

Обмен веществ. Понятие о метаболизме, метаболических путях, методах их изучения. Специфические и общие пути катаболизма. Основные углеводы пищи. Обмен и функции углеводов. Переваривание и всасывание углеводов. Переносчики глюкозы в клетки ГП 1-ГП5. Функция инсулина.

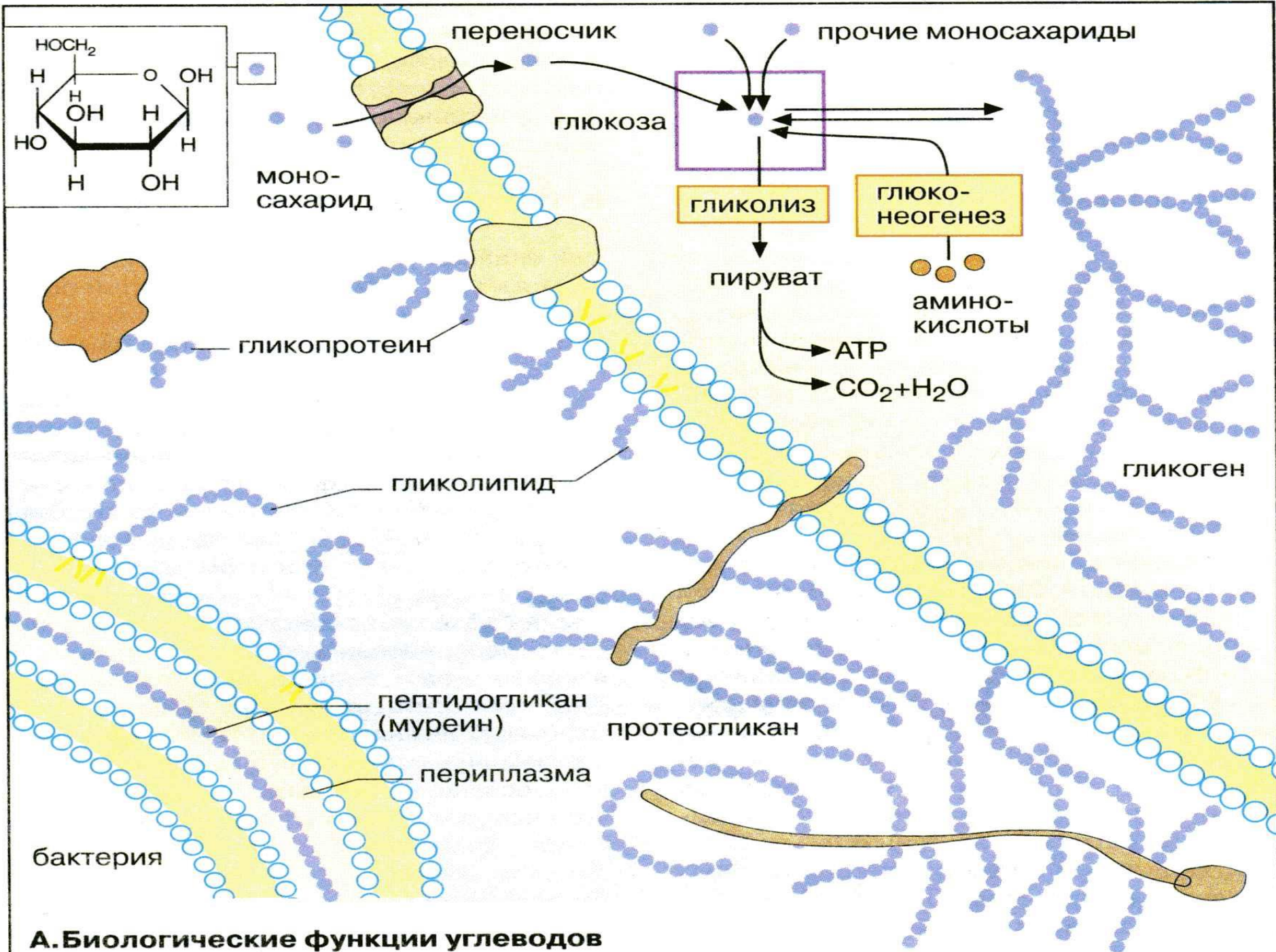
- В каждой клетке протекают сотни химических реакций, совокупность которых носит название **обмен веществ** (метаболизм).
- Среди всех метаболических путей, протекающих в организме, выделяют противоположно направленные процессы: катаболизм и анаболизм.
- **Катаболизм** — распад сложных веществ до простых с высвобождением энергии.
- **Анаболизм** — синтез из простых более сложных веществ.

