

Лекция для студентов 2 курса лечебного
и педиатрического факультетов
Составитель: доцент, к.б.н. С.Р. Трофимова

Химия и переваривание углеводов.



Углеводы

- это альдегидоспирты и кетоноспирты, их производные и продукты поликонденсации.

Роль углеводов

- 1. Энергетическая** (при распаде 1 г углеводов образуется 4,1 ккал=17 кДж). 55% суточной энергии покрывается за счет углеводов.
- 2. Структурная** (ГАГи, хитин, клетчатка и пектиновые вещества)
- 3. Запасающая** (резервные углеводы: гликоген и крахмал)
- 4. Защитная** (гликопротеины слизистой ЖКТ, иммуноглобулины)

Классификация углеводов

1. Моносахариды - это углеводы, которые не гидролизуются с образованием более простых форм.

2. Олигосахариды – это углеводы, которые содержат в своем составе от **2 до 10** моносахаридов.

3. Полисахариды – это высокомолекулярные углеводы, которые содержат в своем составе **более 10** моносахаридов

Классификации моносахаридов

1. По числу атомов углерода в молекуле:

- **Триозы** (глицериновый альдегид, фосфодиоксиацетон)
- **Тетрозы** (эритроза, эритрулоза)
- **Пентозы** (рибоза, дезоксирибоза, рибулоза, ксилоза и др.)
- **Гексозы** (глюкоза, галактоза, фруктоза, манноза)
- **Гептозы** (седогептоза, седогептулоза)

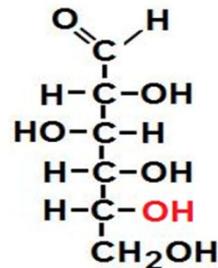
2. По функциональной группе:

- **Альдозы** (глицериновый альдегид, рибоза, глюкоза, галактоза, манноза)
- **Кетозы** (фосфодиоксиацетон, ксилулоза, фруктоза, седогептулоза)

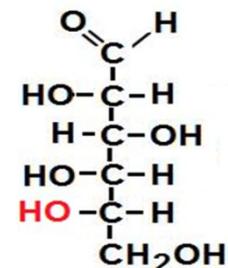
3. По расположению OH-группы у последнего асимметричного атома углерода:

• **D-форма** (справа)

• **L-форма** (слева)



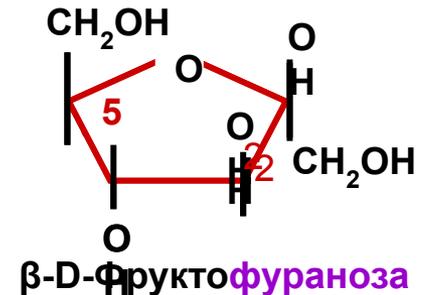
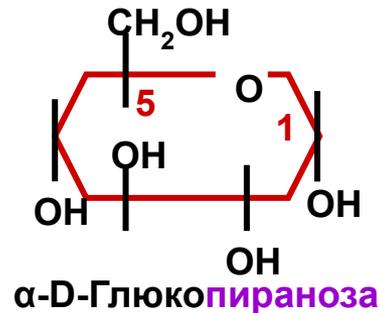
D-глюкоза



L-глюкоза

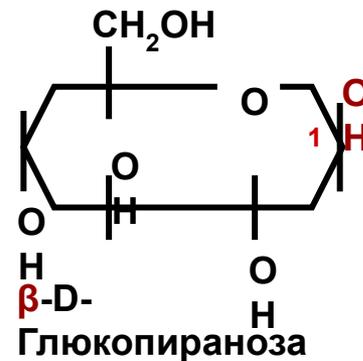
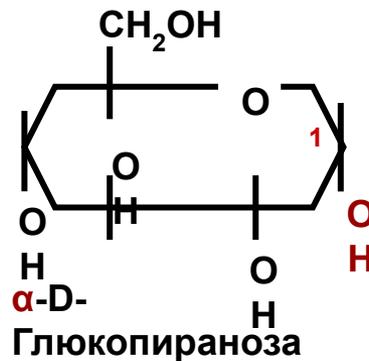
4. По структуре цикла:

- Пираноз
- Фуранозы



5. По расположению полуацетального гидроксила:

- α -аномер
- β -аномер



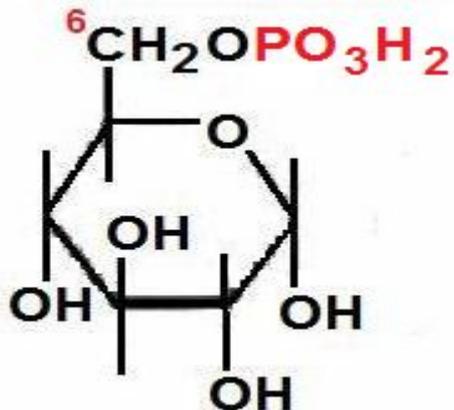
6. По оптической активности:

- **правовращающие (+):** природная глюкоза – D-(+)-глюкоза
- **левовращающие (-):** природная фруктоза – D-(-)-фруктоза

Определяется с помощью поляриметра

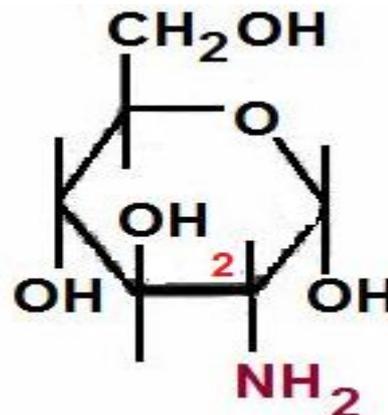
Производные моносахаридов на примере глюкозы

