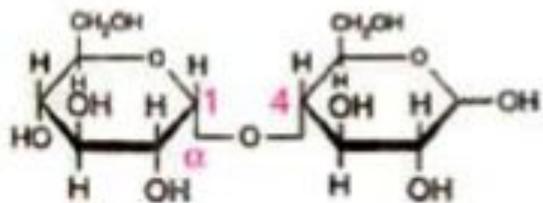


Углеводы

Дисахариды

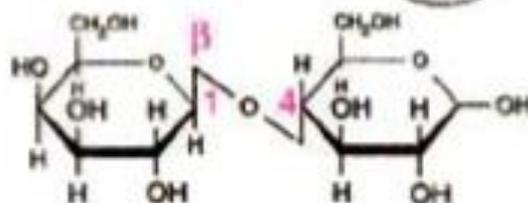
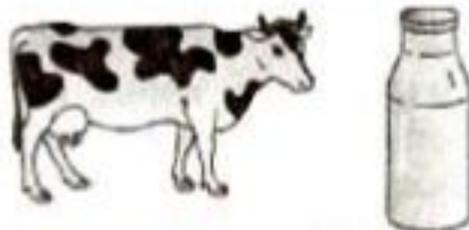
Дисахариды

- Образуются из двух молекул моносахаридов, они широко распространены в природе

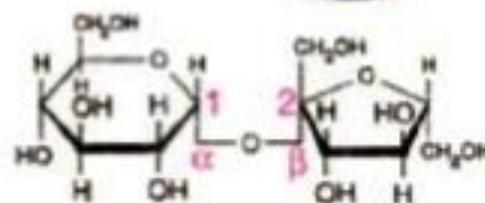


1. Мальтоза,
 α -D-глюкопиранозил-
(1 \rightarrow 4)-D-глюкопиранозид

Б. Дисахариды



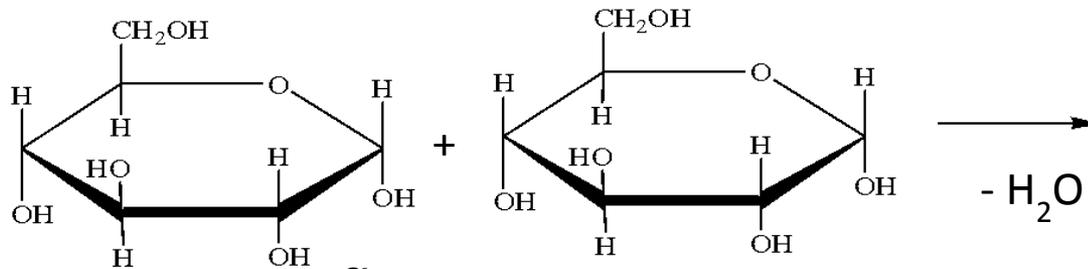
2. Лактоза.
 β -D-галактопиранозил-
(1 \rightarrow 4)-D-глюкопиранозид



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

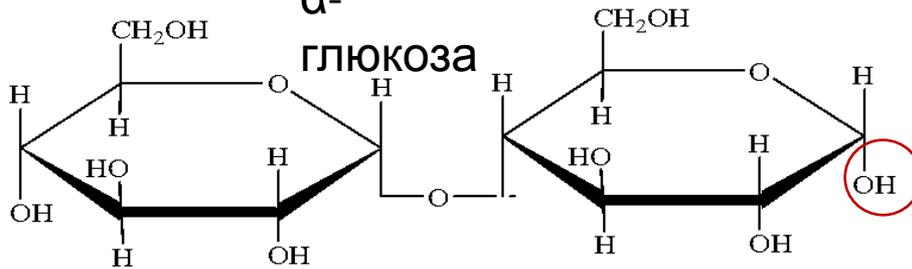
Восстанавливающие дисахариды

Мальтоза



α -
ГЛЮКОЗА

α -
ГЛЮКОЗА

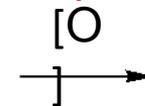
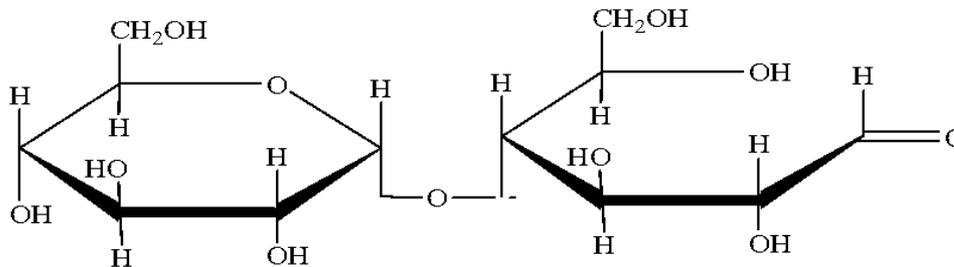


полуацетальны
й

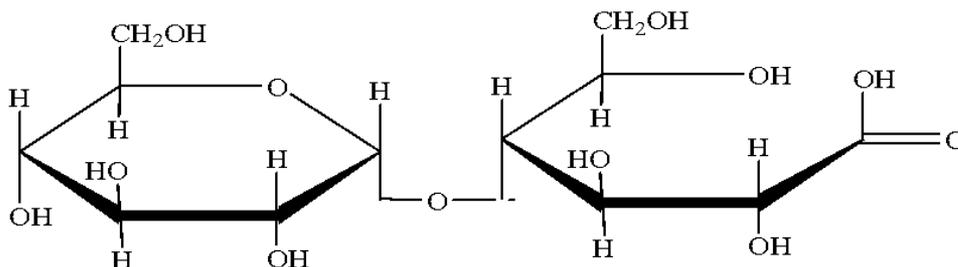
гидроксил

мальто
за

открыта
я
форма
мальтозы

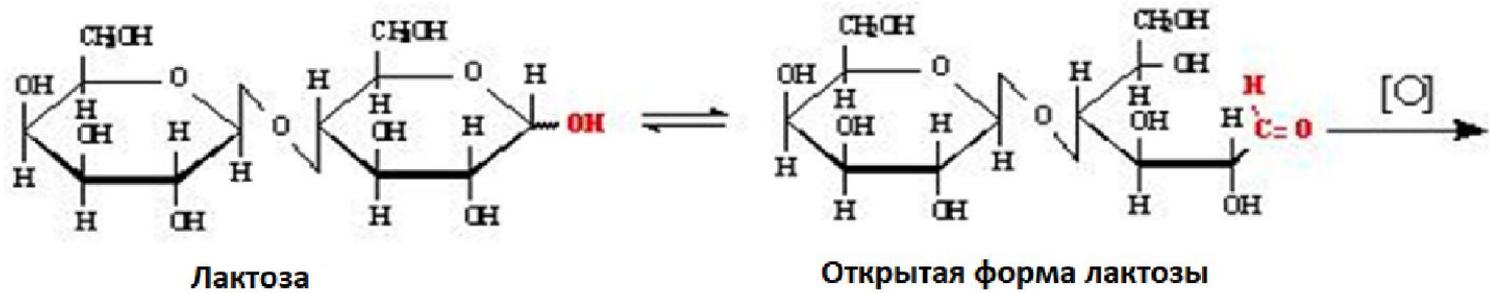
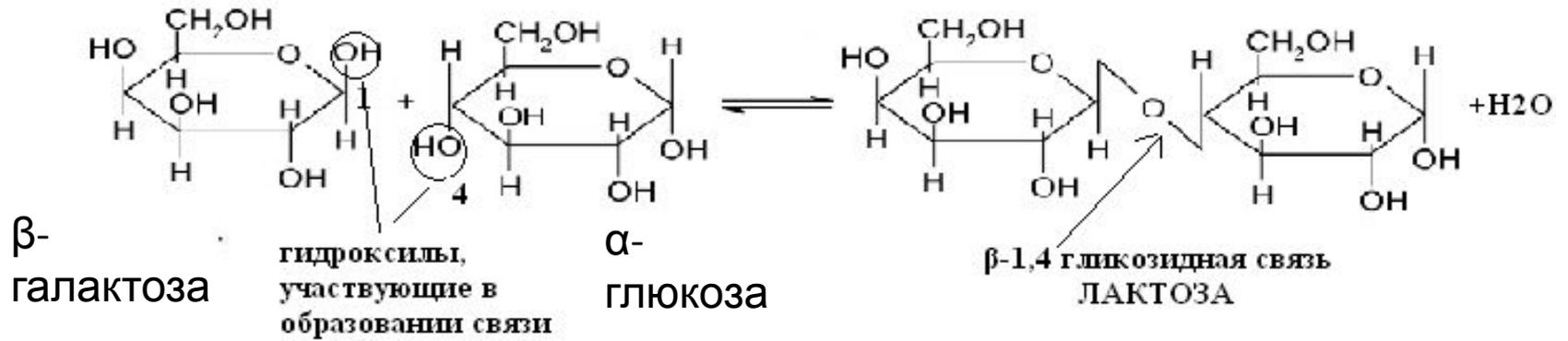