Углеводы

- **Моносахариды** — производные многоатомных спиртов, содержащие карбонильную группу
- **Олигосахариды** — содержат от двух до десяти остатков моносахаридов, соединенных гликозидной связью
- **Полисахариды** — полимерные углеводы, состоящие из моносахаридов.

Функции углеводов

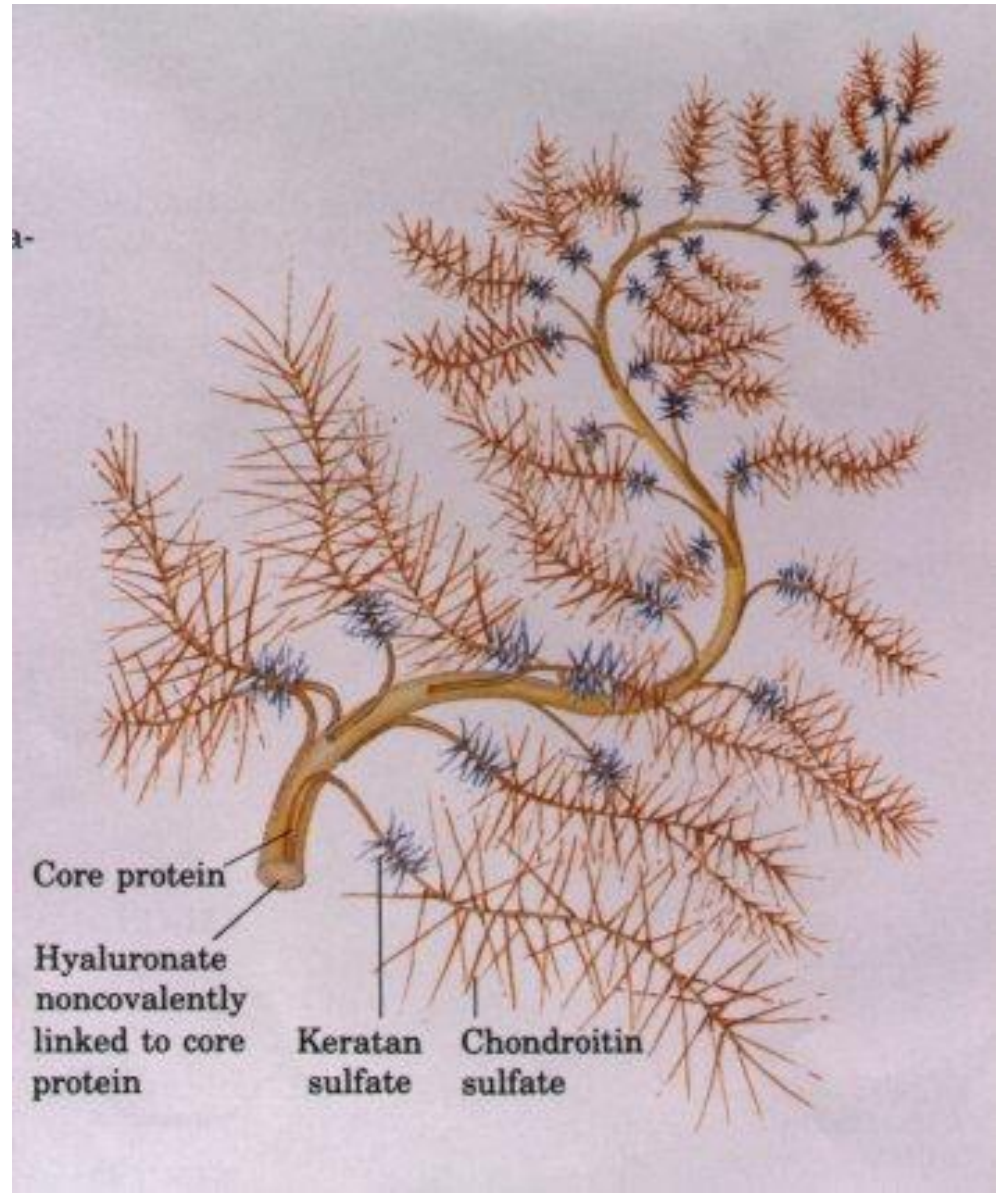
- Энергетическая – более 50% суточной потребности в калориях - 17 кДж/г (4,1 ккал/г)
- Структурная – гликозаминогликаны входят в состав межклеточного матрикса
- Из углеводов синтезируются соединения других классов.
- Обеспечение специфичности – входят в состав гликопротеинов (ферментов, гормонов, рецепторов)
- Обезвреживающая – конъюгация ксенобиотиков и токсичных эндогенных продуктов с глюкуроновой кислотой