1. Фосфопроизводные

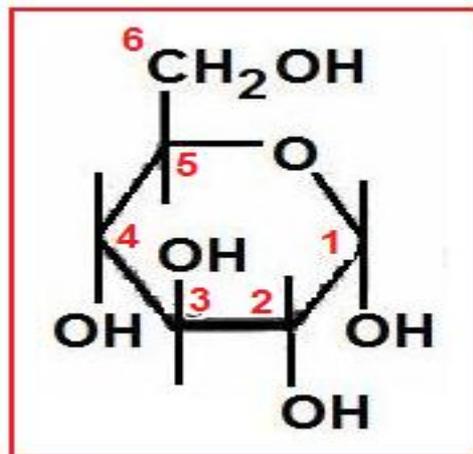


Глюкоза-6-фосфат

2. Аминопроизводные

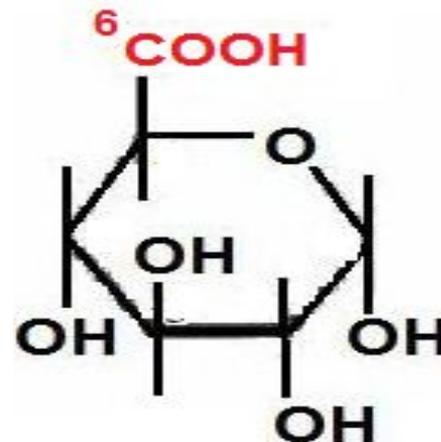


Глюкозамин



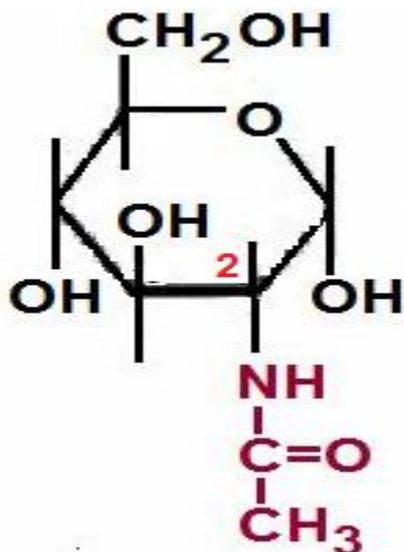
Глюкоза

4. Уроновые кислоты



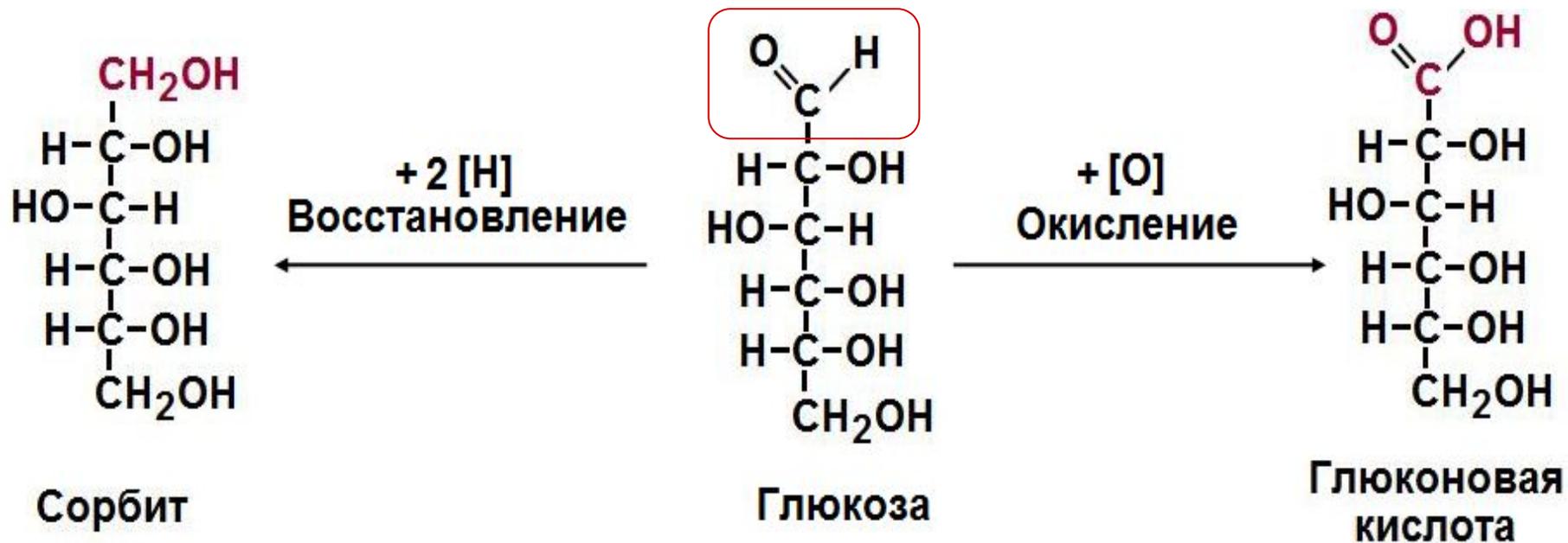
Глюкуроновая кислота

3. N-ацетилпроизводные



N-ацетилглюкозамин

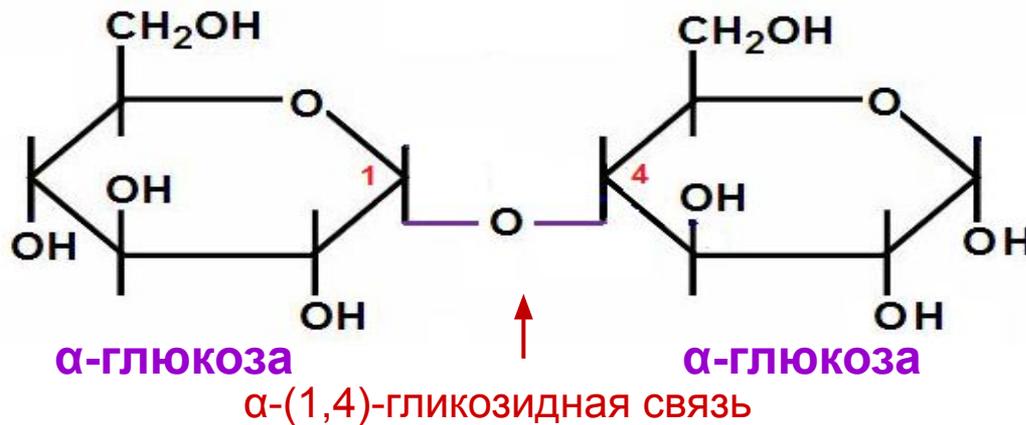
Продукты окисления и восстановления глюкозы



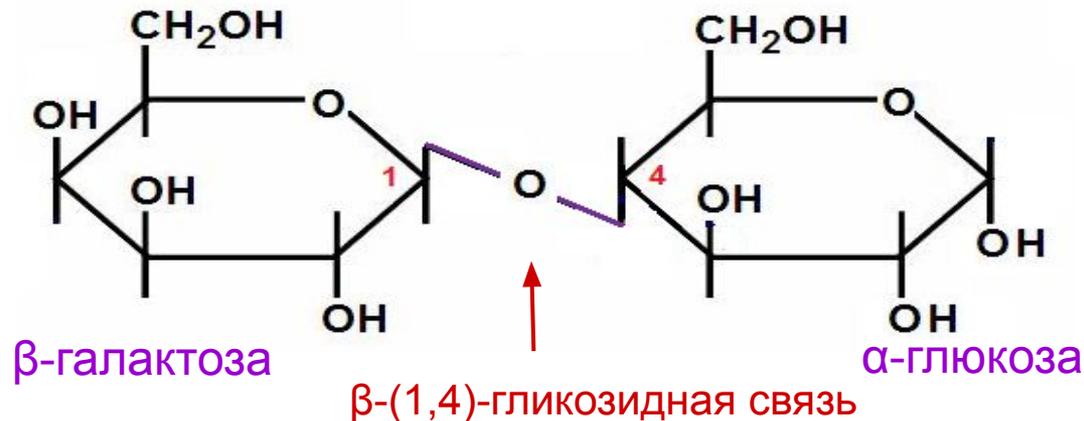
Дисахариды – это углеводы, содержащие в своем составе 2 остатка моносахаридов

Восстанавливающие (редуцирующие) дисахариды

Мальтоза (Солодовый сахар)

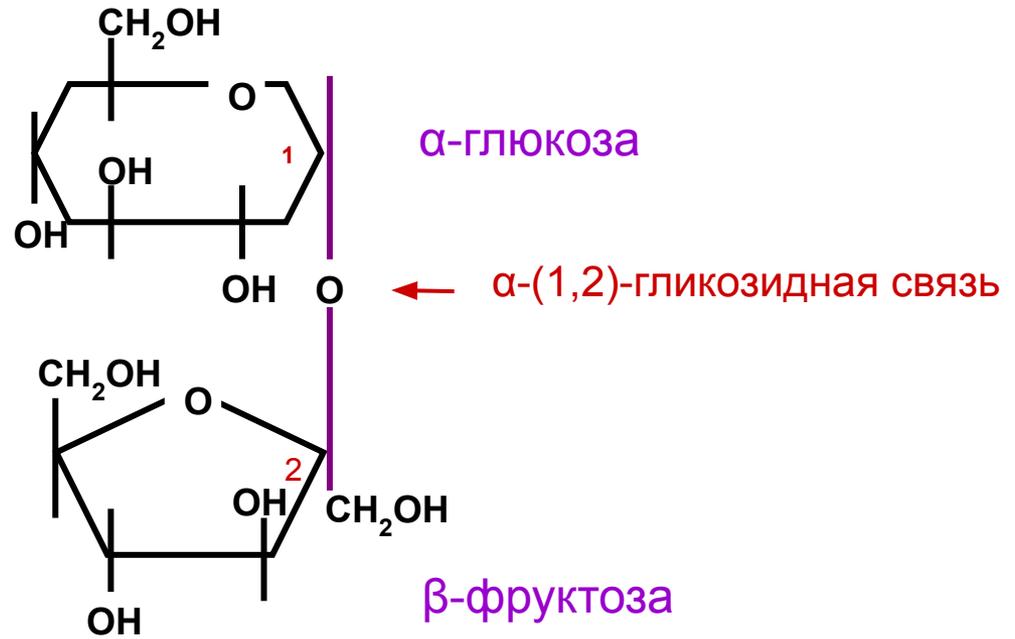


Лактоза (молочный сахар)

