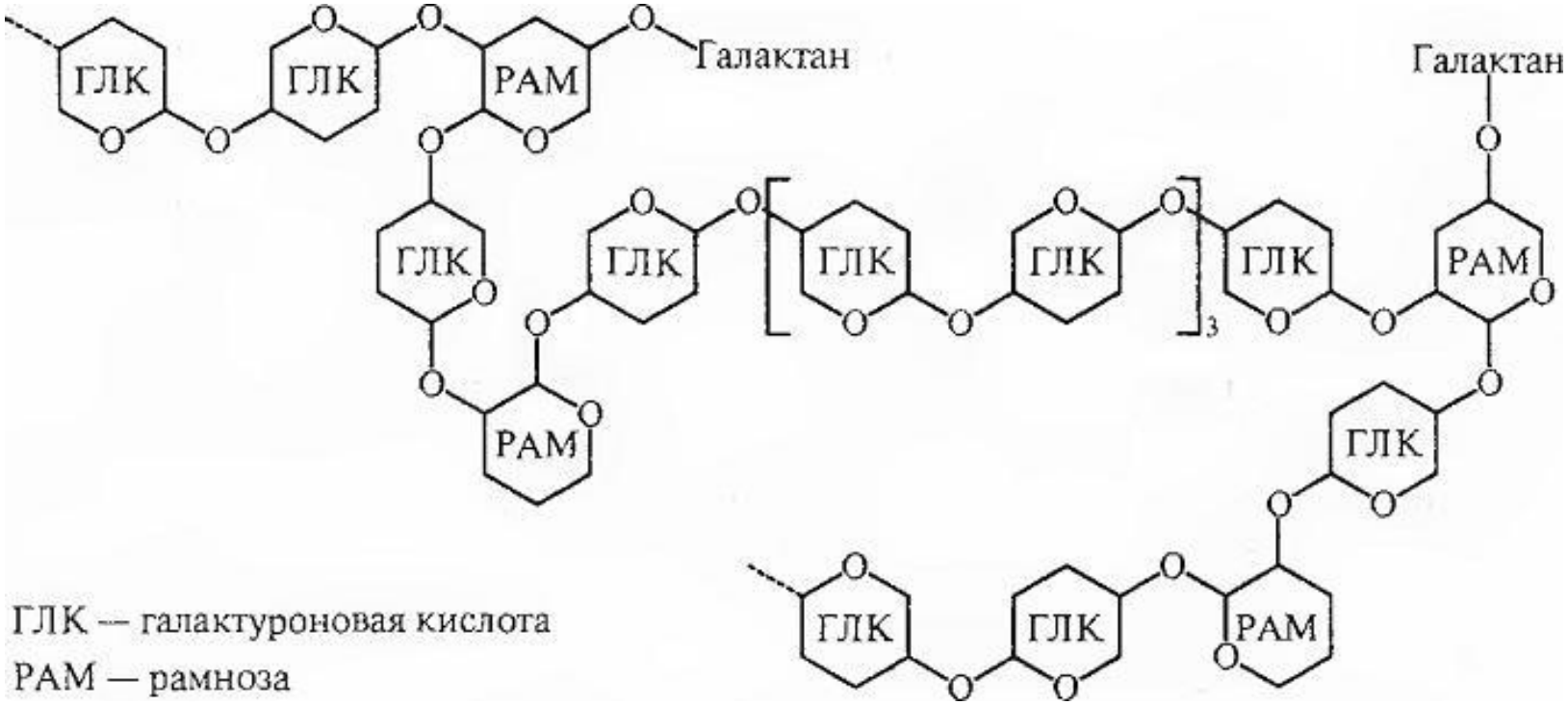
Свойства:

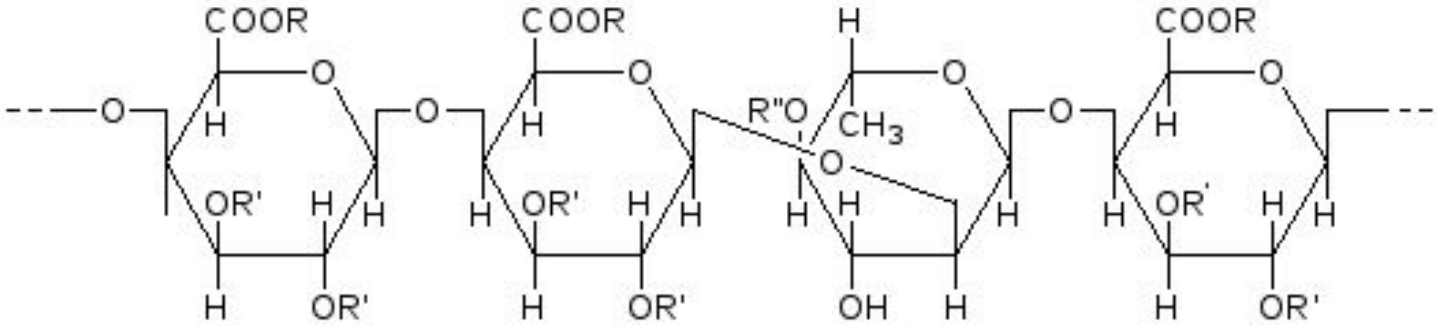
растворяются в щелочах и гидролизуются под действием кислот

Применение:

в кондитерской промышленности, хлебопечении, сыроделии, производстве мармелада, желе, джемов

Продукт	Содержание пектина, %	Продукт	Содержание пектина, %
Свекла сахарная	18-30	Черная смородина	4,2-12,6
Морковь	6,4-20	Клюква	6,6-11,0
Арбуз кормовой	6,4-23,6	Красная смородина	4,2-12,6
Тыква	2,6-17	Цитрусовые	9-14
Яблоки	6,1-19,9	Хурма	9-12
рябина	9,3-10,6	Инжир	5,5-15,8
Айва	5,3-9,6	Груша	3,3-8,0
Крыжовник	5,5-7,9	Виноград	4,2-6,6





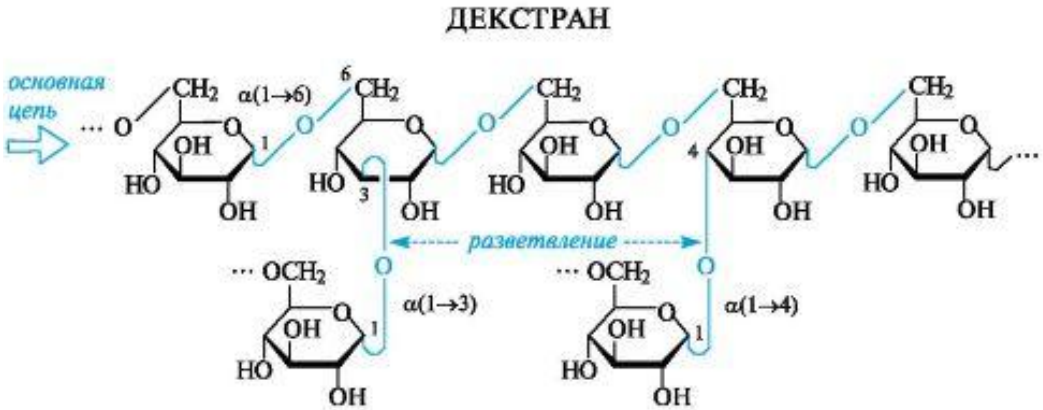
D-галактуроновая к-та L-рамнопираноза

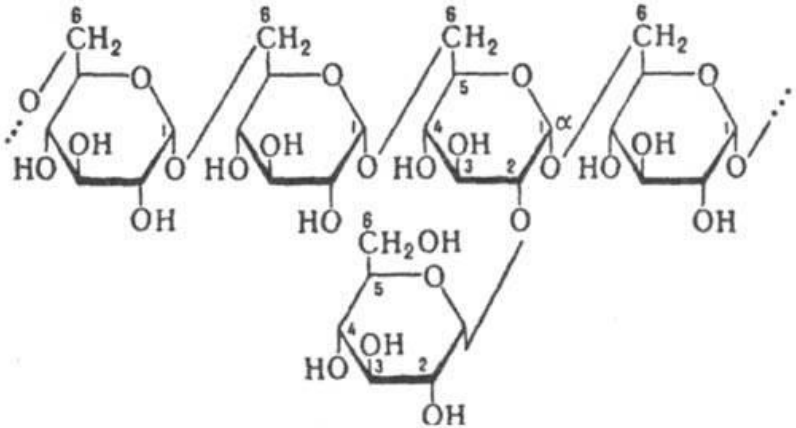
R=H или CH3; R'=H, CH3CO, реже - углеводная цепь; R"=H или углеводная цепь

Декстраны

- ✓ Декстраны – полисахариды бактерий и дрожжей, построенные из остатков D-глюкозы, соединённых α1-6 связями.
- ✓ Все декстраны имеют точки ветвления, в которых остатки соединены α1-3 связями, а у некоторых декстранов, кроме того, встречаются разветвления α1-2 или α1-4 .