ы



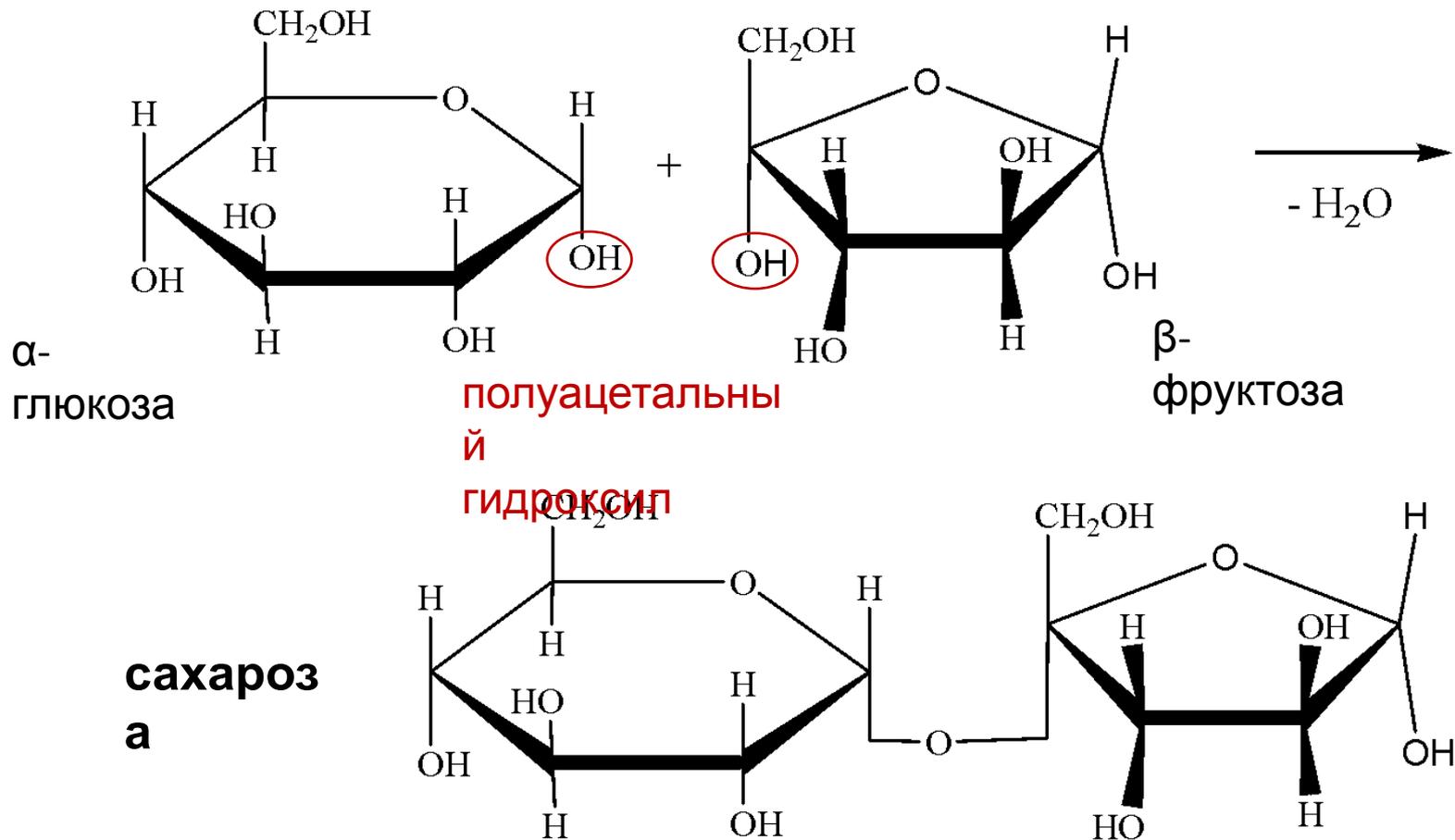
Мальтобионовая
кислота

Лактоза



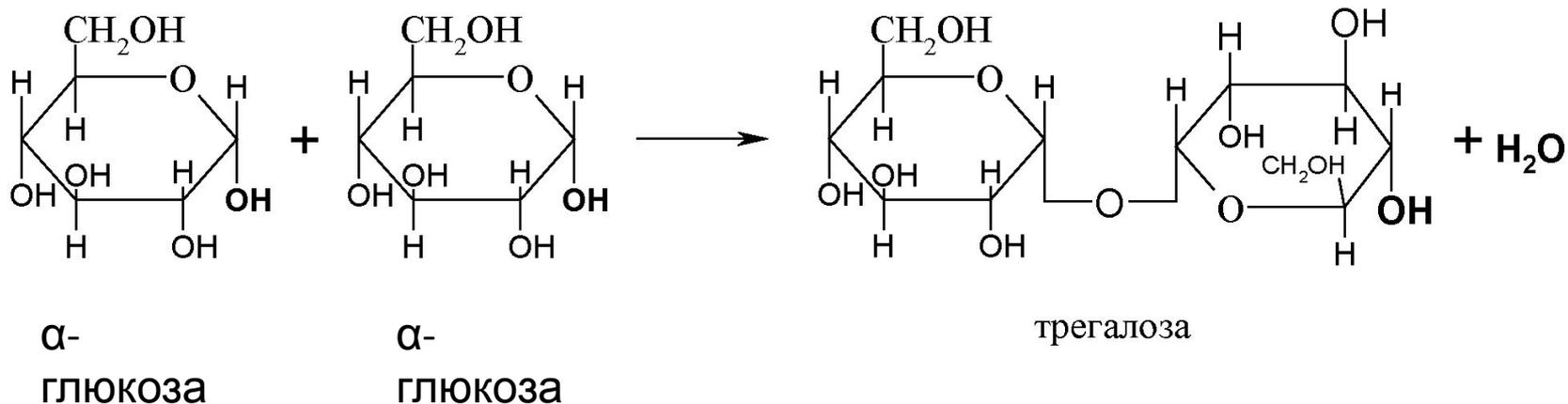
Невосстанавливающие дисахариды

Сахароза



В молекуле сахарозы отсутствует полуацетальный гидроксил, поэтому она не может образовывать открытую форму и окисляться – является **не**

Трегалоза (микоза) – грибной сахар

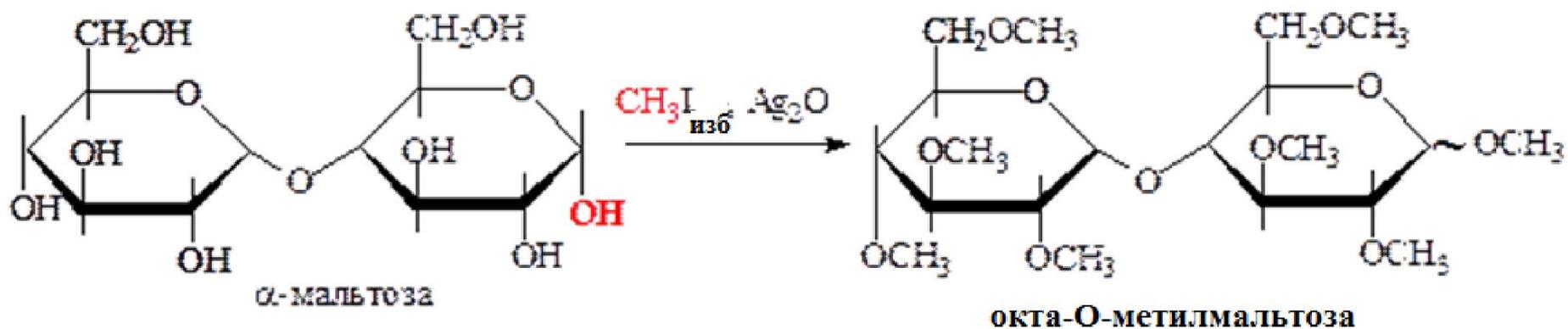
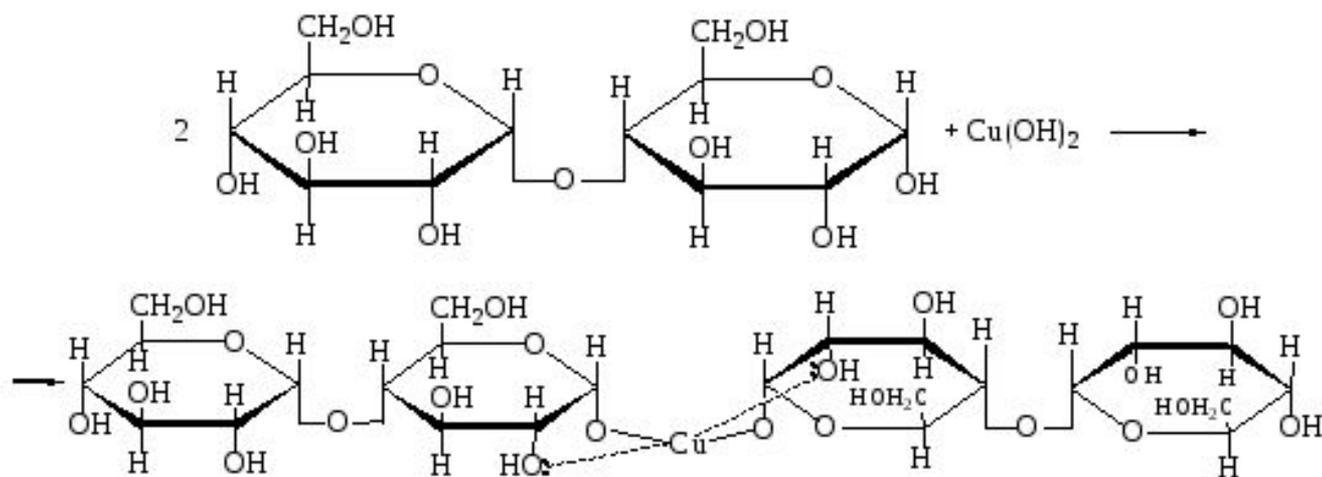