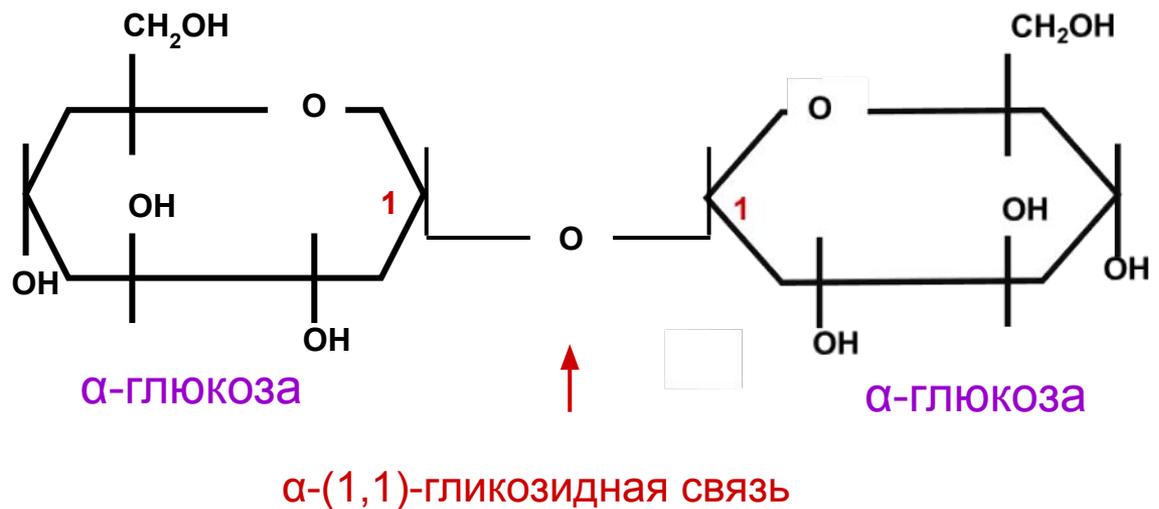


Невосстанавливающие (нередуцирующие) дисахариды

Сахароза – свекловичный, тростниковый сахар



Трегалоза – микоза



ПОЛИСАХАРИДЫ

- **Гомополисахариды** – состоят из моноссахаридов **одного** типа (крахмал, гликоген, клетчатка, пектиновые вещества, инулин)
- **Гетерополисахариды** – состоят из моноссахаридов **разного** типа (гликозаминогликаны)

Гликоген $(C_6H_{10}O_5)_n$

- резервный гомополисахарид животных, построенный из α -глюкозы, соединенных при помощи α -(1,4) и α -(1,6) гликозидных связей

Содержание гликогена:

- в печени – 2-6%. **Роль** – поддержание уровня глюкозы в крови в период между приемами пищи.
- в мышцах – 0,5-2%. **Роль** – источник энергии для мышц.

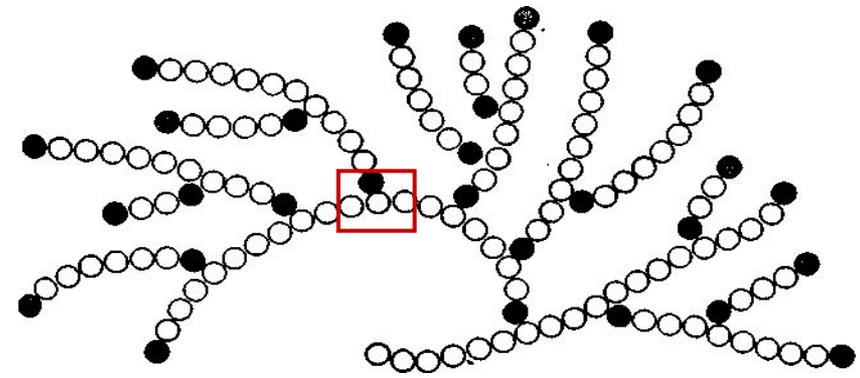
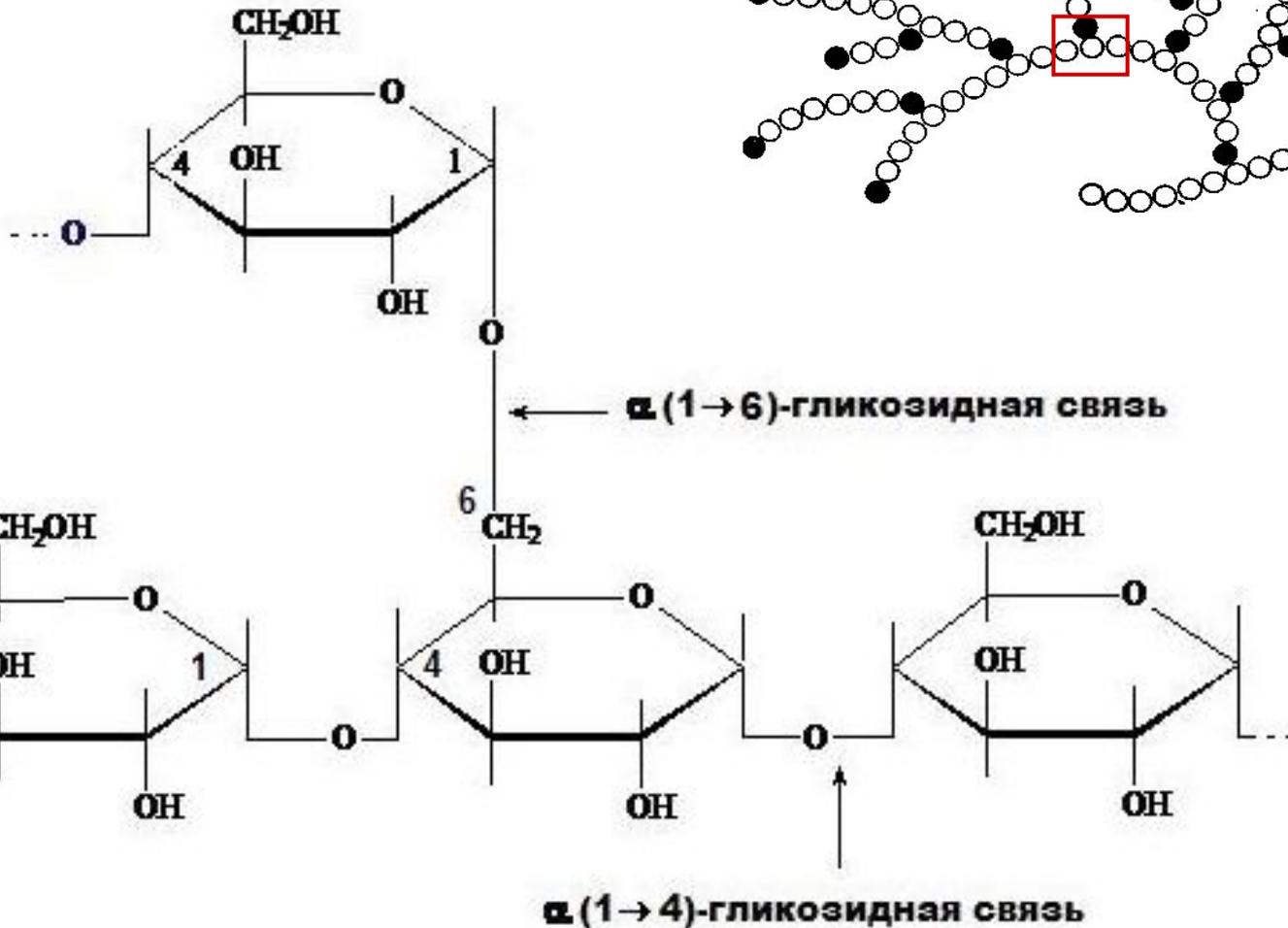
Крахмал $(C_6H_{10}O_5)_n$

– резервный гомополисахарид растений, построенный из α -глюкозы.