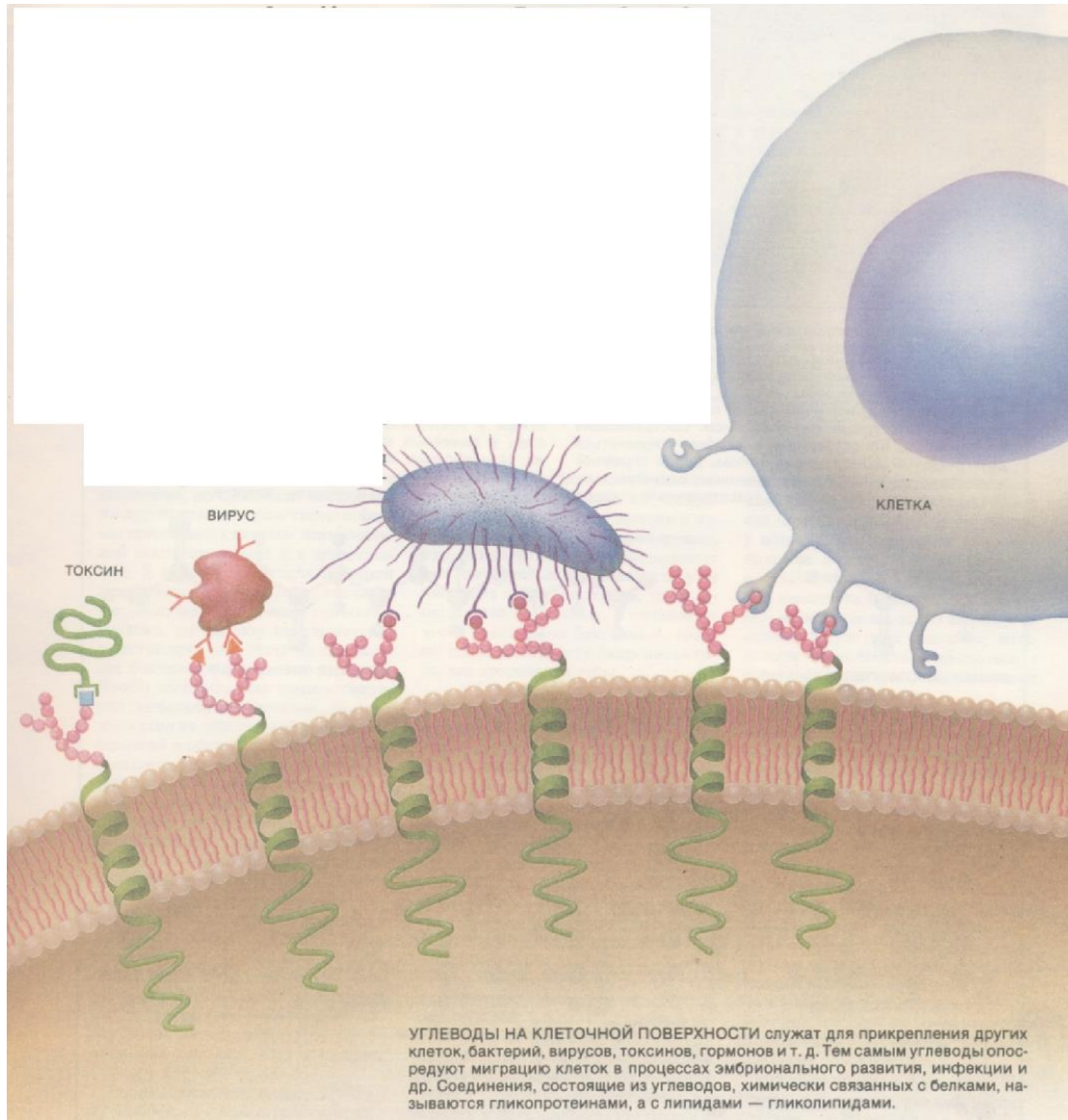
А. Биологические функции углеводов