Химические свойства дисахаридов

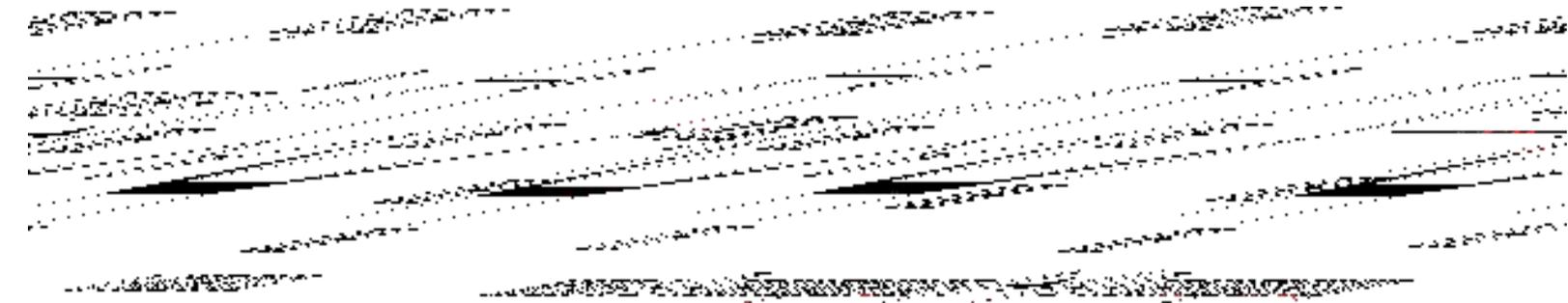
- Для дисахаридов характерны реакции с участием:
 - карбонильной группы;
 - спиртовых гидроксильных групп;
 - только полуацетального (гликозидного) гидроксильного остатка.

• Реакции спиртовых групп

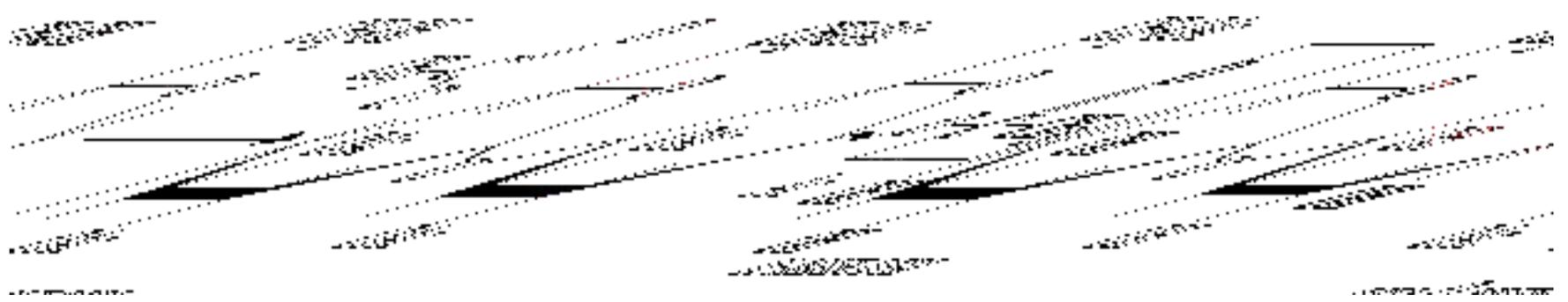
1) Образование комплекса с $\text{Cu}(\text{OH})_2$



В реакциях алкилирования под действием спиртов участвует только гликозидный гидроксил:



3) Ацилирование



окта-О-
ацилмальтоза

• Реакции альдегидной группы, только для восстанавливающих дисахаридов

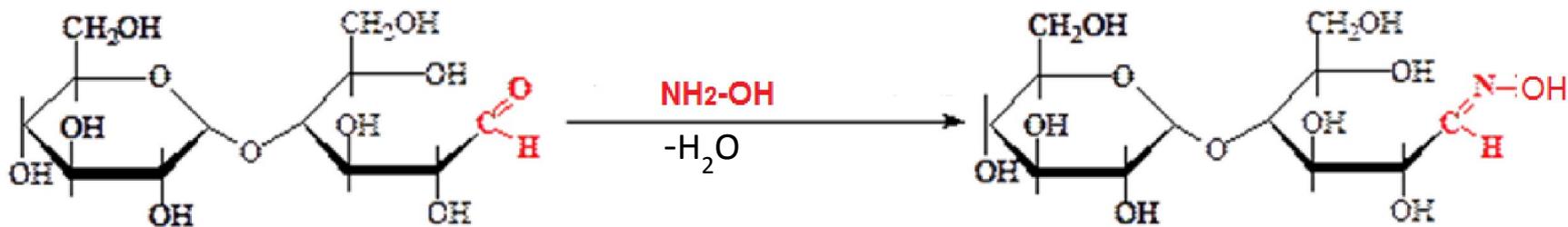
1) Восстановление меди и серебра из их оксидов



Оксо-форма
мальтозы

Мальтобионовая
кислота

2) Взаимодействие с производными аммиака



3) Мутаротация

Мутаротация е процесът на взаимно превръщане на захарите в циклическа форма (пиранозни пръстени) и в отворена форма (линейни молекули). Този процес е обратим и зависи от условията на околната среда, като температура, концентрация на водата и pH стойността.

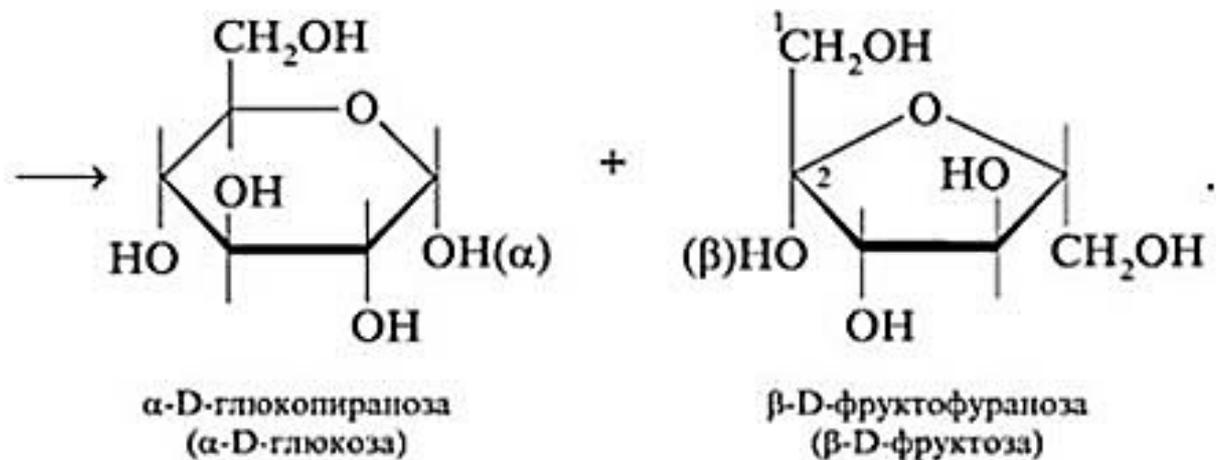
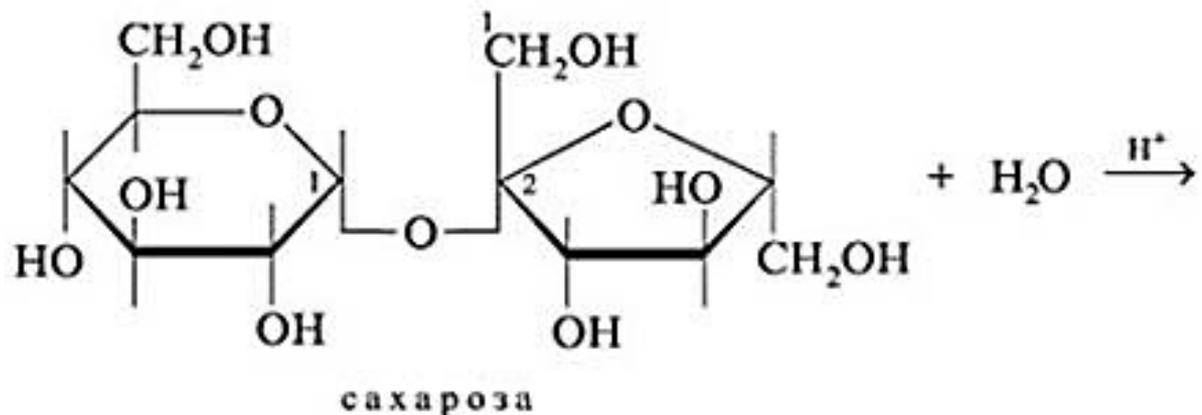
В отворената форма захарите съществуват като полихидрокси карбонилни съединения. При мутаротацията карбонилният въглерод (C1) реагира с хидроксилната група на съседния въглерод (C5), образувайки петчленен пиранозен пръстен. Този процес е катализиран от водни молекули и може да протече спонтанно или с помощта на специфични ензими.

Мутаротацията е особено важна за захарите с алдехидна група, като глюкозата и фруктозата. Например, глюкозата в отворена форма има карбонилна група на C1 и хидроксилна група на C5. При мутаротацията те взаимодействат, образувайки пиранозния пръстен на глюкозата.

Процесът на мутаротация е обратим и може да протече в двата посоки. Например, при понижаване на температурата или увеличаване на концентрацията на захара в воден разтвор, равновесието се отмества в посока на образуването на циклическата форма.

Мутаротацията е ключов процес в биохимията, който влияе на реактивността на захарите и техните взаимодействия с други молекули. Например, мутаротацията на глюкозата е важна за нейното участие в гликолизиса и гликогенния метаболизъм.