Содержание крахмала:

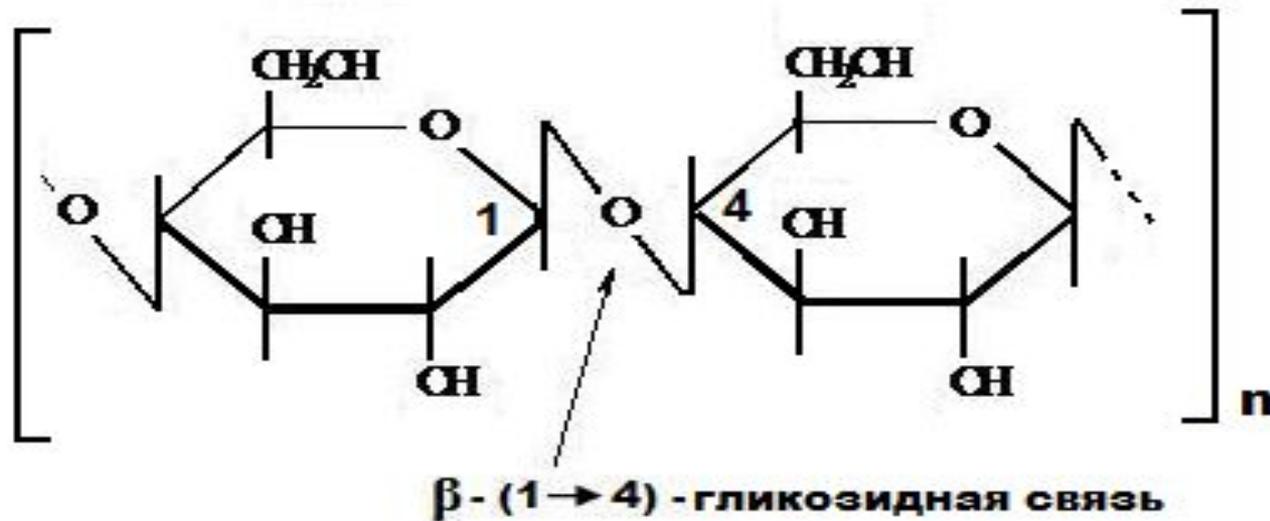
- в муке – 70-80%
- в картофеле – 20-25%

Фрагмент гликогена и амилопектина крахмала



Целлюлоза (Клетчатка)

– структурный гомополисахарид растений, построенный из β -глюкозы.



Фрагмент целлюлозы

Роль клетчатки в питании

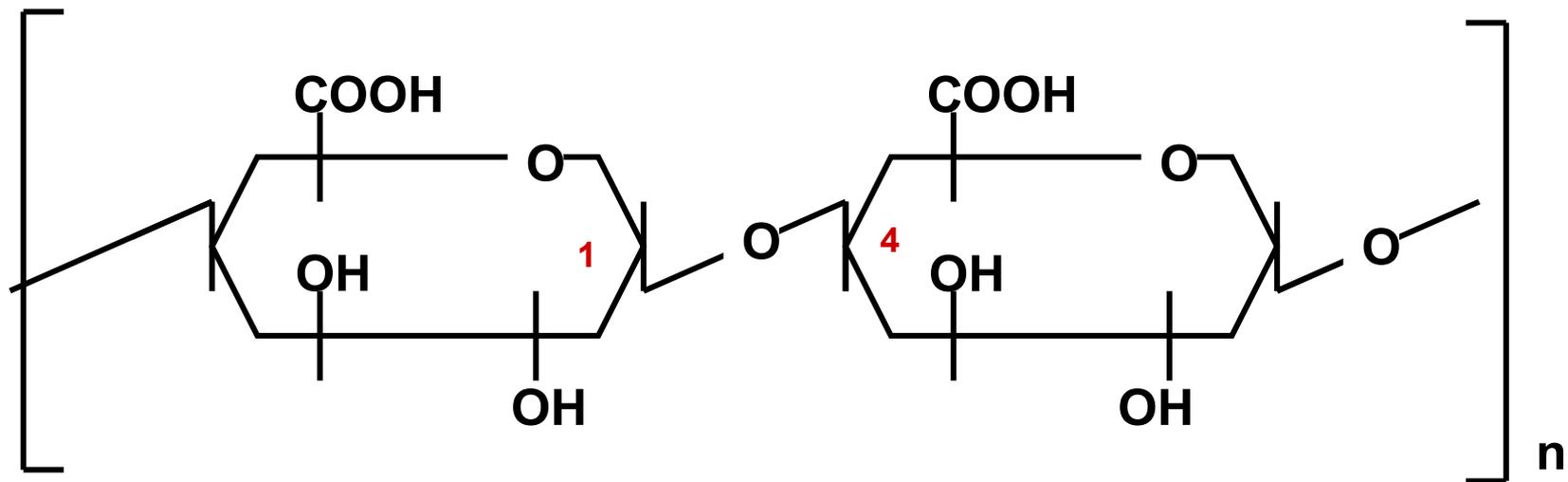
1. Не переваривается, поэтому создает объем и чувство насыщения
2. Эмульгирует жиры
3. Формирует каловые массы
4. Способствует перистальтике и своевременному опорожнению кишечника
5. Адсорбирует и выводит из организма токсические вещества, соли тяжелых металлов, холестерин
6. Способствует профилактике атеросклероза, ожирения, диабета, кариеса, рака толстой кишки.

Пектиновые вещества

- структурные гомополисахариды растений, построенные из α -галактуроновой кислоты. (богаты яблоки, смородина, крыжовник и др. фрукты и овощи, образующие желе).

Роль в питании человека:

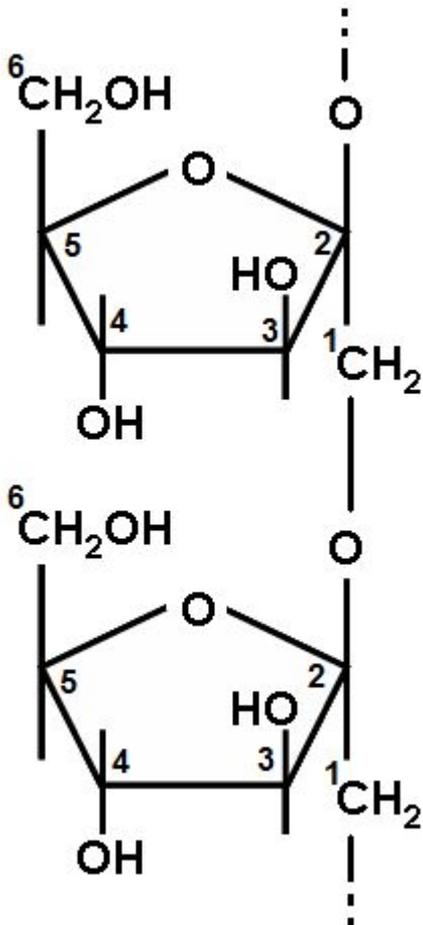
- Препятствуют гнилостным процессам в кишечнике
- Связывают катионы тяжелых металлов и радионуклиды



Полигалактуроновая кислота

Инулин

Резервный гомополисахарид растений, построенный из остатков β -фруктозы (содержится в клубнях топинамбура, георгинов, одуванчика и др. сложноцветных)



Значение инулина для человека

- Уменьшает переваривание крахмала и повышает толерантность к глюкозе
- Улучшает развитие лакто- и бифидобактерий в ЖКТ
- Применяется для тестирования функции почек, которое называется клиренсом инулина.