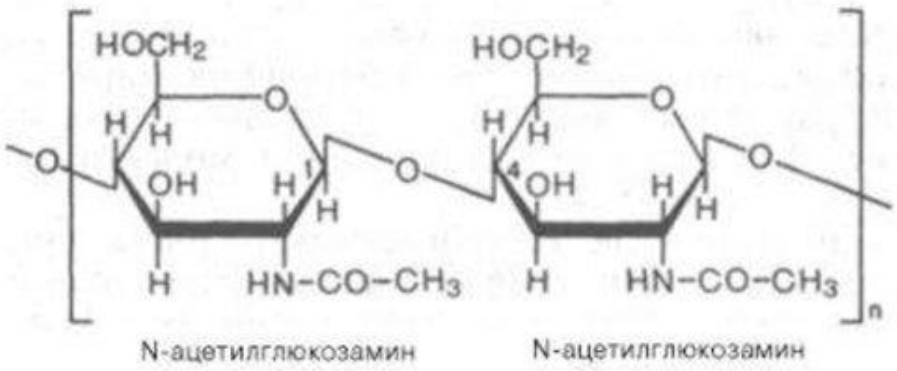
ельный университет
и микробиологии



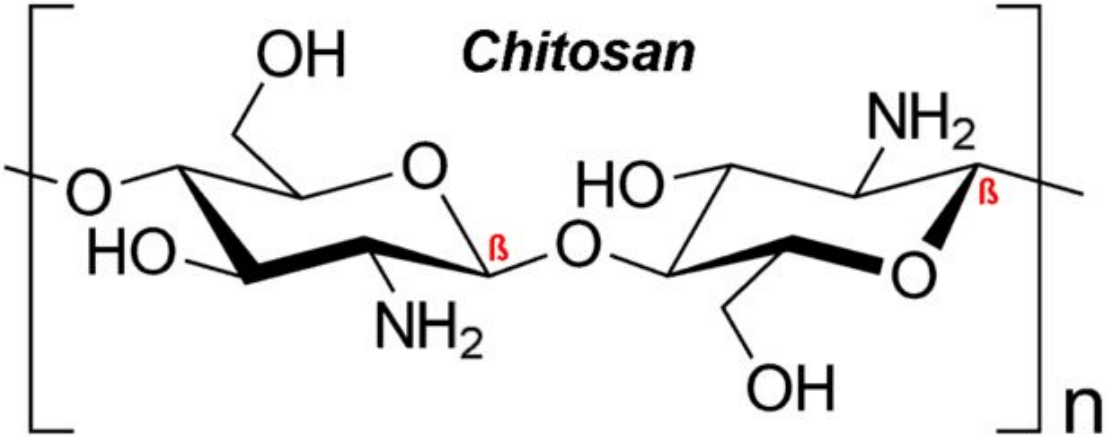


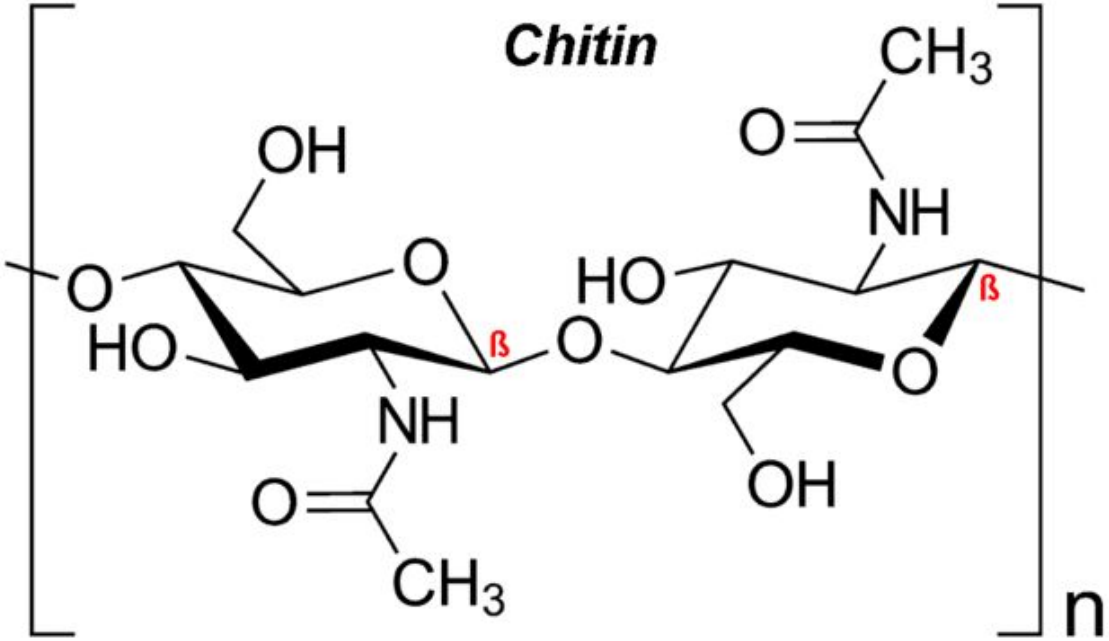
Хитин

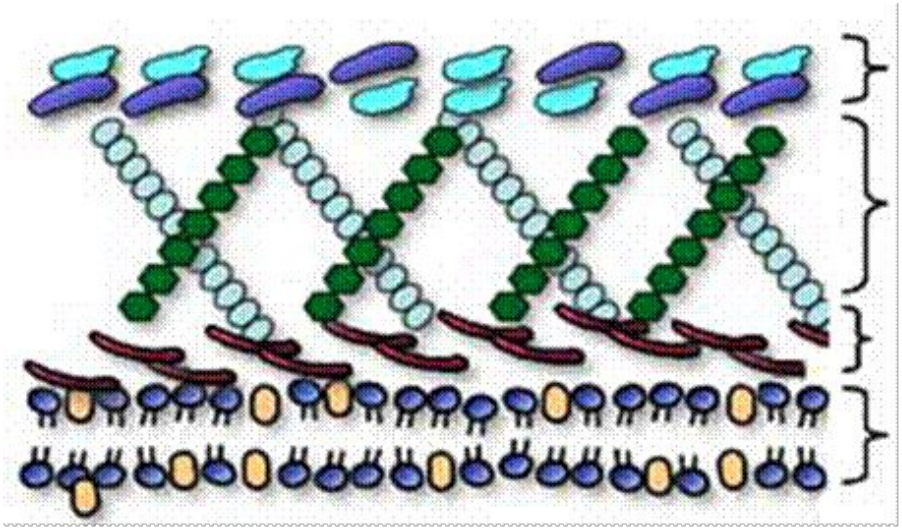
- Хитин – важный структурный полисахарид беспозвоночных животных (главным образом членистоногих). Структуру хитина составляют N-ацетил-D-глюкозаминовые звенья, соединенные β-(1–>4)-гликозидными связями:



Повторяющиеся звенья в молекуле хитина

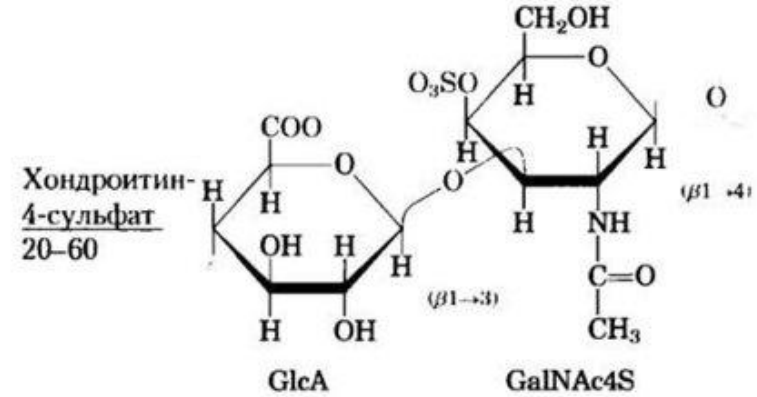

Chitosan
OH
O
HO
NH2
O
HO
NH2
OH
O
n

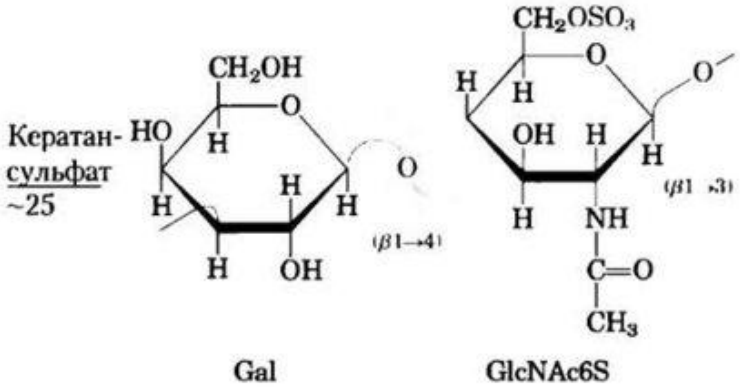

Chitin
CH3
O
NH
OH
O
HO
HO
NH
O
CH3
OH
O
n


Маннозилирован
ные белки
1,3 бета глюканы
1,6 бета глюканы
Хитин
ЦПМ

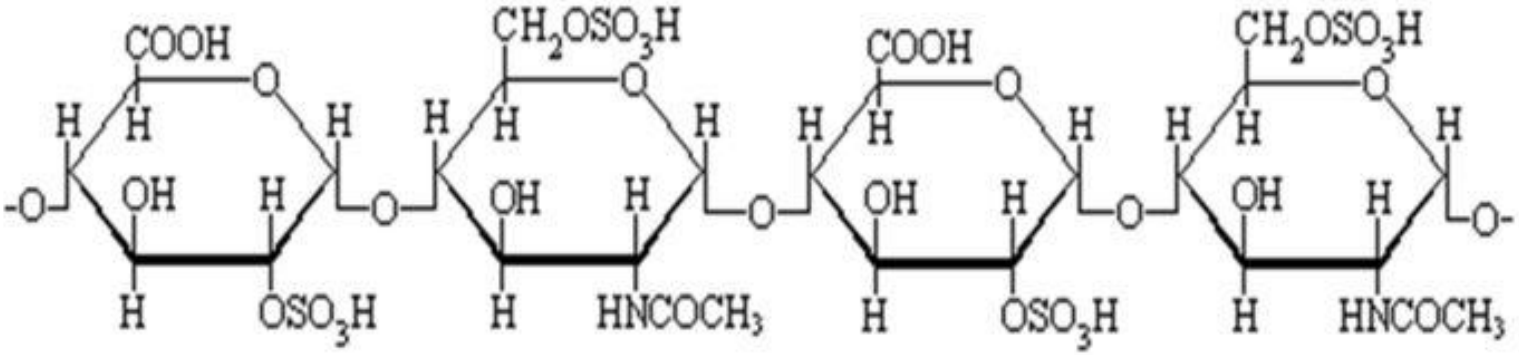
Прочие ГАГ

- Хондроитин-4-сульфат входит в состав хрящей, сухожилий, связок
- Дерматансульфат определяет эластичность кожи
- Кератансульфат не содержит остатков уроновой кислоты, содержится в ороговевающих структурах





Гепарин



MyShared

Полисахарид	Моносахарид 1	Моносахарид 2	Тип связи	Тип связи в точках ветвления	Источник	Функция[а]
Бактерии						
Муреин	D-GlcNAc	D-MurNAc[б]	β(1 → 4)	—	Клеточные стенки	сп
Декстран	D-Glc	—	α(1 → 6)	α (1→3)	Слизи	вр
Растения						
Агароза	D-Gal	L-aGal[в]	β(1 → 4)	β (1→3)	Красные водоросли (агар)	вр
Каррагенан	D-Gal	—	β(1 → 3)	α (1→4)	Красные водоросли	вр
Целлюлоза	D-Glc	—	β(1 → 4)	—	Клеточные стенки	сп
Ксилоглюкан	D-Glc	D-Xyl (D-Gal, L-Fuc)	β(1 → 4)	β (1→6) β (1→2)	Клеточные стенки Красные водоросли (гемицеллюлоза)	сп сп
Арабинан	L-Ara	—	α(1 → 5)	α (1→3)	Клеточные стенки (пектин)	
Амилоза	D-Glc	—	α(1 → 4)	—	Амилопласты	рп
Амилопектин	D-Glc	—	α(1→ 4)	α (1→6)	Амилопласты	рп
Инулин	D-Fru		β(2 → 1)	—	Запасающие клетки	рп
Животные						
Хитин	D-GlcNAc	—	β(1 → 4)	—	Насекомые, ракообразные	сп
Гликоген	D-Glc	—	α(1 → 4)	α (1 → 6)	Печень, мышцы	рп
Гиалуроновая кислота	D-GlcUA	D-GlcNAc	β(1 → 4) β(1 → 3)	—	Соединительные ткани	сп,вр

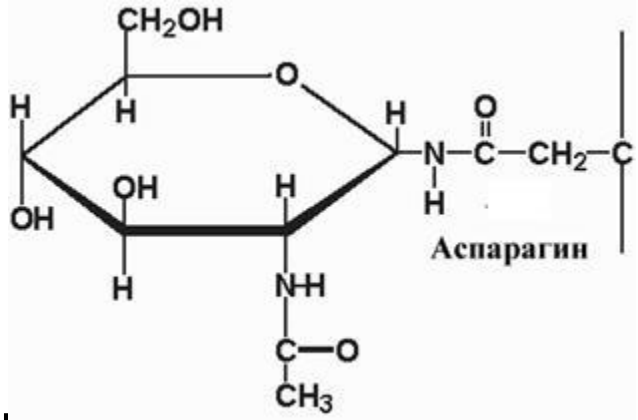
[а] сп = структурный полисахарид; рп = резервный полисахарид; вр = водорастворимый полисахарид. [б] N-Ацетилмураминовая кислота; [в] 3,6-ангидрогалактоза.

Гликозилирование белков

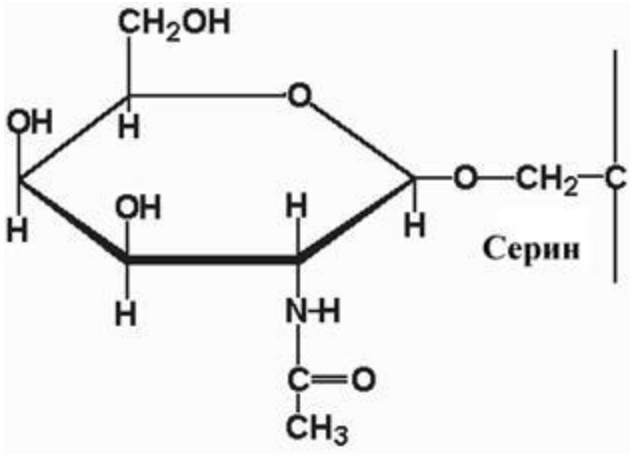
Гликозилирование (англ. Glycosylation) — процесс, в ходе которого происходит присоединение остатков сахаров к органическим молекулам. В процессе гликозилирования образуются гликозиды, или, в случае белков и липидов, гликопротеины и гликолипиды, соответственно. Гликозилирование является одной из форм посттрансляционной модификации белков. Гликозилирование имеет большое значение для структуры и функций мембранных и секретируемых белков.

Существует два основных варианта гликозилирования белков

1. N-гликозилирование. В этом случае, сахар присоединен к атому азота боковой цепи остатка аспарагина или аргинина



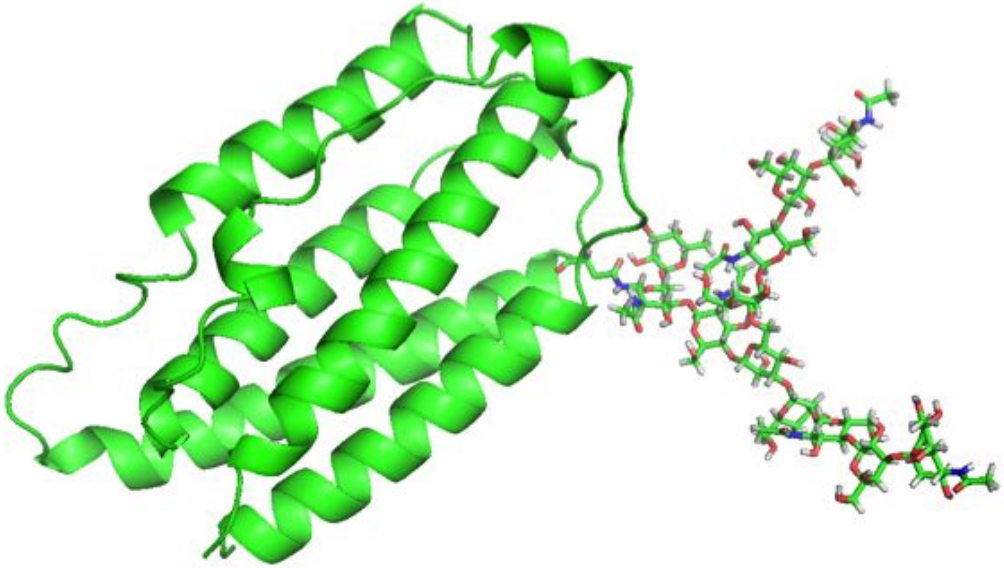
2. O-гликозилирование. В этом случае сахар присоединен к гидроксилам боковых цепей остатков серина, треонина, тирозина или гидроксилизина а также к атомам кислорода липидов, например, церамидов; фосфогликаны содержат остаток сахара, соединенный через фосфат с серином;