• Гидролиз дисахаридов

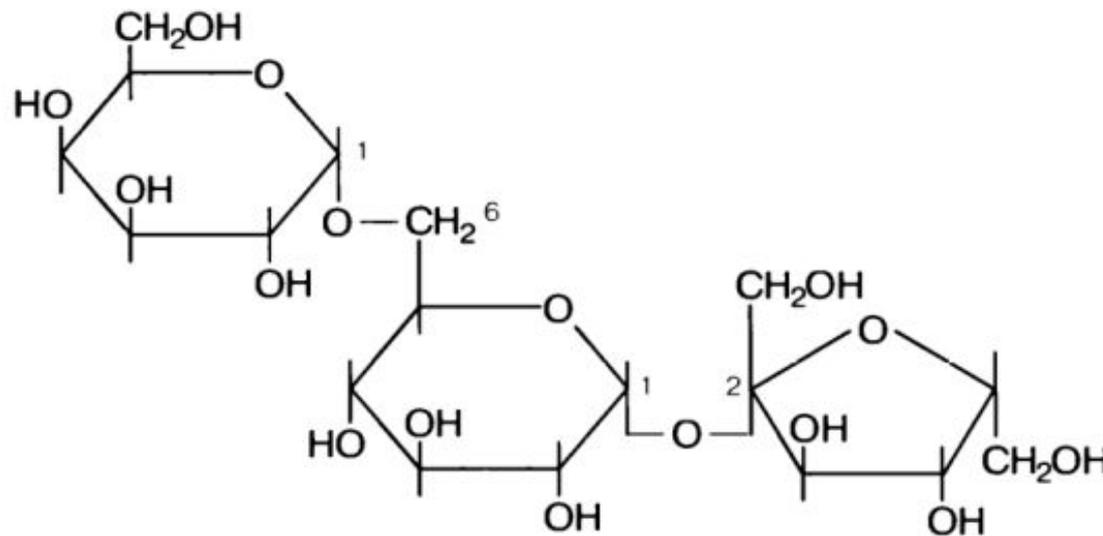


- **Олигосахариды** - сахароподобные сложные углеводы, характеризующиеся сравнительно не высокой молекулярной массой, хорошей растворимостью в воде, легкой кристаллизацией и сладким вкусом.
- Молекулы олигосахаридов составлены из небольшого числа остатков простых углеводов

Трисахариды

- **Рафиноза** (раффиноза) невосстанавливающий трисахарид, состоящий из остатков D-галактозы, D-глюкозы и D-фруктозы.

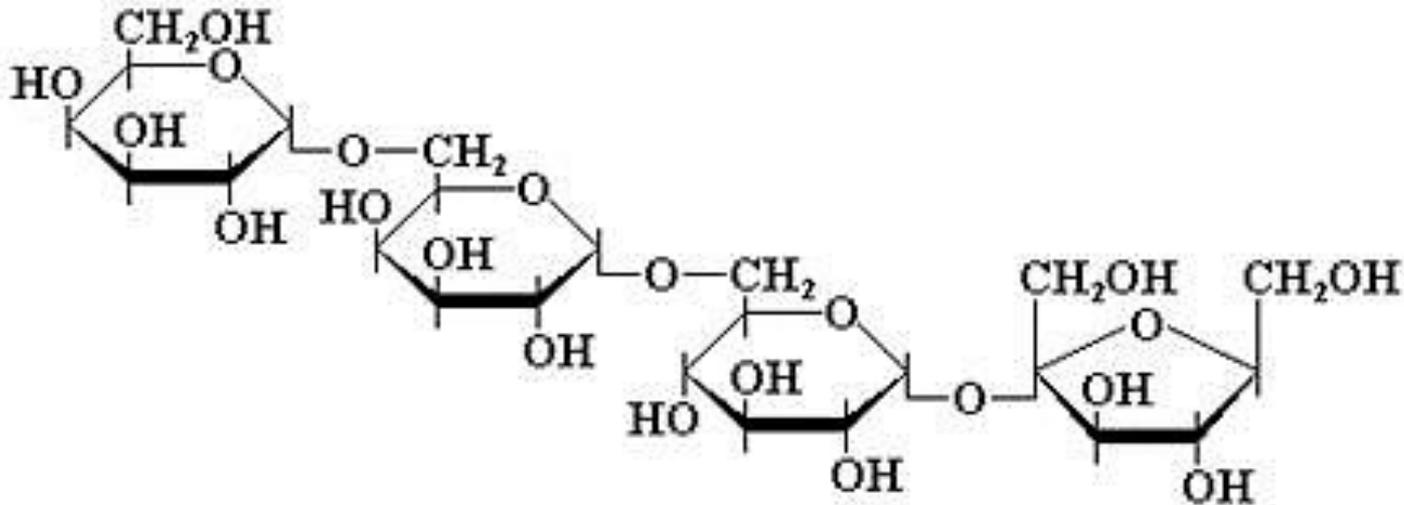
Один из распространённых растительных резервных углеводов (сахарная свёкла, семена хлопча



Гал-(1α→6)-Глк-(1α→2β)-Фр

Тетрасахариды

- **Стахи́оза** (маннеотетроза, дигалактозилсахароза) — невосстанавливающий тетрасахарид состоящий из двух остатков галактозы, одного глюкозы и одного фруктозы.
- Стахиоза является одним из резервных углеводов, содержащихся в семенах, луковицах и корнях некоторых растений



Полисахариды

Полисахариды

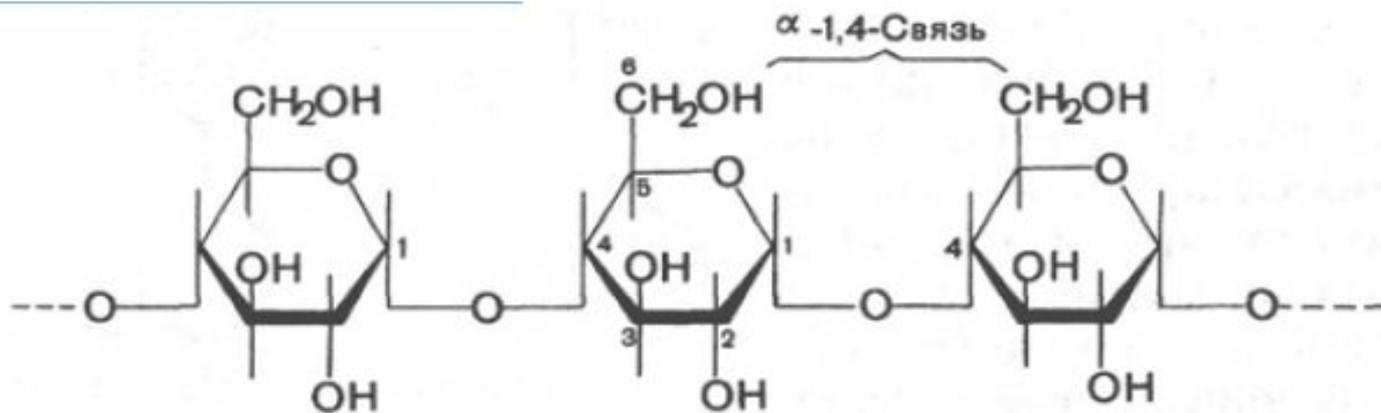
- Это высокомолекулярные сложные углеводы, составленные из многих сотен остатков простых углеводов. Их молекулярный вес составляет сотни тысяч. Они не дают ясно оформленных кристаллов. Полисахариды либо не растворимы в воде, либо дают растворы напоминающие по свойствам коллоидные
- **Гомогликаны** – полисахариды, построенные из моносахаридных звеньев одного типа
- **Гетерогликаны** – полисахариды, построенные из различных звеньев

По функциональным свойствам:

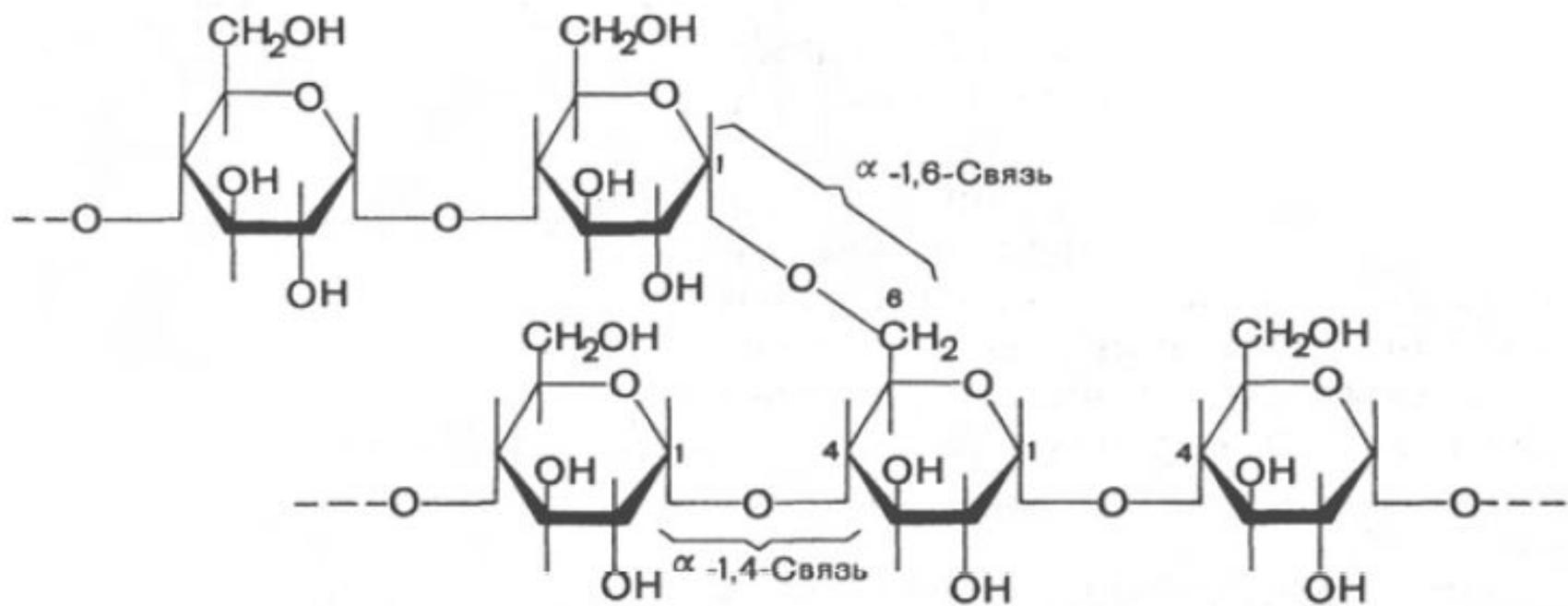
- **Структурные полисахариды** – придают клеткам, органам и целым организмам механическую прочность (целлюлоза)
- **Водорастворимые полисахариды** – высоко гидратированы и предохраняют от высыхания клетки и ткани (гиалуроновая кислота)
- **Резервные полисахариды** – служат энергетическим ресурсом, из которого по мере необходимости в организм поступают моносахариды, являющиеся клеточным топливом (крахмал, гликоген)