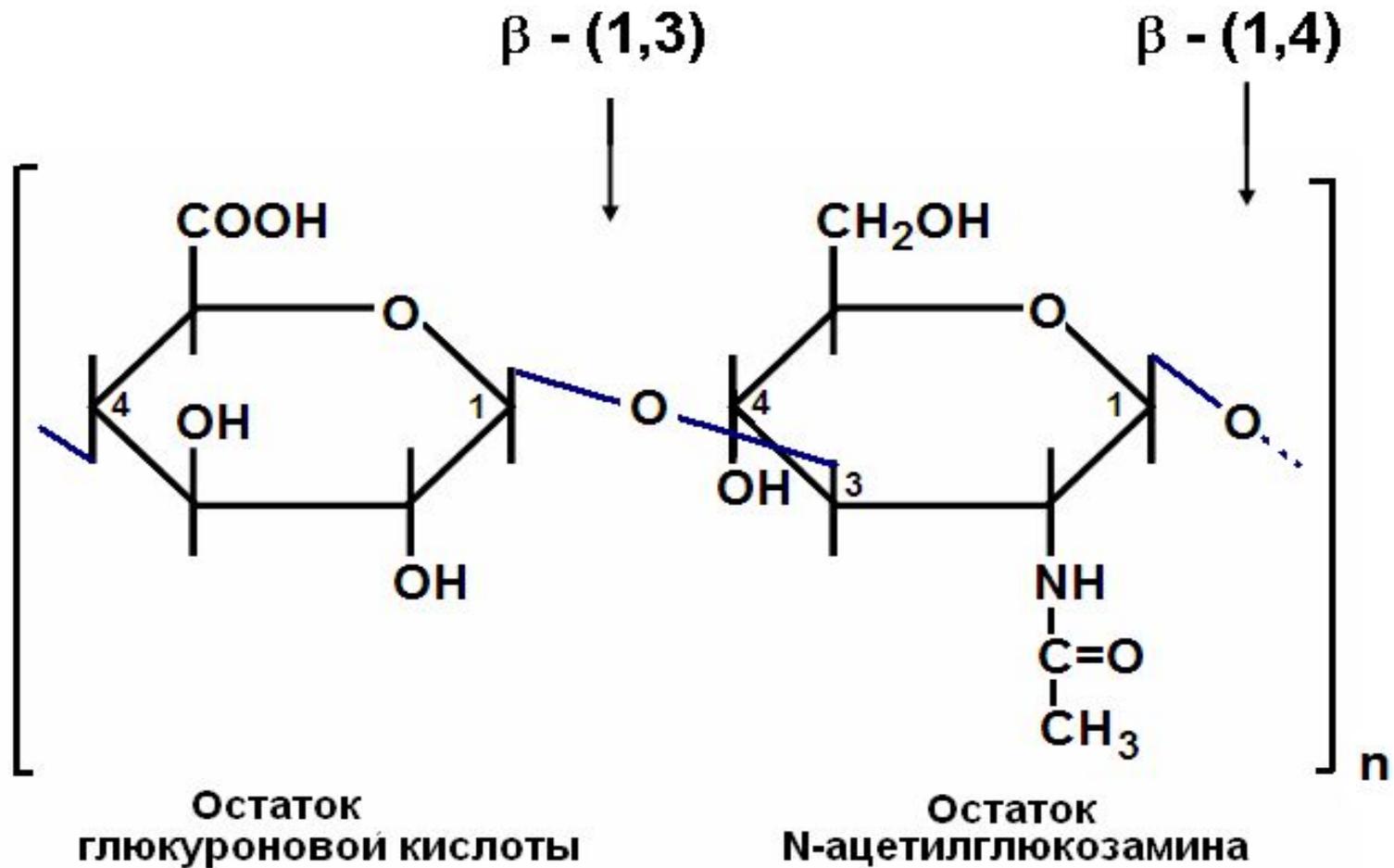
Гликозаминогликаны (ГАГи)

- это линейные гетерополисахариды, построенные из повторяющихся дисахаридных фрагментов, в состав которых входят N-ацетилглюкозамин (или N-ацетилгалактозамин) и глюкуроновая (или идуроновая) кислота.

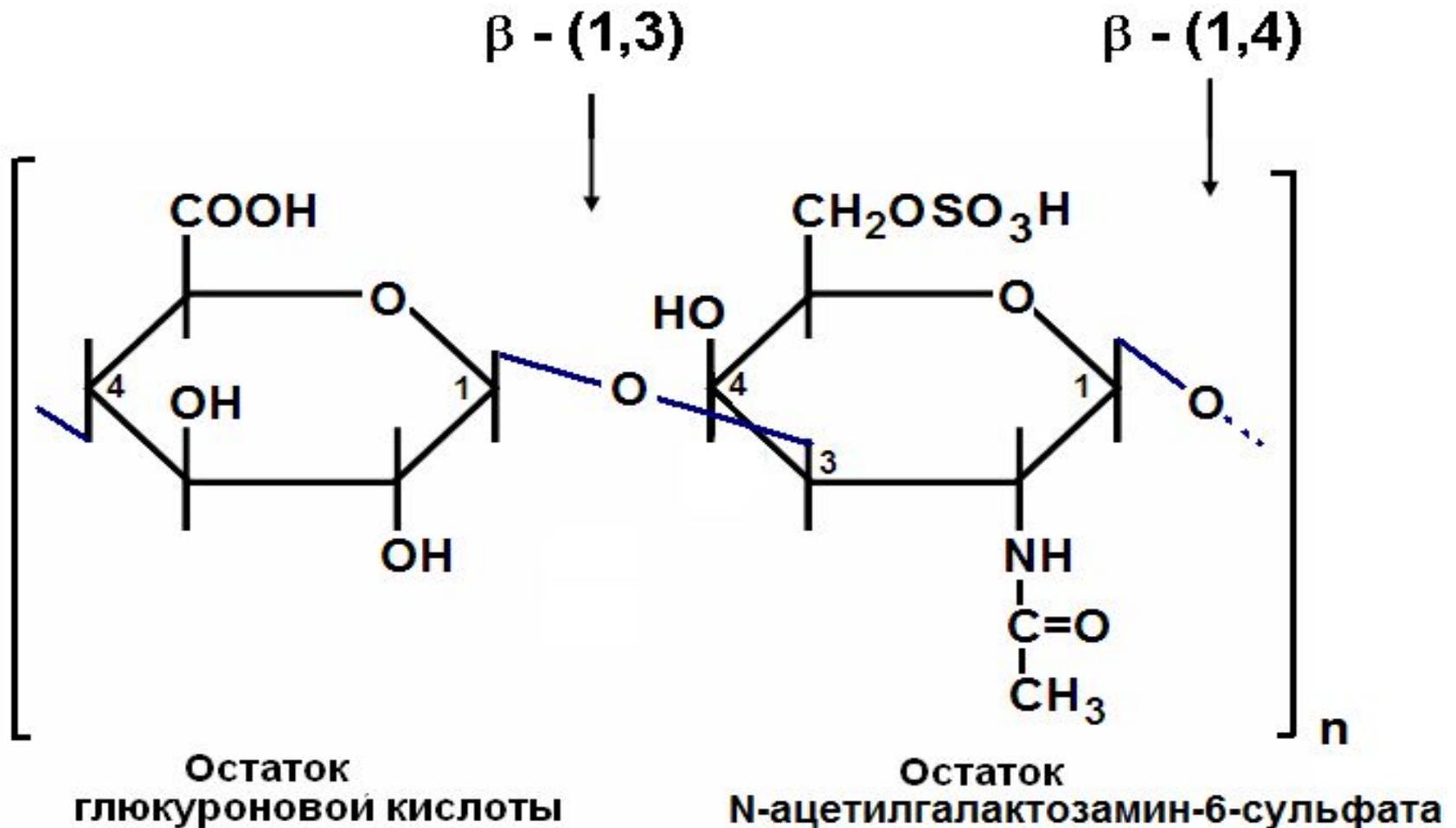
Представители:

1. Гиалуроновая кислота
2. Хондроитинсульфаты (А, В, С)
3. Кератансульфат
4. Гепарансульфат
5. Гепарин

Фрагмент гиалуроновой кислоты



Фрагмент хондроитин-6-сульфата (Хондроитинсульфат С)