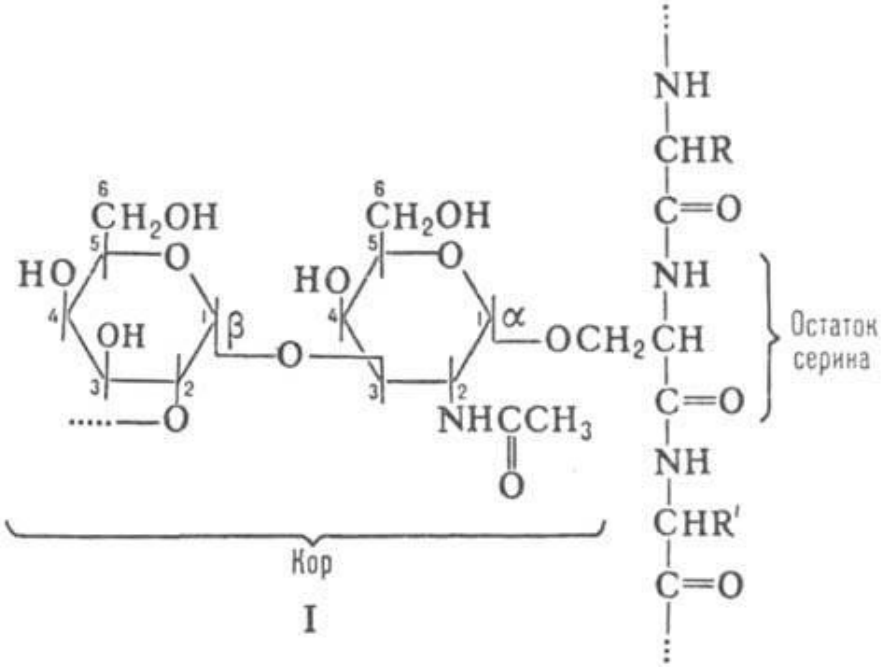


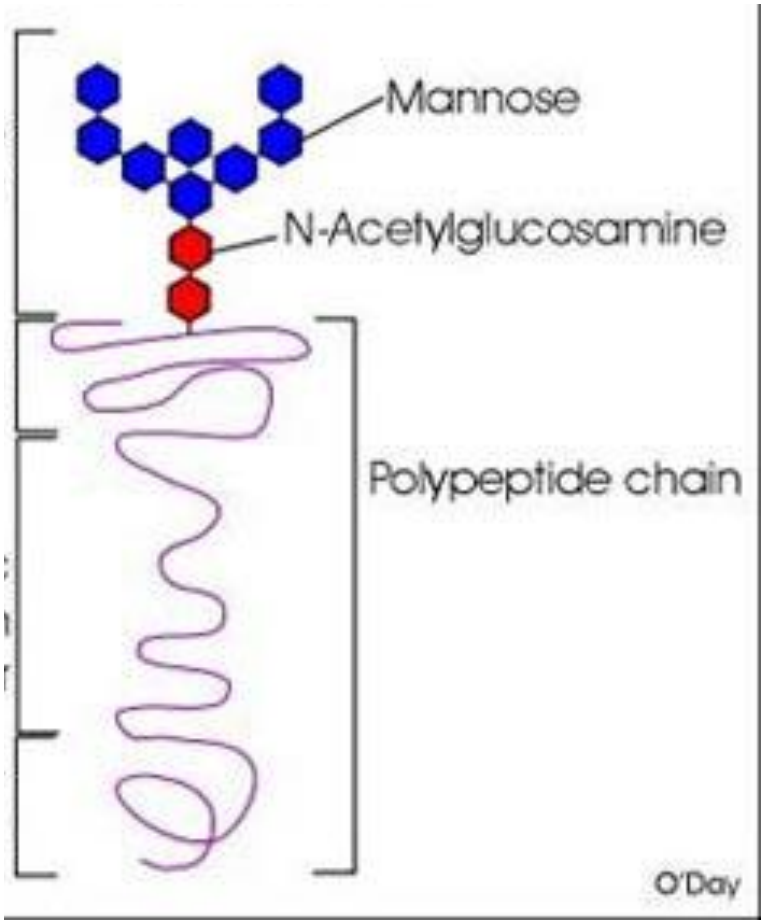
Выделяют две группы гликозилированных белков

1. Гликопротеины, гликопротеиды (glycoproteins) [греч. *glykys* — сладкий, франц. *proteine,* от греч. *protos* — первый и лат. *-in(e)* — суффикс, обозначающий «подобный»] - сложные белки, содержащие углеводный компонент (как правило **4-10%**).
2. Протеогликаны — сложные белки. Высокомолекулярные соединения, состоящие из белка (на белковую часть приходится **5-10%** от общей массы) с высокой степенью гликозилирования (на углеводную часть приходится **90-95%** от общей массы), углеводные остатки которых представляют собой длинные неразветвленные полисахаридные цепи — гликозаминогликаны, образованные чередующимися остатками гексозамина и уроновой кислоты (глюкуроновой, идуроновой или галактуроновой) либо галактозы.