Крахмал

- является основным резервным материалом растительных организмов. Главным образом накапливается в семенах (зерна злаков содержат до 70% крахмала)
- Крахмал представляет собой смесь 2 гомополисахаридов: линейного – **амилозы** и разветвленного – **амилопектина**, общая формула которых $(C_6H_{10}O_5)_n$
- Содержание амилозы в крахмале составляет 10-30%, амилопектина – 70-90%
- Полисахариды крахмала построены из остатков **D-глюкозы**, соединенных в амилозе и линейных цепях амилопектина **α -1-4-связями**, а в точках ветвления амилопектина – межцепочечными **α -1-6-связями**
- При частичном кислотном гидролизе крахмала образуются полисахариды меньшей степени полимеризации – **декстрины**, при полном гидролизе – **глюкоза**

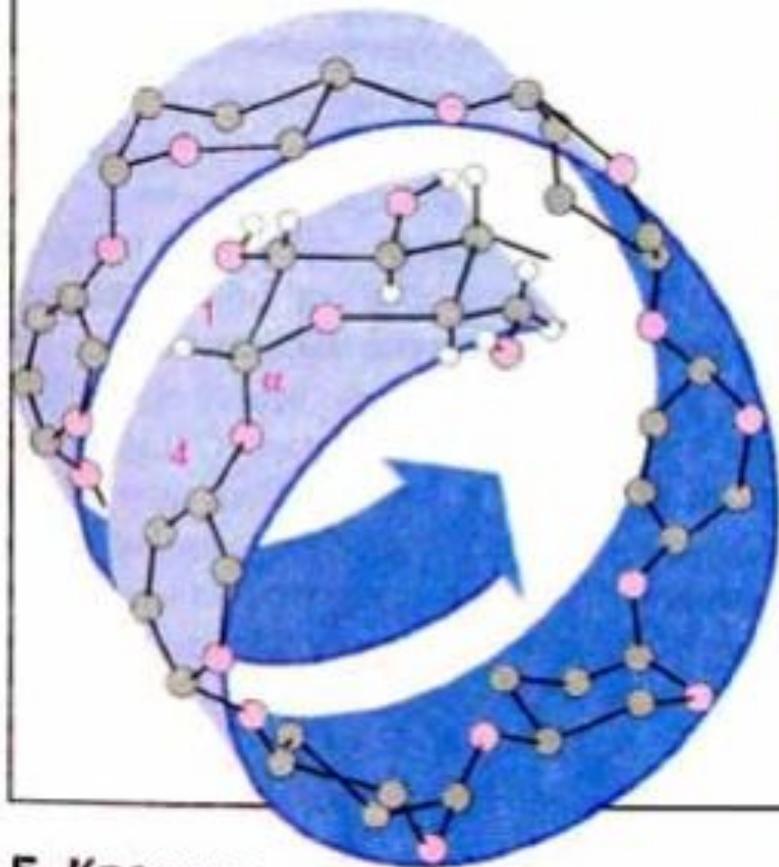


Участок молекулы амилозы

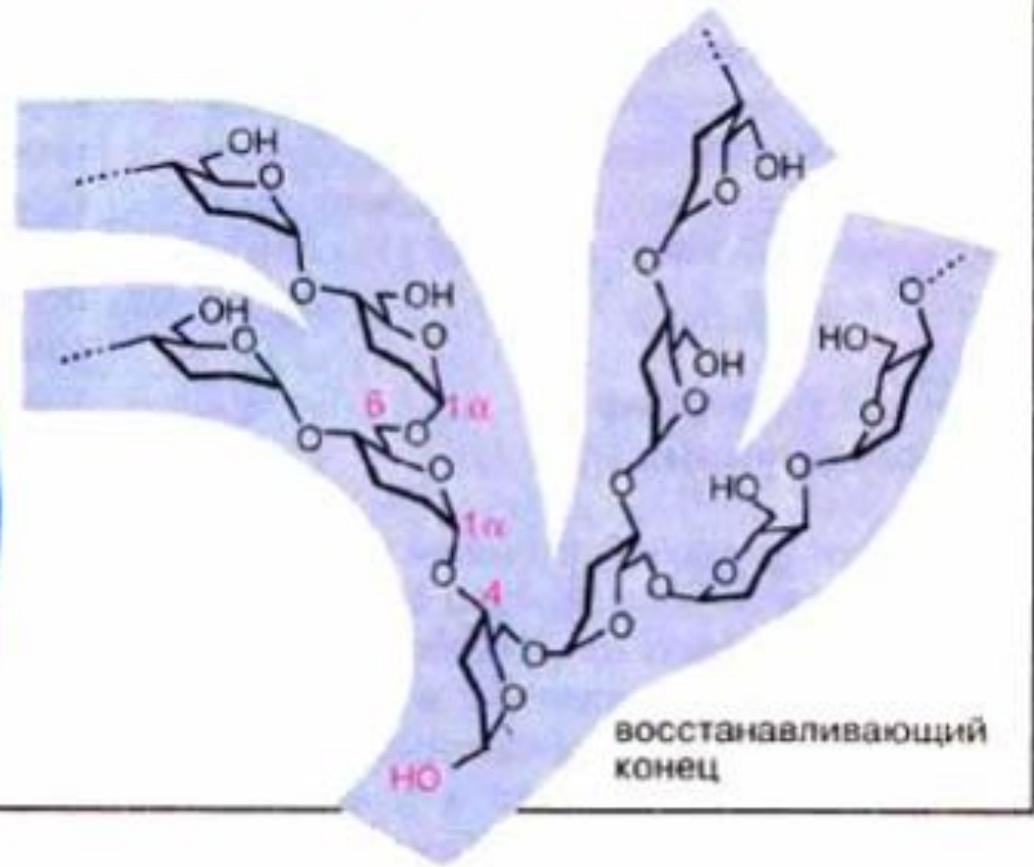


Участок молекулы амилопектина

1. Амилоза 20%



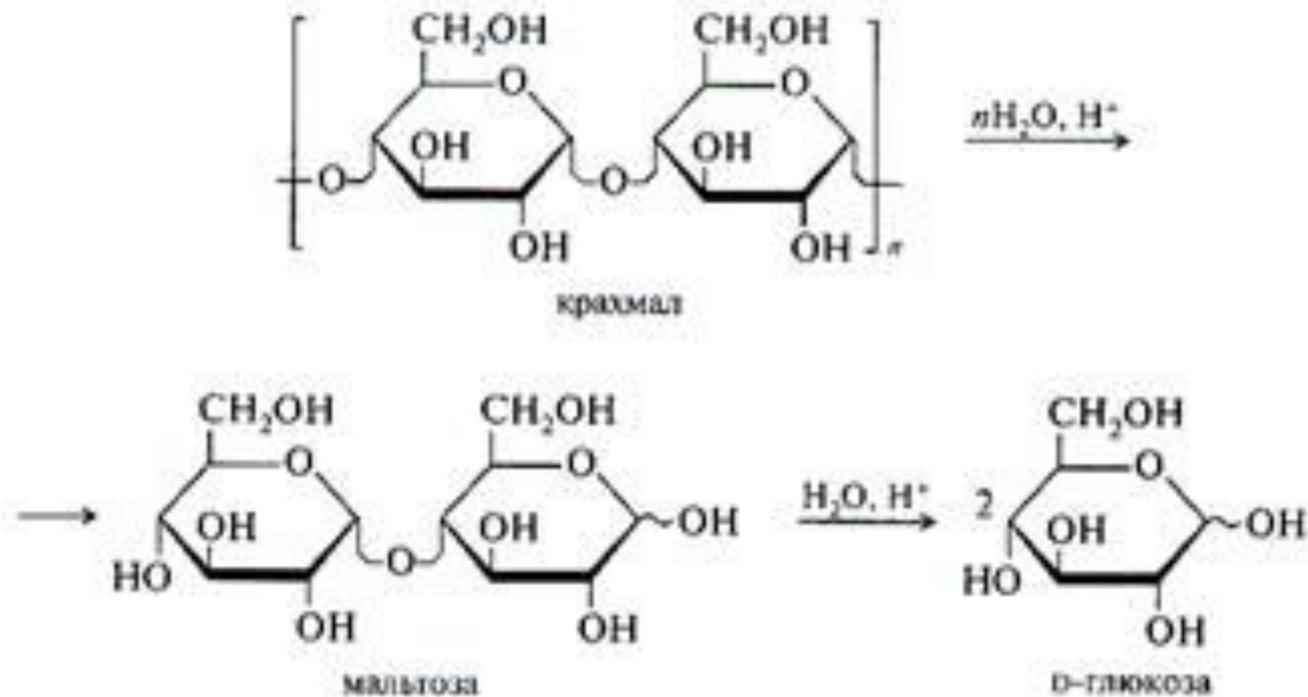
2. Амилопектин 80%



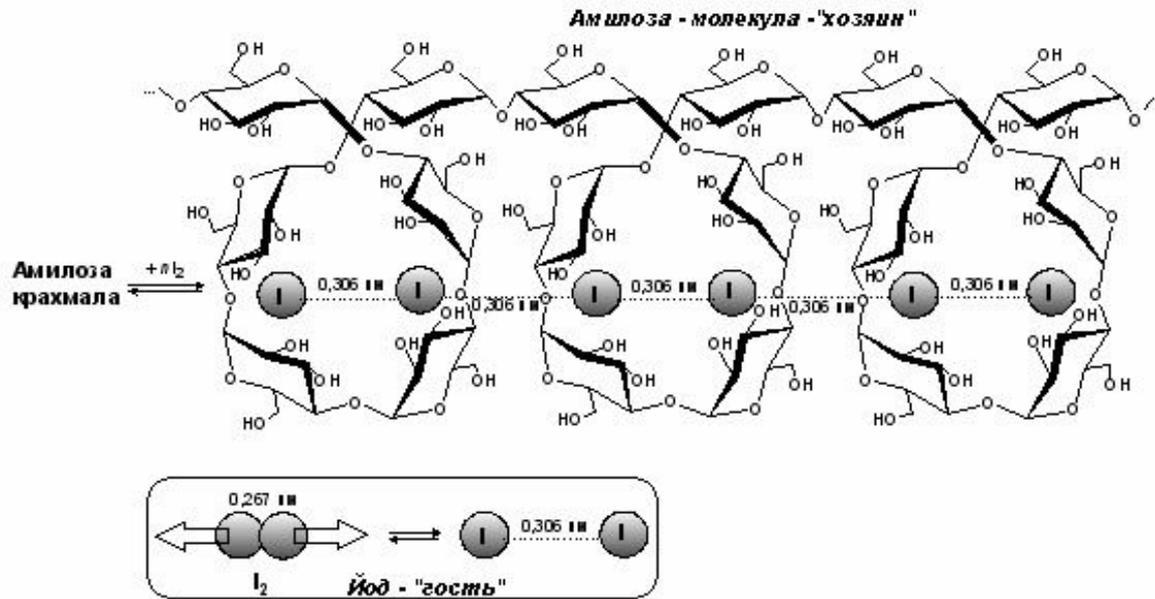
Б. Крахмал

Химические свойства крахмала

- В горячей воде набухает (растворяется), образуя коллоидный раствор — клейстер.