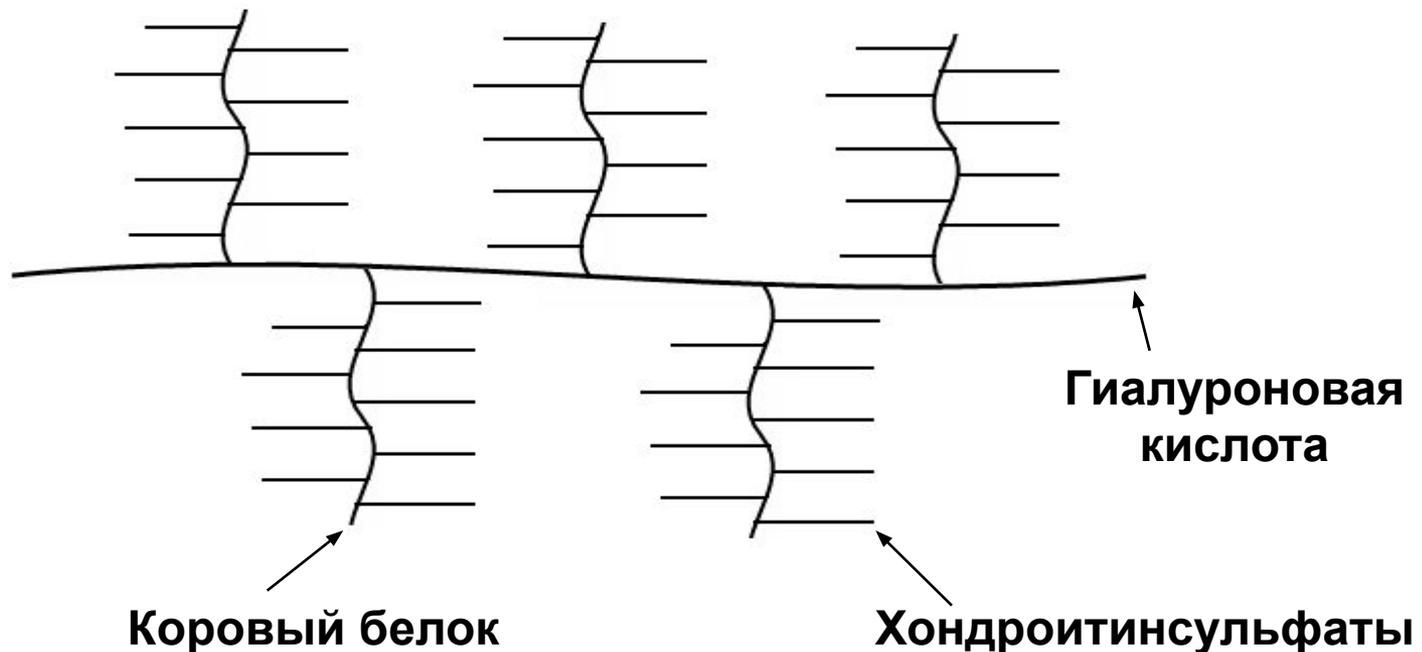
Протеогликаны

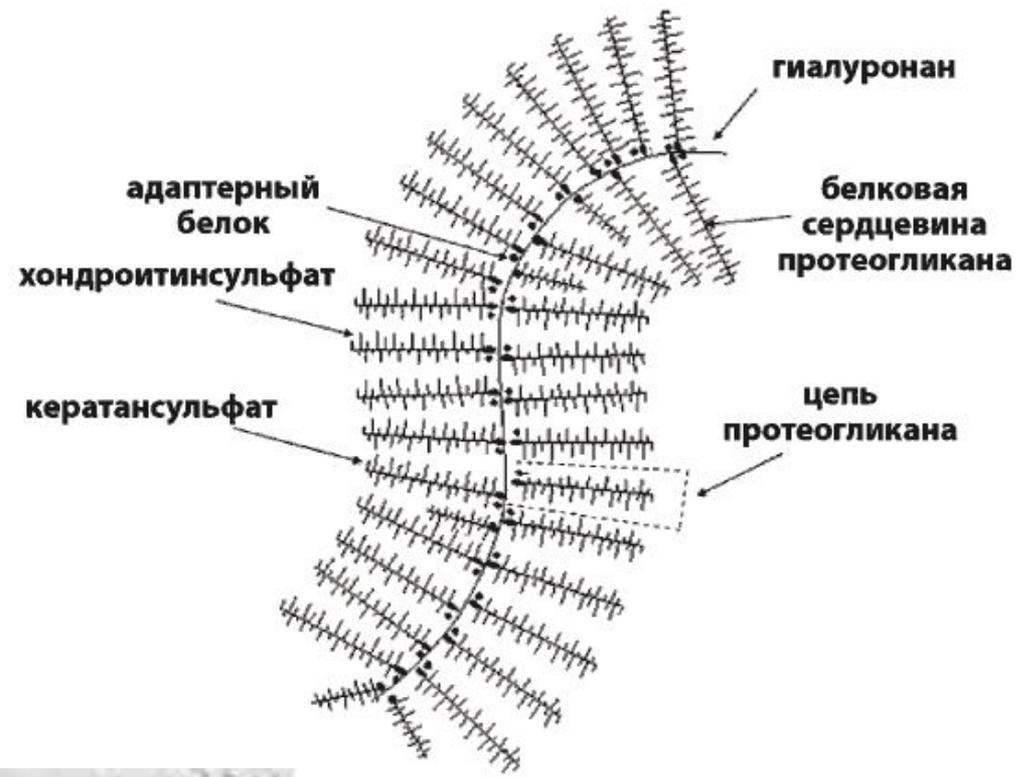
- Это высокомолекулярные соединения, состоящие из белков и гликозаминогликанов.

Состав:

- Белок – 5-10%
- Углевод (ГАГи) – 90-95%

Схема строения протеогликана хряща





Биологическая роль ГАГ и протеогликанов

1. **Структурная:** протеогликаны - компоненты соединительной ткани
2. **Являются полианионами**, поэтому связывают катионы Na^+ , K^+ , Ca^{2+} (связывая Ca^{2+} , участвуют в минерализации костной ткани)
3. **Связывают воду и обеспечивают тургор тканей**, участвуют в водно-солевом балансе (1 г гиалуроновой кислоты связывает 1 л воды).
4. **Входят в состав синовиальной жидкости**, смазывают суставные поверхности
5. **Выполняют амортизирующую роль в суставных хрящах**
6. **Создают молекулярное сито в межклеточном матриксе**, препятствуют распространению патогенных микроорганизмов
7. **Участвуют в регенерации тканей**
8. **Обеспечивают прозрачность роговицы**
9. **Создают фильтрационный барьер в почках**
10. **Гепарин является антикоагулянтом**

Гликопротеины

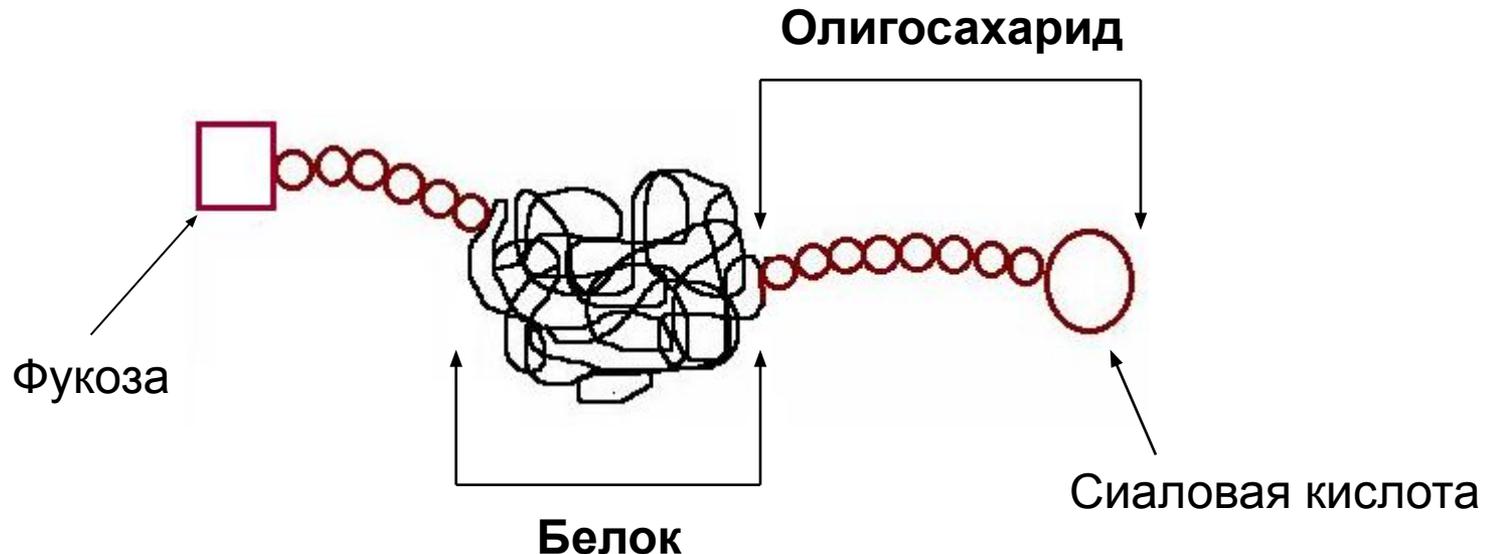
- Это сложные белки, простетической группой которых являются олигосахариды.