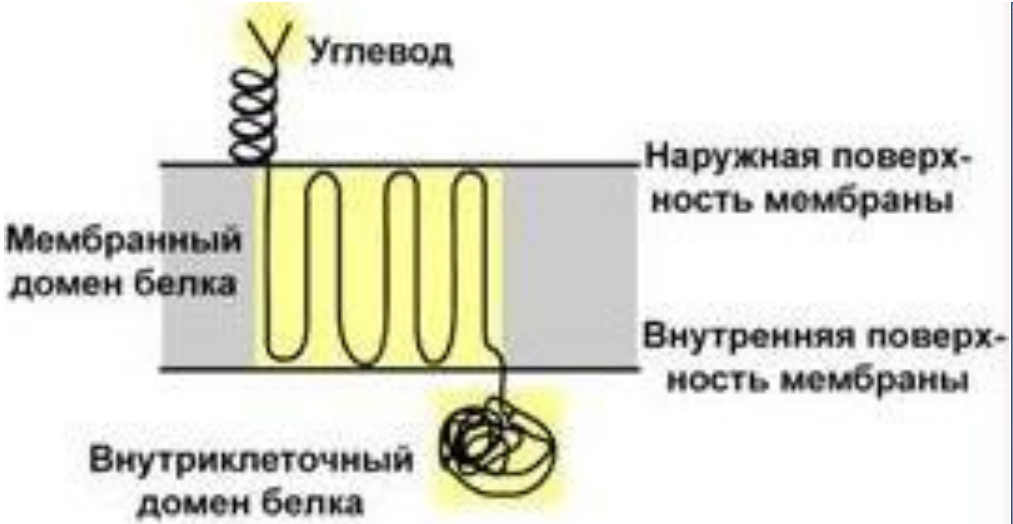
Гликопротеин

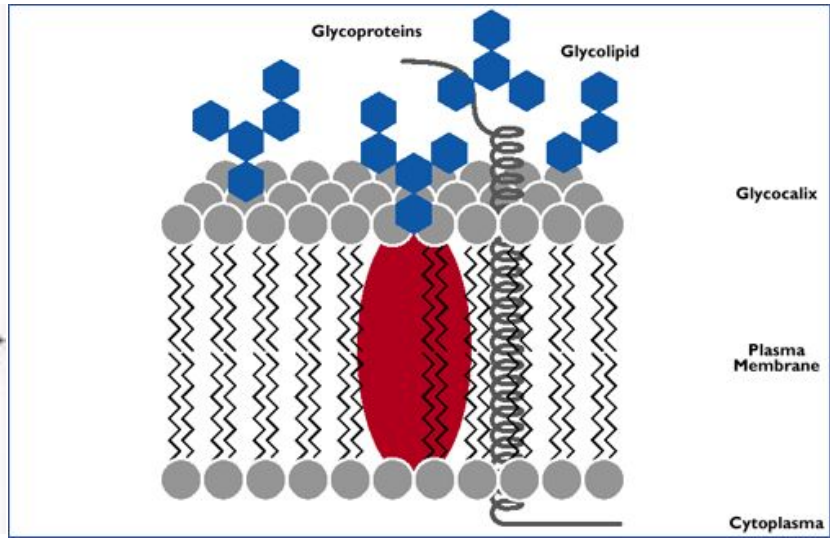


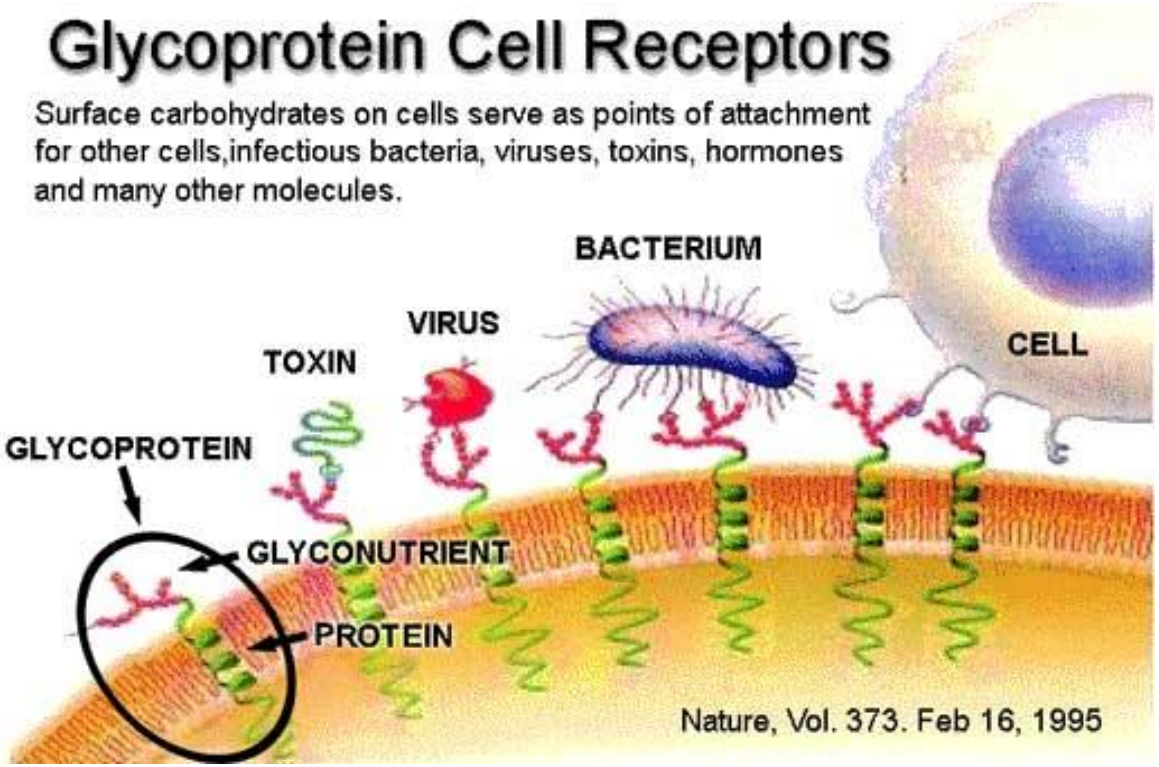




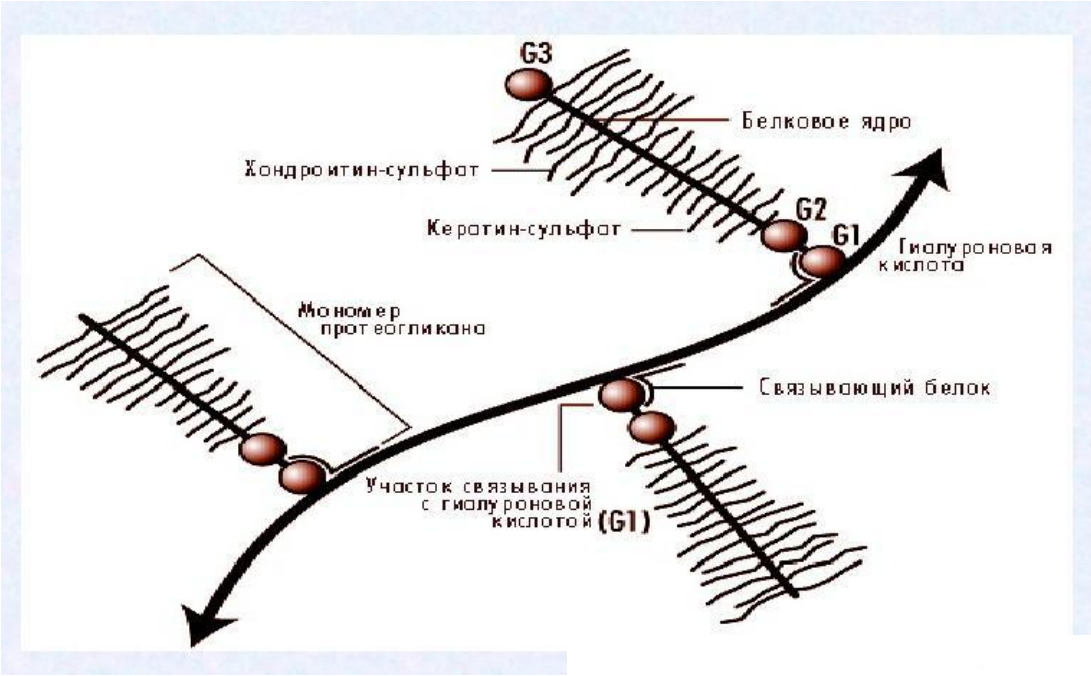
О –гликозилированный белок

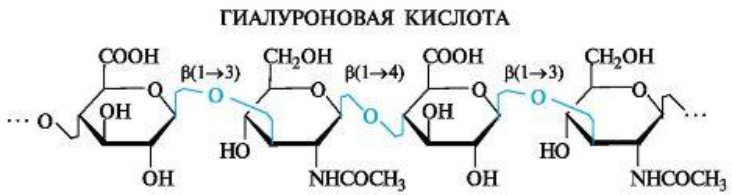

Углевод
Наружная поверх-
ность мембраны
Мембранный
домен белка
Внутренняя поверх-
ность мембраны
Внутриклеточный
домен белка

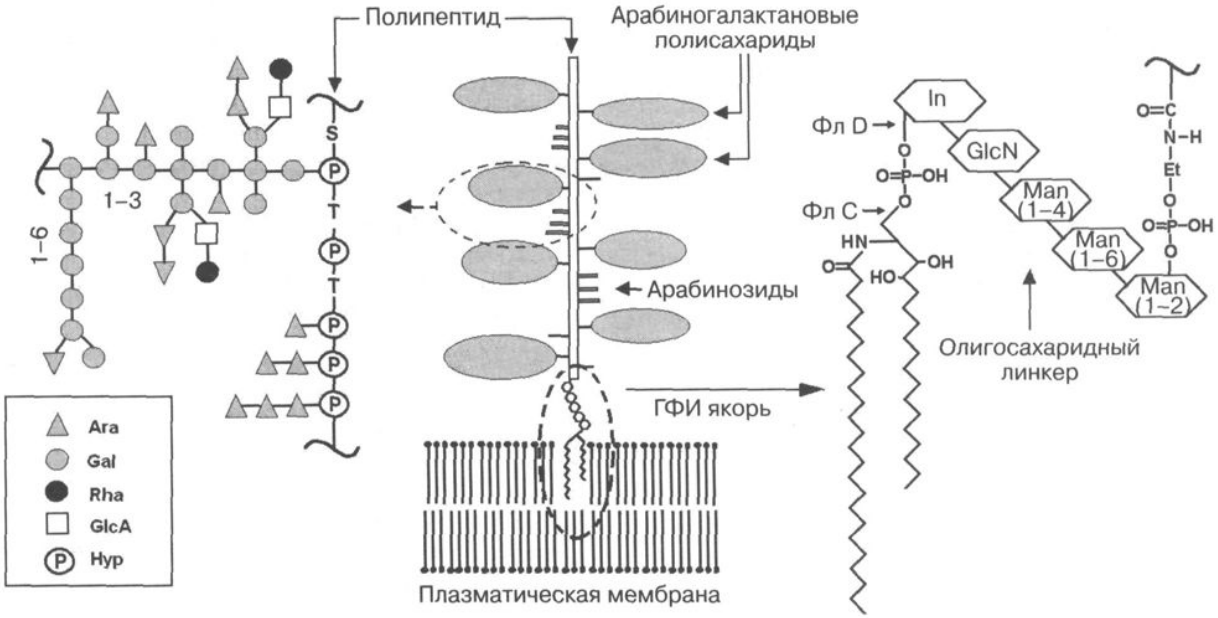

Glycoproteins
Glycolipid
Glycocalix
Plasma
Membrane
Cytoplasma


Glycoprotein Cell Receptors
Surface carbohydrates on cells serve as points of attachment
for other cells,infectious bacteria, viruses, toxins, hormones
and many other molecules.
BACTERIUM
VIRUS
TOXIN
CELL
GLYCOPROTEIN
GLYCONUTRIENT
PROTEIN
Nature, Vol. 373. Feb 16, 1995