- В воде, при добавлении кислот постепенно гидролизуется с уменьшением молекулярной массы, с образованием декстринов, вплоть до глюкозы.



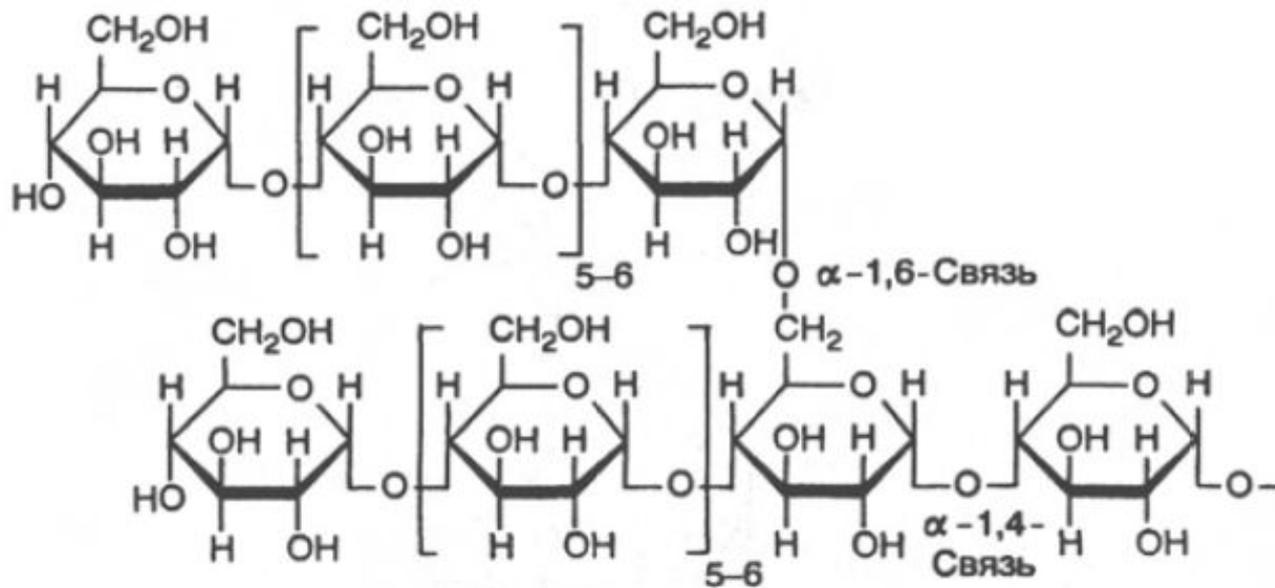
- Взаимодействует с йодом (окрашивание в синий цвет), образуется соединение включения.



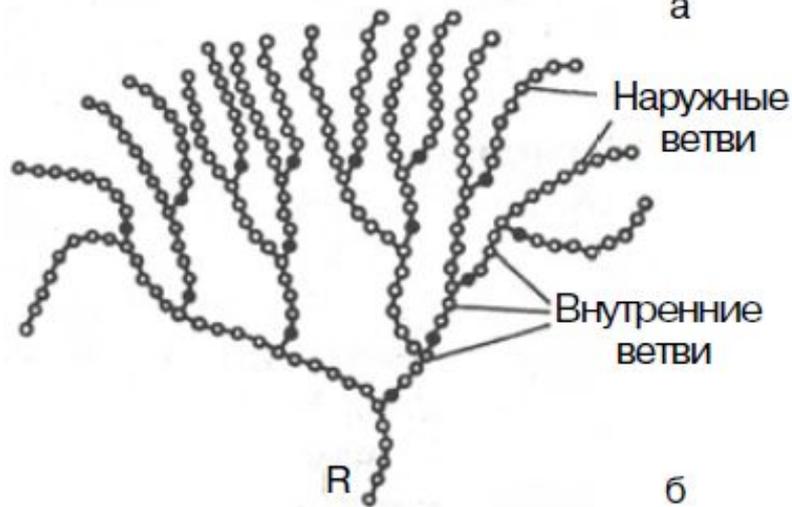
- Крахмал не даёт реакции серебряного зеркала;
- Подобно сахарозе, не восстанавливает гидроксид меди (II) (реактив Феллинга)

Гликоген

- главный резервный полисахарид высших животных и человека, построенный из остатков **D-глюкозы**
- Эмпирическая формула гликогена $(C_6H_{10}O_5)_n$
- Гликоген содержится практически во всех органах и тканях животных и человека; наибольшее количество обнаружено в печени и мышцах.
- Его молекула построена из ветвящихся полиглюкозидных цепей, в которых остатки глюкозы соединены α -1-4 и α -1-6- гликозидными связями.
- При гидролизе гликоген, подобно крахмалу, расщепляется с образованием сначала **декстринов**, затем **мальтозы** и, наконец, **глюкозы**



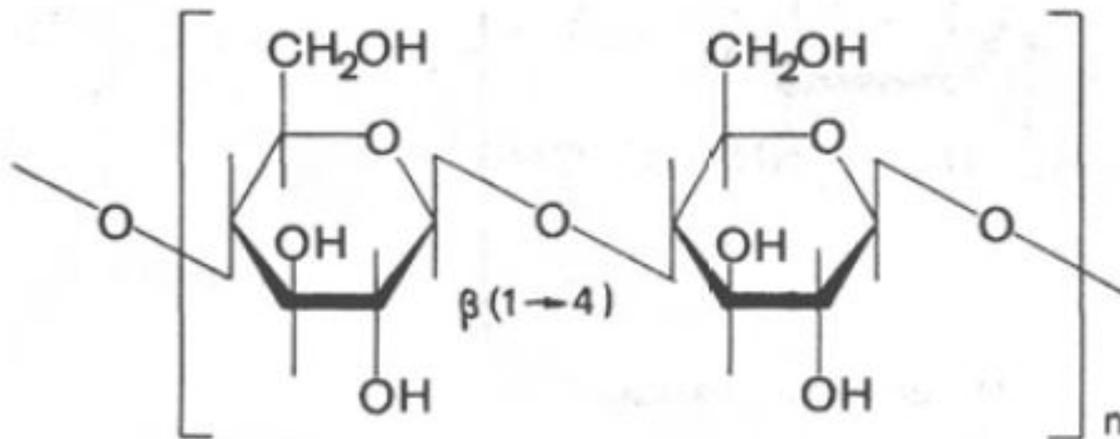
а



б

Целлюлоза

- наиболее широко распространенный структурный полисахарид растительного мира. Он состоит из β -глюкозных остатков, линейно соединенных между собой β -(1-4)-связями:

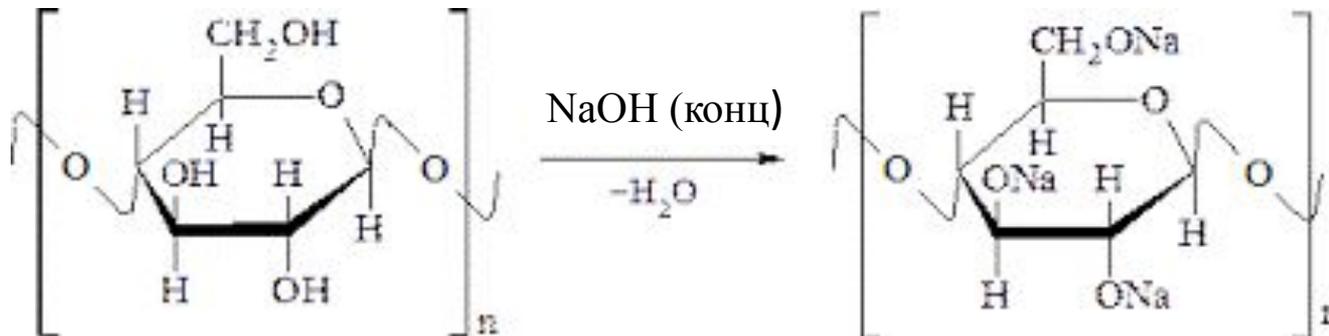


Участок молекулы целлюлозы

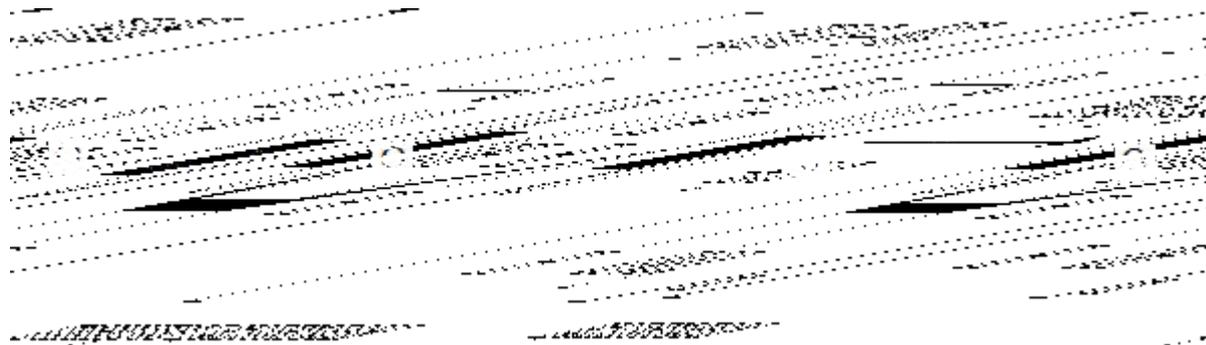
При частичном гидролизе целлюлозы образуется дисахарид **целлобиоза**, а при полном гидролизе – **D-глюкоза**

Химические свойства целлюлозы

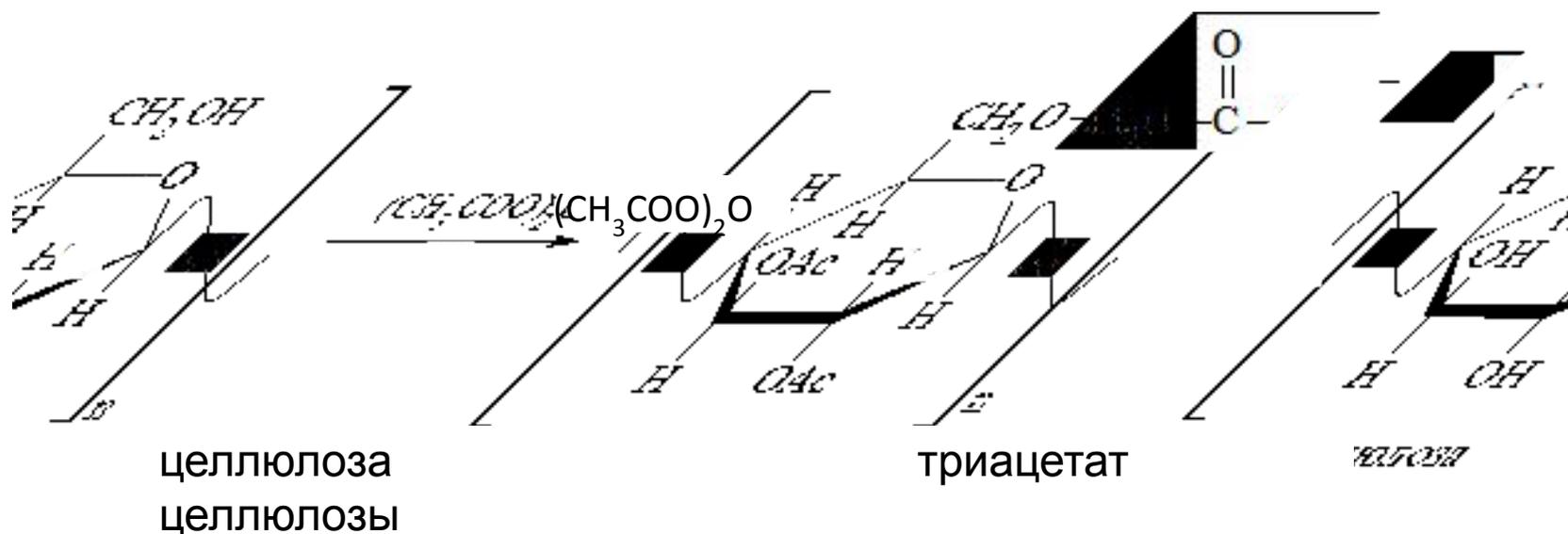
- при действии концентрированных растворов щелочей могут образовываться алкоголяты. Так получают щелочную целлюлозу:



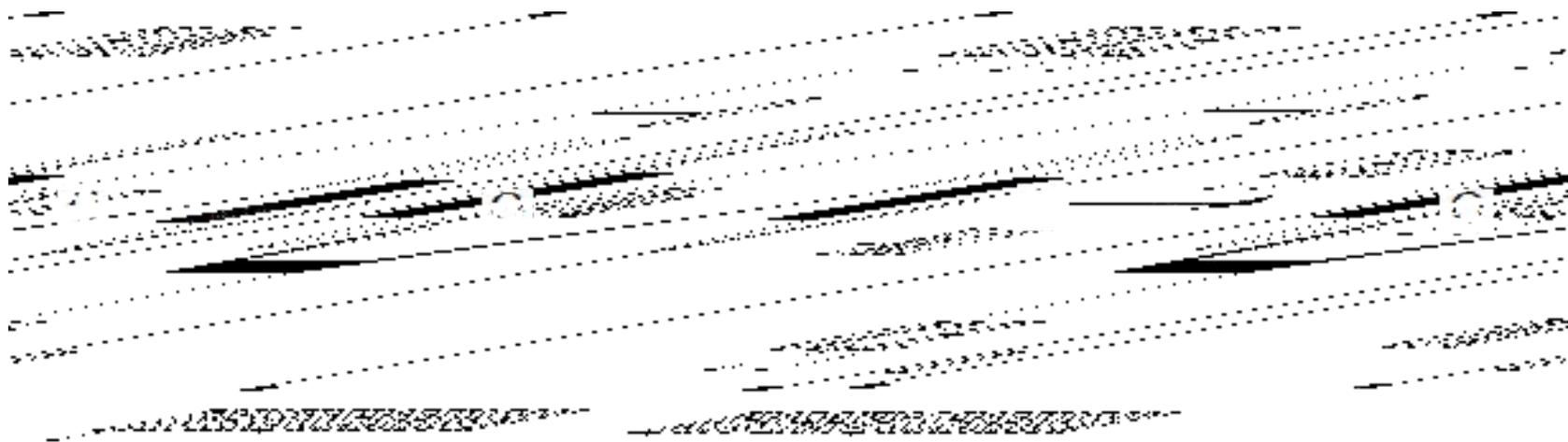
- при взаимодействии целлюлозы со смесью азотной и серной кислот можно получить нитраты целлюлозы:



- При взаимодействии целлюлозы с уксусной кислотой (в присутствии серной кислоты) или уксусным ангидридом образуется ацетат целлюлозы. Наибольшее промышленное значение получил полный эфир - триацетат целлюлозы - называемый искусственным шелком:



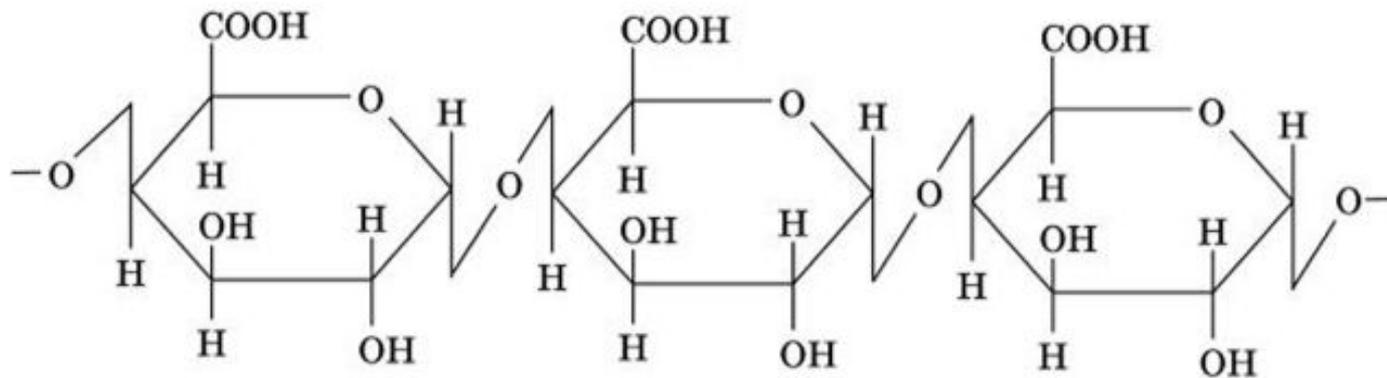
- Ацетаты целлюлозы применяют также для получения пластмасс, фото- и киноплёнки, специальных лаков.
- Из простых эфиров целлюлозы особое значение получили метил-, этил- и бутилцеллюлоза. Они образуются при действии галогеналканов на щелочную целлюлозу.