Состав:

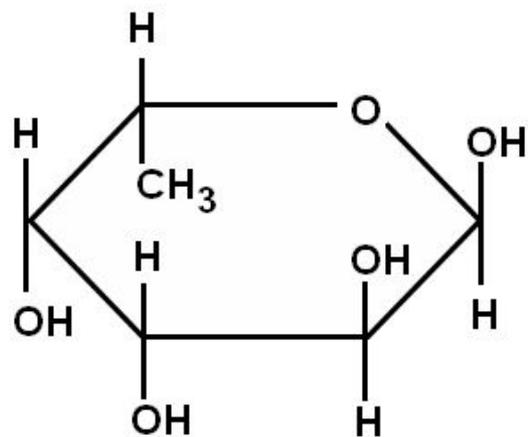
- Белок – 90-95 % ,
- Углеводы (олигосахариды) – 5-10 %

Олигосахариды присоединены О-гликозидной связью к гидроксигруппе серина или треонина.

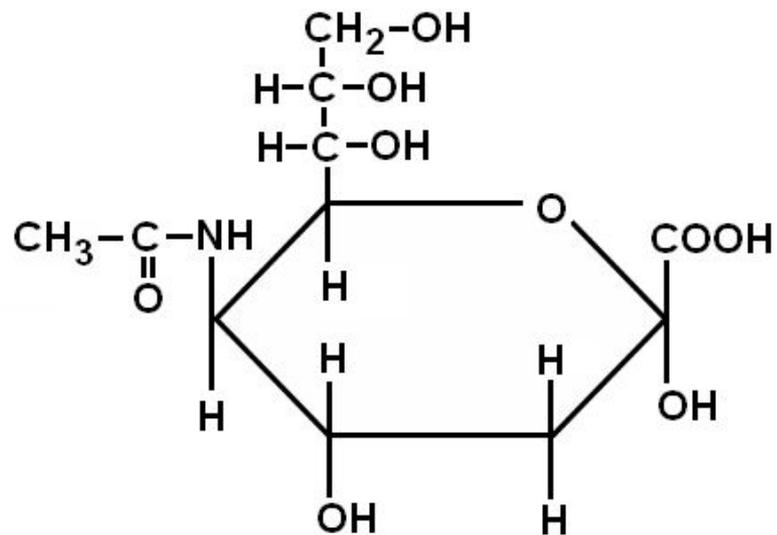
Схема строения гликопротеина



Концевые моносахариды в олигосахаридах гликопротеинов



L-фукоза



N-ацетилнейраминовая кислота
(Сиаловая кислота)

Роль гликопротеинов

- 1. Рецепторная** (Разветвленные цепи гликопротеинов, выступающие из клеточной мембраны, участвуют в распознавании факторов внешней среды)
- 2. Информативная** (гликопротеины определяют индивидуальность и взаимное узнавание родственных клеток, групповые вещества крови)
- 3. Защитная** (иммуноглобулины, интерферон, гликопротеины слизистой оболочки ЖКТ).
- 4. Факторы свертывания крови** (протромбин, фибриноген).
- 5. Гормональная** (гонадотропный и тиреотропный гормоны).

Норма углеводов в питании

400 - 500 г/сут

Из них:

100 г – легкоусвояемые (моно- и дисахариды)



300 - 400 г – трудноусвояемые (крахмал).



ПЕРЕВАРИВАНИЕ УГЛЕВОДОВ

Начинается в полости рта

Условия:

1. pH = 5,6-7,8
2. ферменты:
 - **Альфа-амилаза** действует на крахмал, расщепляет его до декстринов
 - **Мальтаза** - действует на α -(1-4)-гликозидную связь, расщепляет мальтозу до 2-х молекул ГЛЮКОЗЫ

Желудок

pH = 1,5 - 2,0 (среда кислая), действие ферментов слюны прекращается, переваривание углеводов не идет.

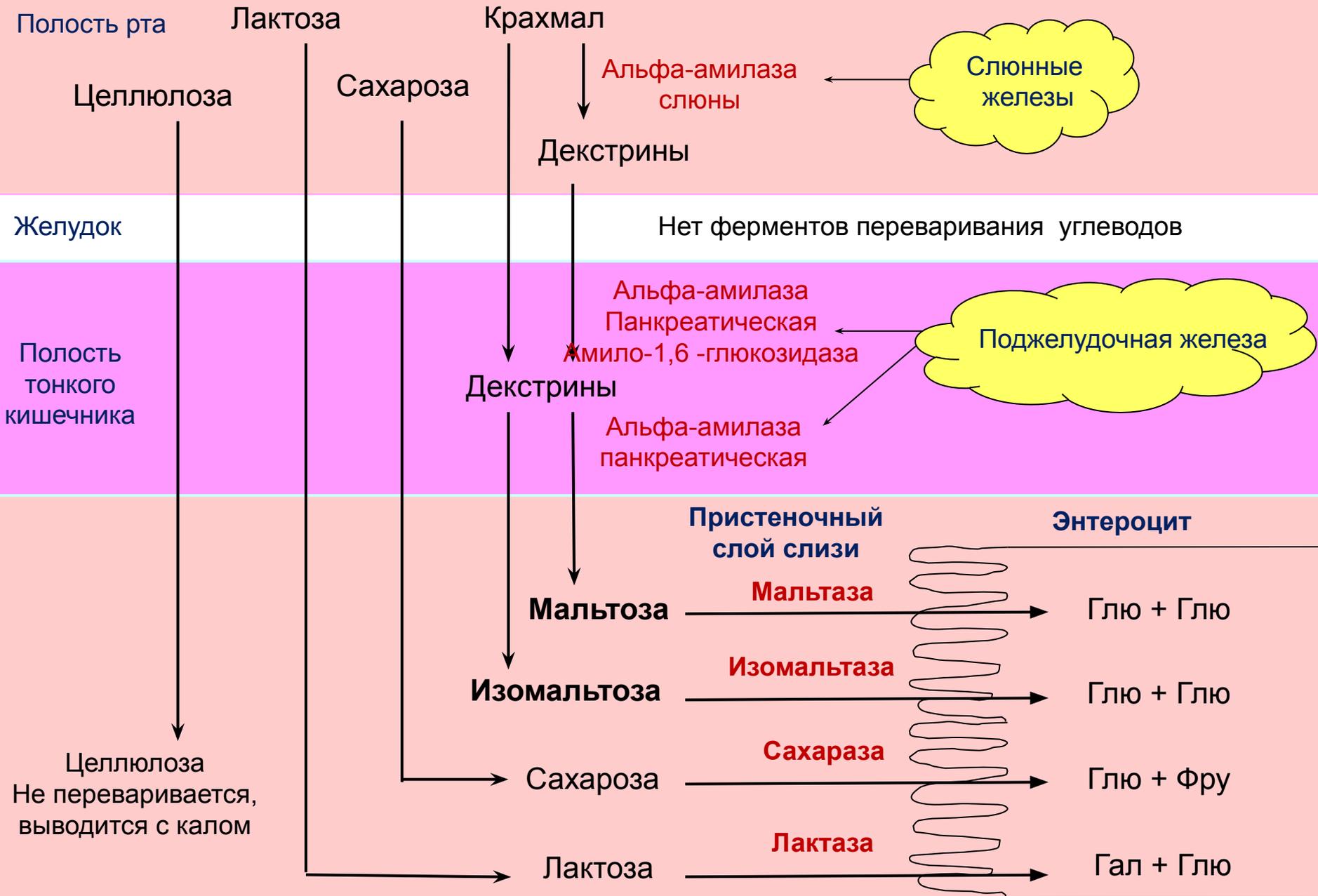
Продолжается в кишечнике

Условия:

1. pH = 7,5-8,5 (среда слабощелочная),
2. ферменты:
 - 1) обеспечивают внутриполостное переваривание крахмала и декстринов:
 - **панкреатическая альфа-амилаза** расщепляет внутренние α -(1-4)-гликозидные связи в крахмале и декстринах
 - **амило-1,6-глюкозидаза** расщепляет внутренние α -(1-6)-гликозидные СВЯЗИ
 - 2) обеспечивают пристеночное переваривание дисахаридов:
 - **мальтаза** расщепляет α -(1-4)-гликозидные связи в мальтозе с образованием 2 молекул глюкозы
 - **Изомальтаза** расщепляет α -(1-6)-гликозидные связи в изомальтозе с образованием 2 молекул глюкозы
 - **лактаза** расщепляет β -(1-4)-гликозидные связи в лактозе с образованием галактозы + глюкозы
 - **сахараза** расщепляет α -(1-2)-гликозидные связи в сахарозе с образованием глюкозы + фруктозы

Конечными продуктами переваривания углеводов являются моносахариды.

Переваривание углеводов в кишечнике



Всасывание моносахаридов

- **активный транспорт** при помощи АТФ, ионов Na^+ , белков-переносчиков (глюкоза, фруктоза, галактоза).
- **пассивная диффузия** (пентозы)

Врожденные нарушения переваривания и всасывания углеводов

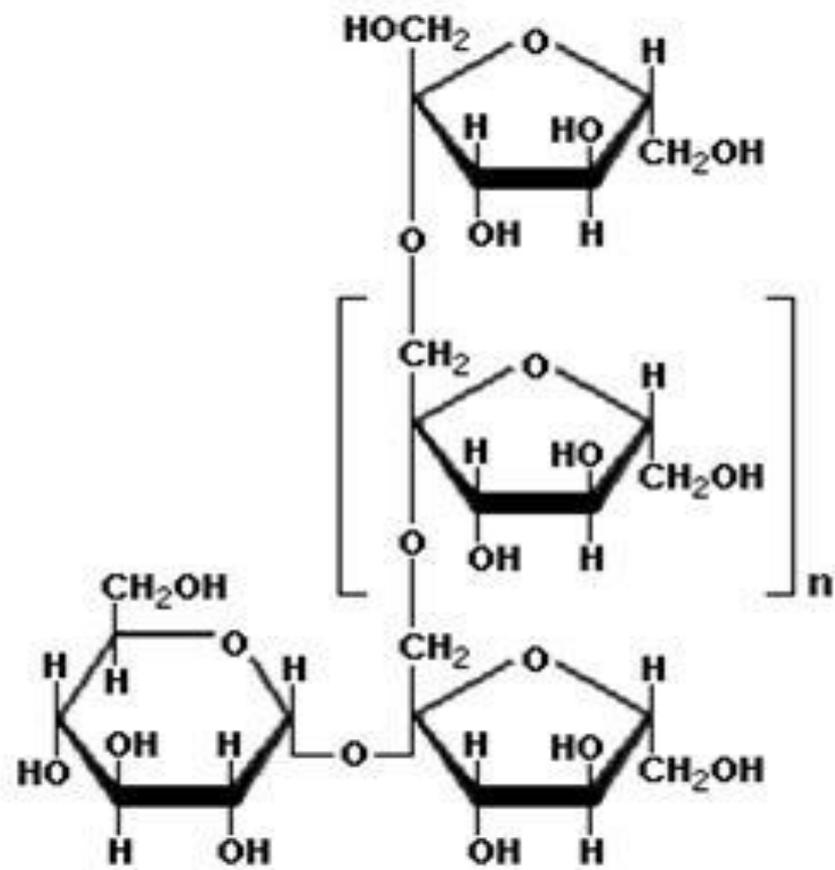
- 1. Мальабсорбция** - нарушение всасывания моносахаридов.
- 2. Заболевания, связанные с дефицитом определенной дисахаридазы в слизистой оболочке кишечника** (непереносимость лактозы, сахарозы, мальтозы)

Общие признаки :

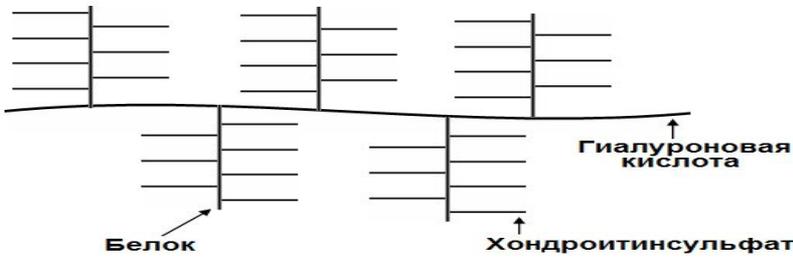
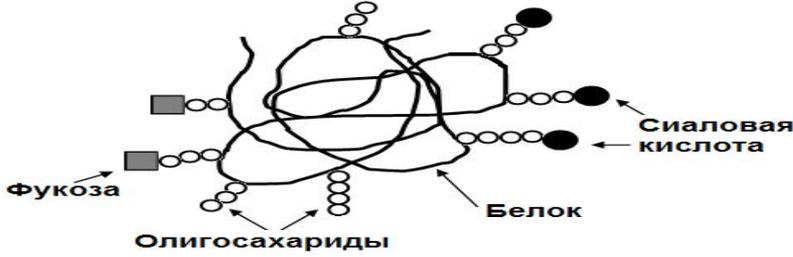
- а) диарея и вздутие живота после приема в пищу определенных сахаров**
- б) кислая реакция кала** (т.к. не всосавшиеся дисахариды подвергаются при помощи микрофлоры кишечника гидролизу с последующим вовлечением образовавшихся моносахаридов в процесс молочнокислого брожения)
- в) раздражительность и отставание в росте**
- г) отсутствие подъема уровня глюкозы в крови после нагрузки определенным сахаром.**

Ура! Конец лекции!

Спасибо за внимание!



Отличия протеогликанов от гликопротеинов

Протеогликаны	Гликопротеины
<h3>Определение</h3>	
<p>Сложные белки, простетической группой которых являются гликозаминогликаны</p>	<p>Сложные белки, простетической группой которых являются олигосахариды</p>
<h3>Состав</h3>	
<p>Белок – 5-10 % Углеводы (гликозаминогликаны) – 90-95%</p>	<p>Белок – 90-95 % Углеводы (олигосахариды) – 5-10%</p>
<h3>Строение</h3>	
 <p>The diagram illustrates a proteoglycan molecule. It features a central protein core (Белок) with several long, branched glycosaminoglycan chains (Хондроитинсульфат) extending from it. These chains are further associated with hyaluronic acid (Гиалуроновая кислота).</p>	 <p>The diagram illustrates a glycoprotein molecule. It shows a protein core (Белок) with several short oligosaccharide chains (Олигосахариды) attached. Specific components labeled include fucose (Фукоза) and sialic acid (Сиаловая кислота).</p>
<h3>Роль</h3>	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Структурная (формируют межклеточный матрикс) 2. Связывание воды и создание тургора тканей 3. Являясь полианионами, связывают катионы, участвуют в минерализации костной ткани и зуба 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Рецепторная 2. Информативная 3. Защитная (иммуноглобулины, интерферон, белки-факторы свертывания крови, гликопротеины слизистой ЖКТ)