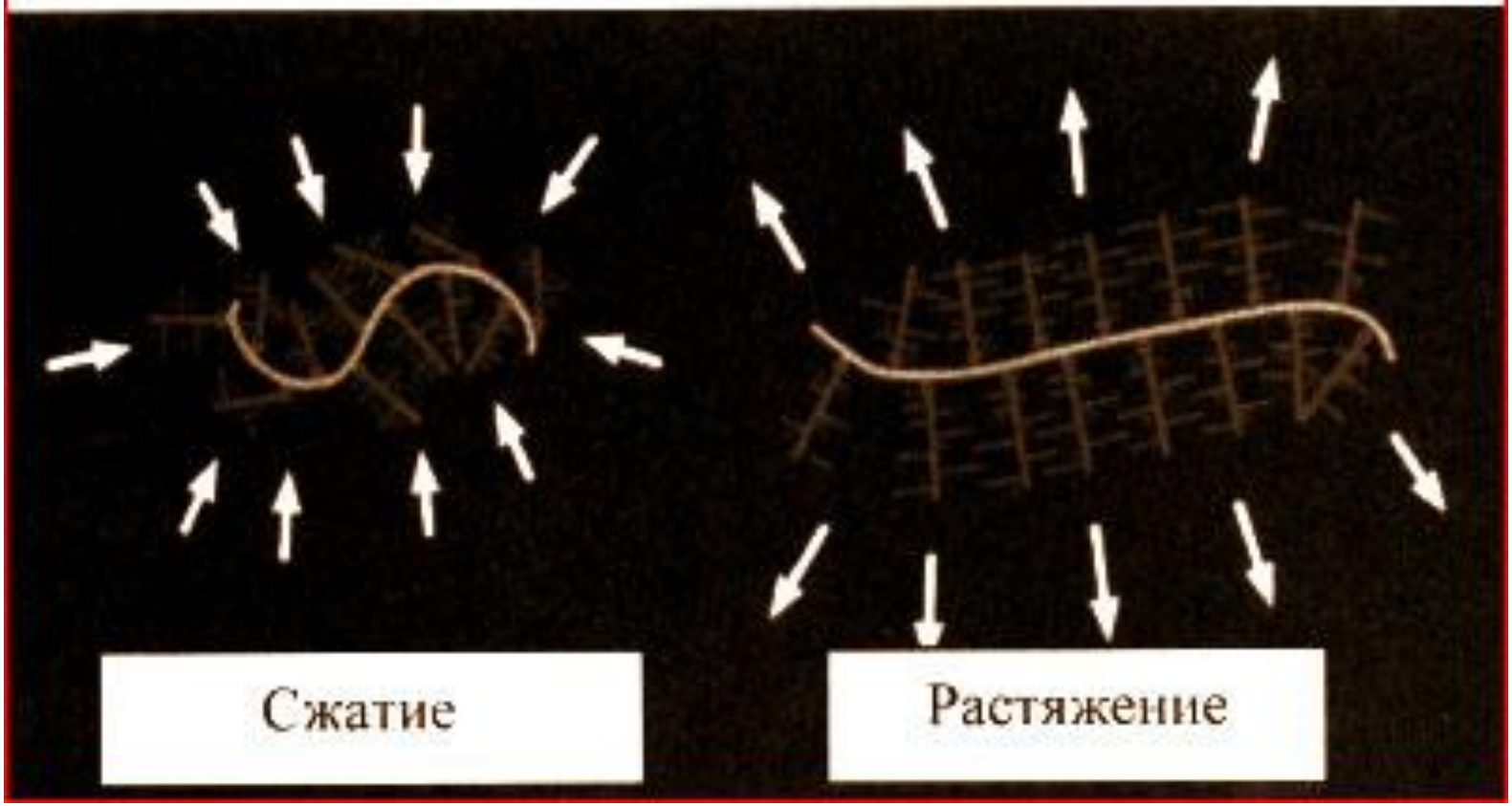
Протеогликан







ПРОТЕОГЛИКАНЫ – основной структурный элемент хрящевой ткани

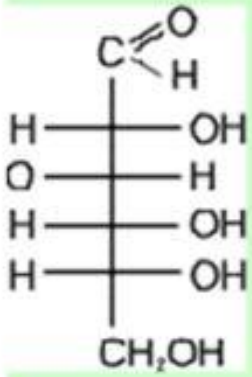


Химические свойства углеводов

Химические свойства моносахаридов.

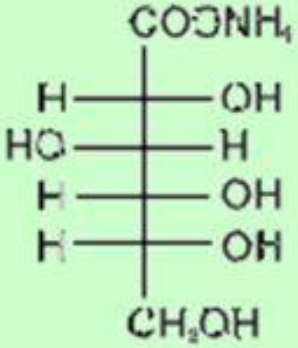
- **I. *Реакции по карбонильной группе***

1. *Окисление (реакция "серебряного зеркала")*



D- глюкоза

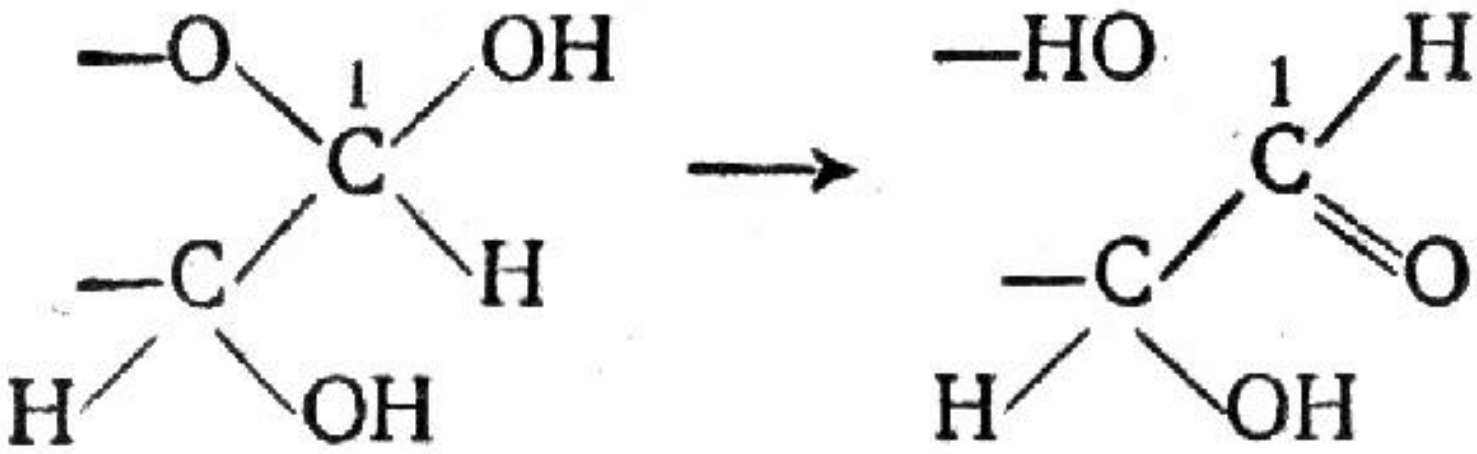
$+ \; 2[Ag(NH_3)_2]OH \rightarrow$



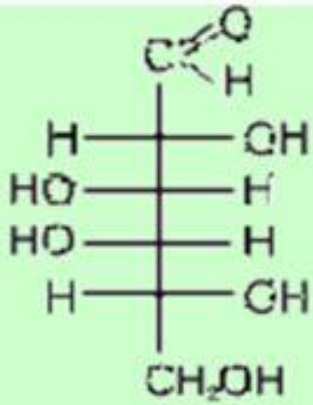
аммониевая соль D- глюконовой кислоты

$+ \; 2Ag\downarrow + 3NH_3 + H_2O$

MyShared

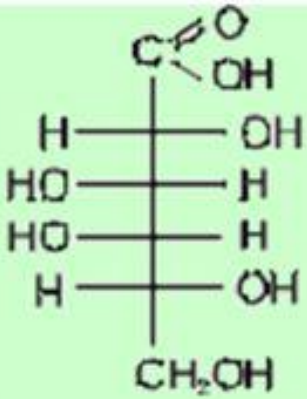

—O
OH
1
C
—C
H
H
OH
—HO
H
1
C
—C
O
H
OH

b) Реакция моносахаридов с гидроксидом меди при нагревании так же приводит к альдоновым кислотам