Пектиновые вещества, или пектины

– полисахариды, образованные остатками главным образом **галактуроновой кислоты**. Присутствуют во всех высших растениях, особенно во фруктах.

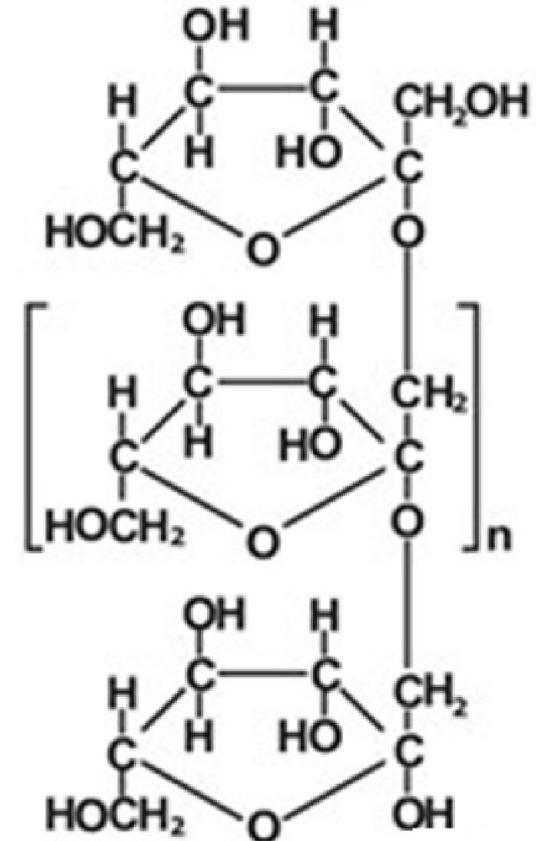
Пектины, являясь структурным элементом растительных тканей, способствуют поддержанию в них тургора, повышают засухоустойчивость растений, устойчивость овощей и фруктов при хранении.



Строение пектина

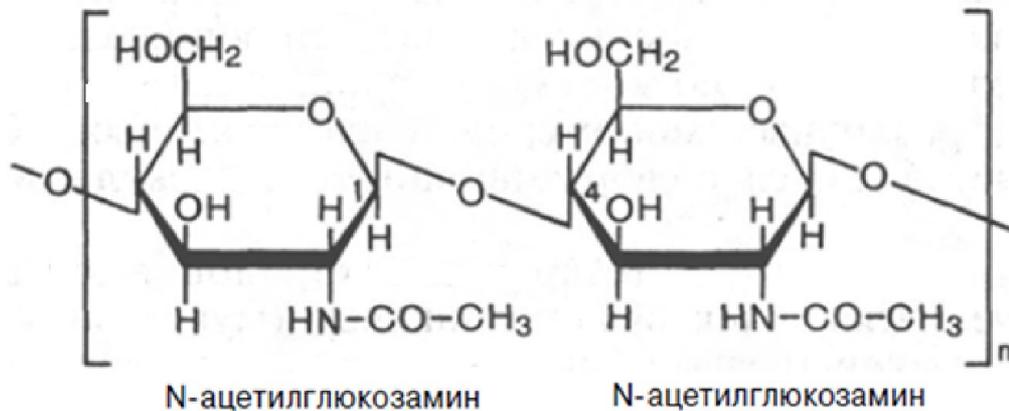
Инулин

- органическое вещество из группы полисахаридов, полимер **D-фруктозы**, полифруктозан
- При гидролизе под действием кислот и фермента инулиназы образует D-фруктозу и небольшое количество глюкозы.
- Молекула инулина — цепочка из 30-35 остатков фруктозы в фуранозной форме.
- Инулин служит запасным углеводом, встречается во многих растениях, главным образом семейства сложноцветных.



ХИТИН

- Важный структурный полисахарид беспозвоночных животных (главным образом членистоногих). Из него, построен наружный скелет ракообразных и насекомых
- Хитин также частично или полностью замещает целлюлозу в клеточных стенках грибов
- Структуру хитина составляют N-ацетил-D-глюкозаминовые звенья, соединенные β -(1-4)-гликозидными связями:

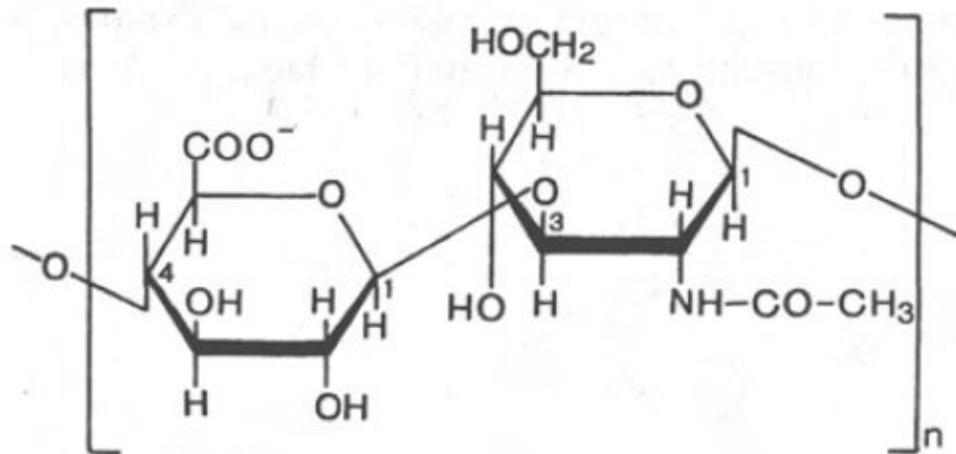


Повторяющиеся звенья в молекуле хитина

Гетерополисахариды

- Важнейшие представители гетерополисахаридов в органах и тканях животных и человека – **гликозаминогликаны** (мукополисахариды).
- Они состоят из цепей сложных углеводов, содержащих аминсахара и уроновые кислоты
- Гликозаминогликаны как основное скрепляющее вещество связаны со структурными компонентами костей и соединительной ткани. Их функция состоит в удержании большой массы воды и в заполнении межклеточного пространства.
- Гликозаминогликаны – основной компонент внеклеточного вещества, заполняющего межклеточное пространство тканей.
- Они также содержатся в больших количествах в синовиальной жидкости – это вязкий материал, окружающий суставы, который служит смазкой и амортизатором.

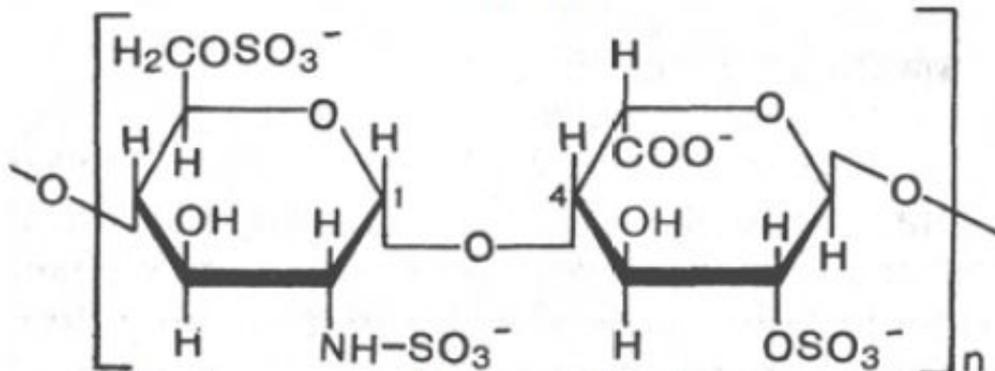
Гиалуроновая кислота



β-Глюкуроновая кислота

N-ацетилглюкозамин

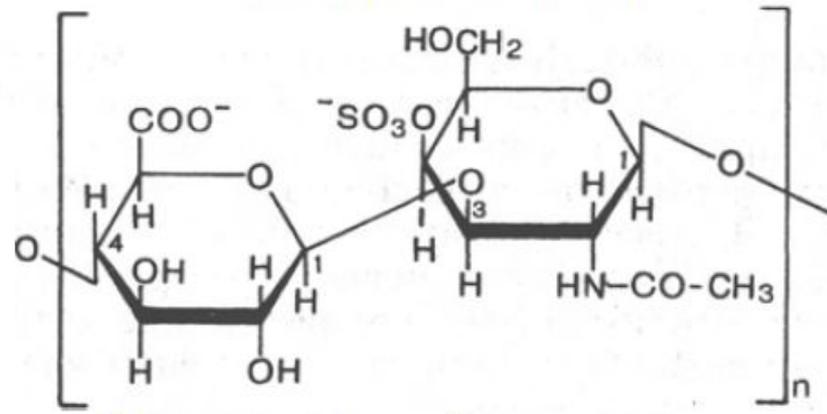
Гепарин



Сульфатированный глюкозамин

Сульфатированная идуоновая кислота

Хондроитин-4-сульфат
(встречается также 6-сульфат)



β-Глюкуроновая кислота

N-ацетилгалактозаминсульфат