D- галактоза

$+ 2Cu(OH)_2 \rightarrow$

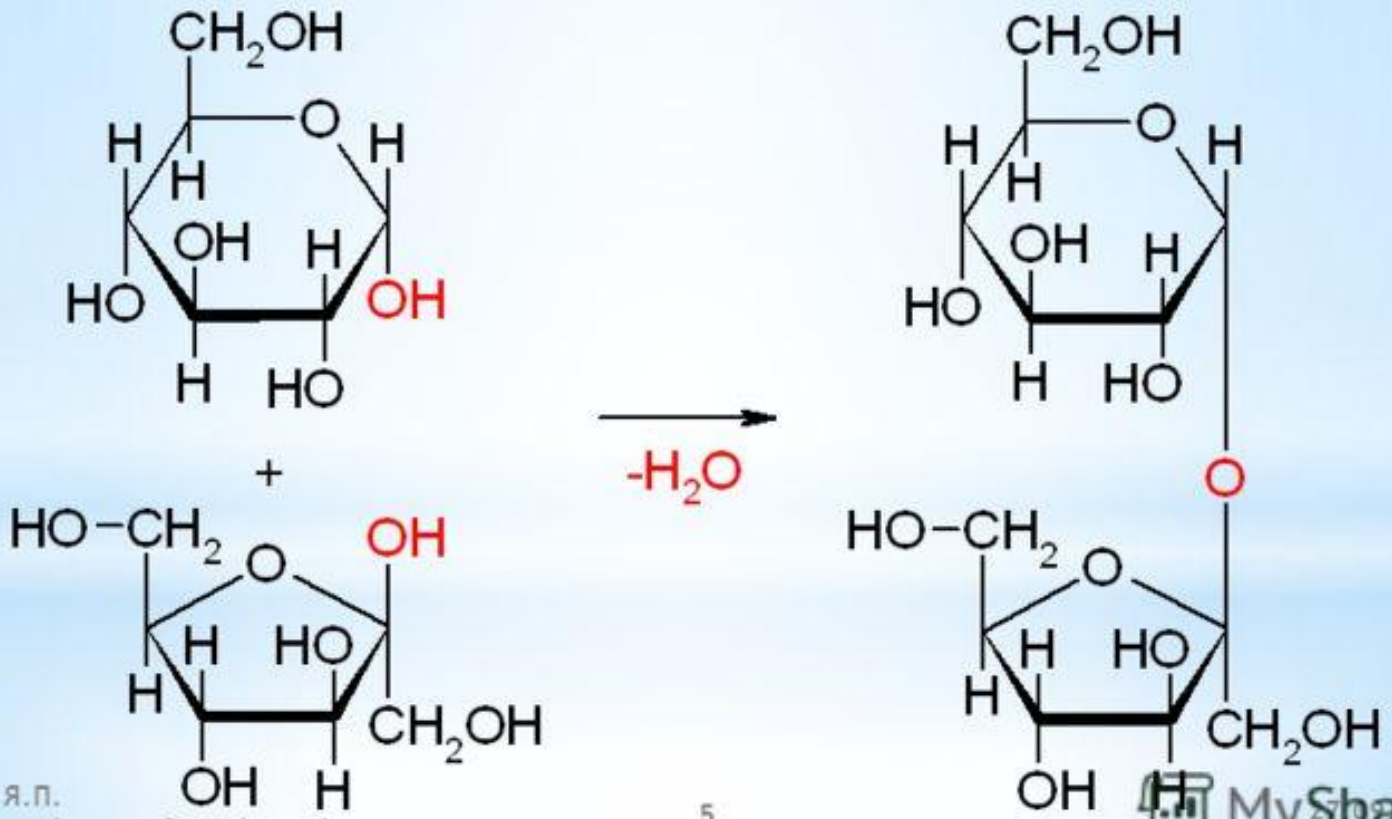


D- галактоновая кислота

$+ Cu_2O\downarrow + 2H_2O$

*1.2.1. Отличия восстанавливающих дисахаридов от невосстанавливающих

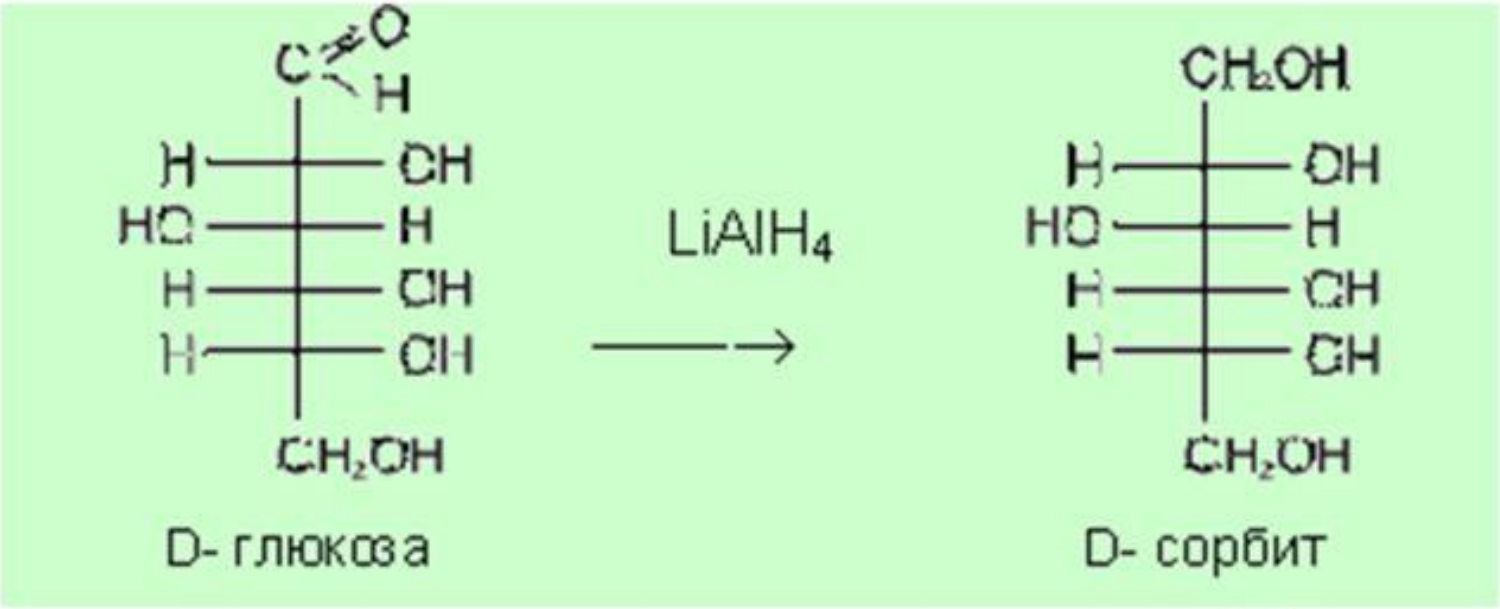
*Сахароза - дисахарид, построенный из остатков глюкозы и фруктозы. Гликозидная связь образуется за счёт полуацетальных гидроксильных групп и глюкозы и фруктозы



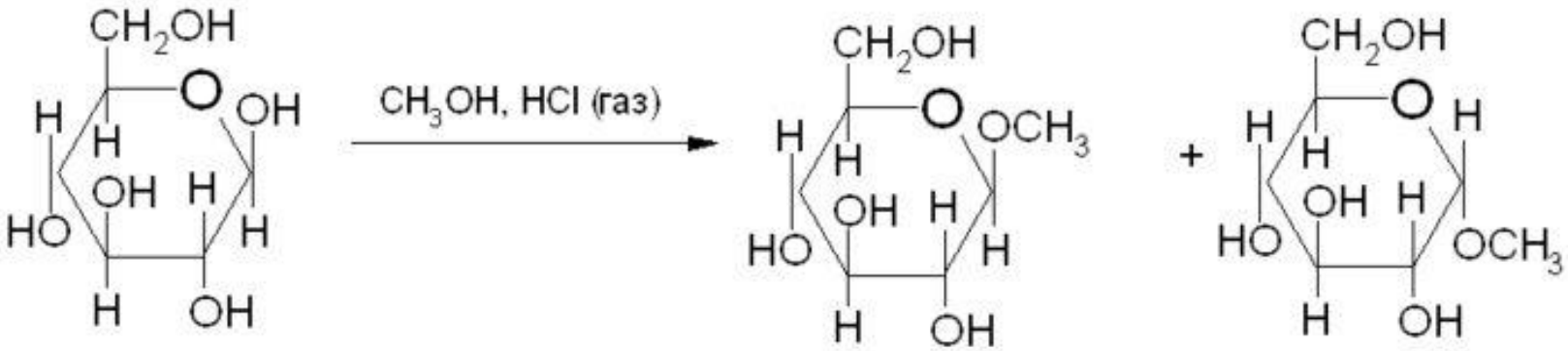
MyShared

2. Восстановление.

- Восстановление сахаров приводит к многоатомным спиртам.



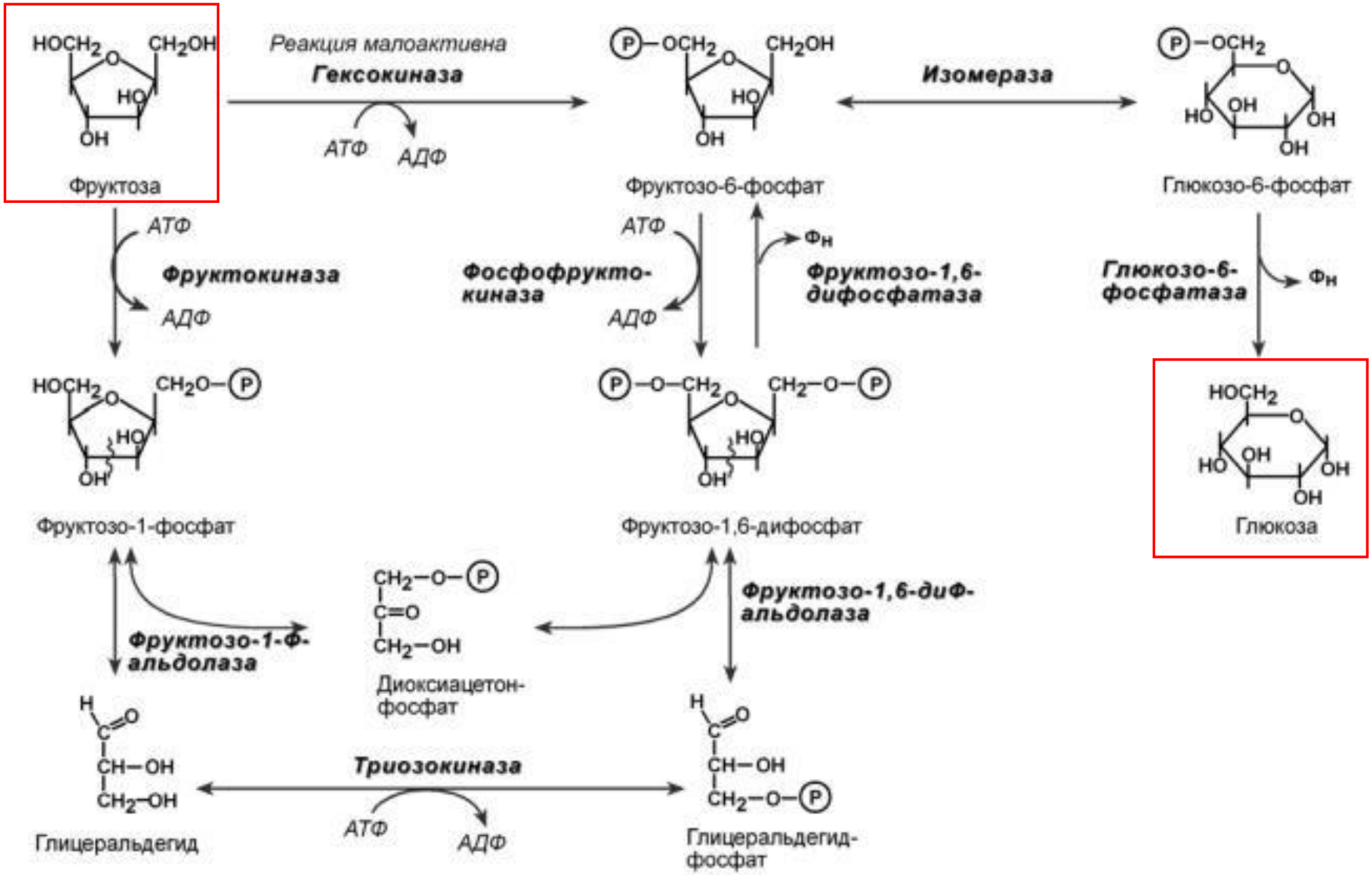
- *1. Образование простых эфиров*



β-D-глюкопираноза метил-β-D-глюкопиранозид метил-α-D-глюкопиранозид

Взаимопревращение сахаров

- Поскольку в кишечнике всасываются все поступающие с пищей моносахариды (фруктоза, галактоза, манноза и т.п.), то перед организмом встает задача превратить полученные гексозы в глюкозу для ее дальнейшего использования в реакциях метаболизма. Этот процесс получил название взаимопревращение сахаров.
- Цель этого процесса – *создание только одного субстрата для реакций метаболизма*, а именно **α-D-глюкозы,** что позволяет сэкономить ресурсы, не образовывать множество ферментов для каждого вида моносахарида. Реакции протекают в эпителии **кишечника** и, в основном, в **гепатоцитах**.
- У детей некоторое время после рождения, даже при гипогликемии, в крови отмечается относительный избыток других моносахаридов, например, фруктозы и галактозы, что обычно связано с функциональной незрелостью печени.



Реакции превращения фруктозы

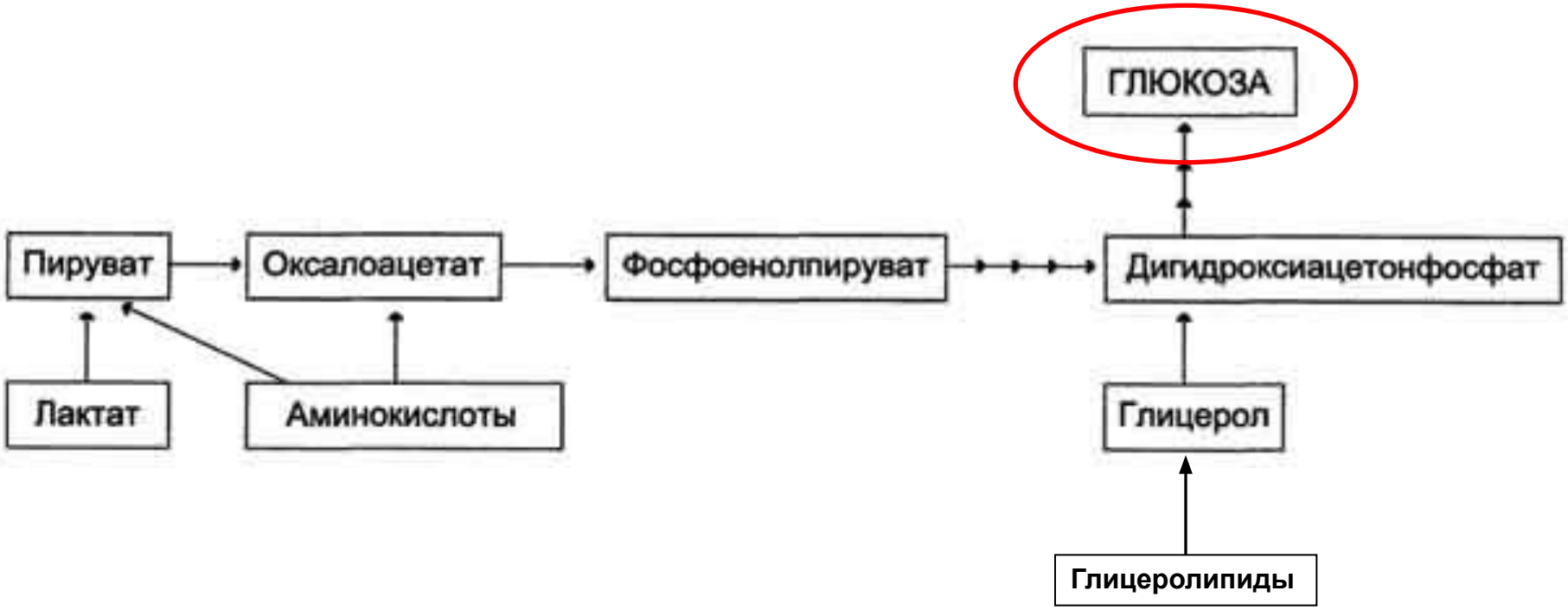
Синтез углеводов

В клетках организма всегда существует потребность в глюкозе:

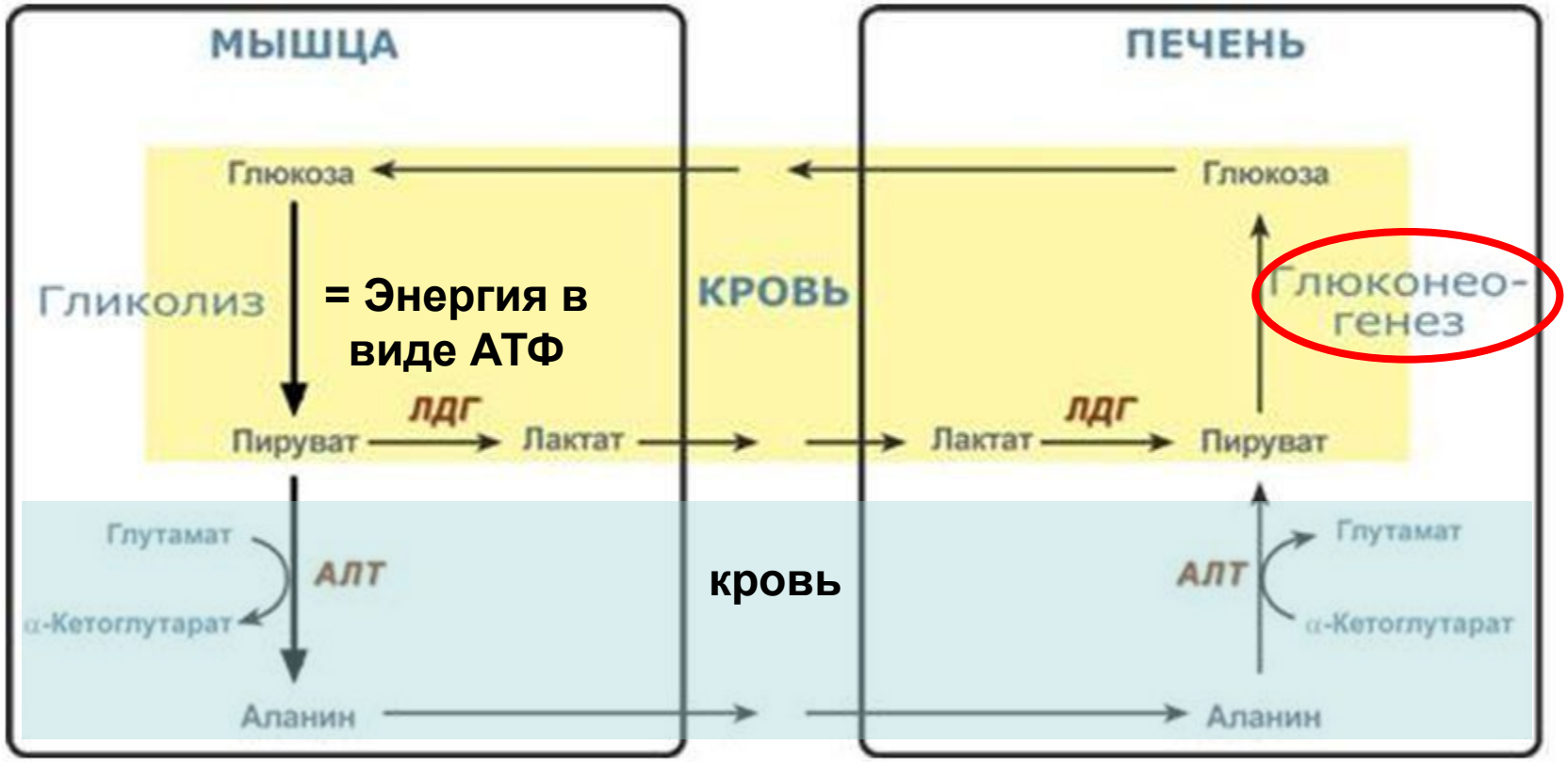
- для **эритроцитов** глюкоза является единственным источником энергии,
- **нервная ткань** потребляет около 120 г глюкозы в сутки и эта величина практически не зависит от интенсивности ее работы. Только в экстремальных ситуациях (длительное голодание) она способна получать энергию из неуглеводных источников,
- глюкоза играет весомую роль для поддержания необходимых концентраций метаболитов **цикла трикарбоновых кислот** (в первую очередь **оксалоацетата**).

Глюконеогенез – это синтез глюкозы из неуглеводных компонентов: лактата, пирувата, глицерола, кетокислот цикла Кребса и других кетокислот, из аминокислот.

Необходимость глюконеогенеза в организме демонстрируют два цикла – **глюкозо-лактатный** и **глюкозо-аланиновый**.


ГЛЮКОЗА
Пируват
Оксалоацетат
Фосфоенолпируват
Дигидроксиацетонфосфат
Лактат
Аминокислоты
Глицерол
Глицеролипиды

Глюкозо-лактатный (выделен желтым) и глюкозо-аланиновый циклы



ЛДГ – лактатдегидрогеназа
АЛТ – аланинаминотрансфераза