Обмен и функции углеводов

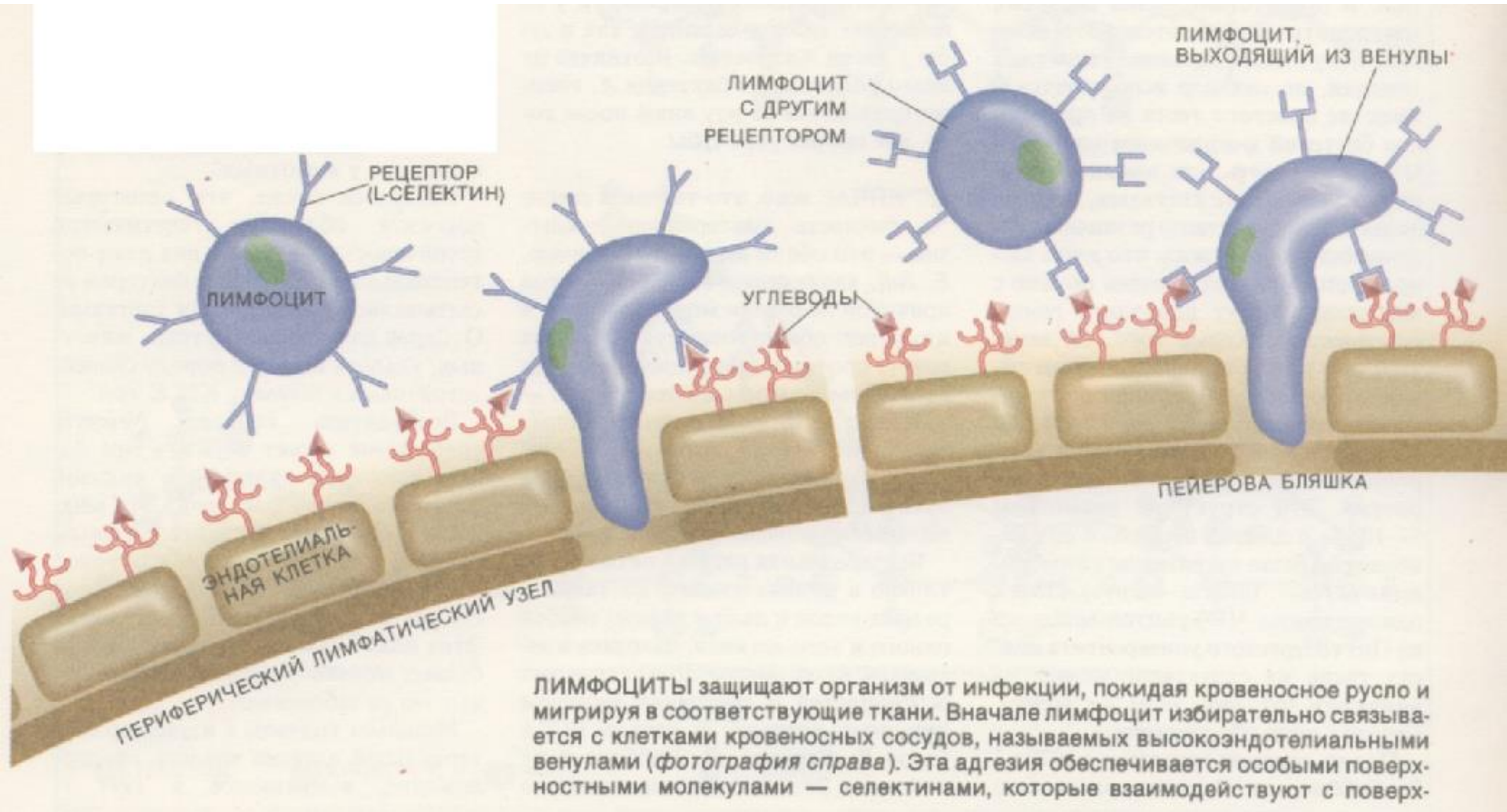
- Протеогликан



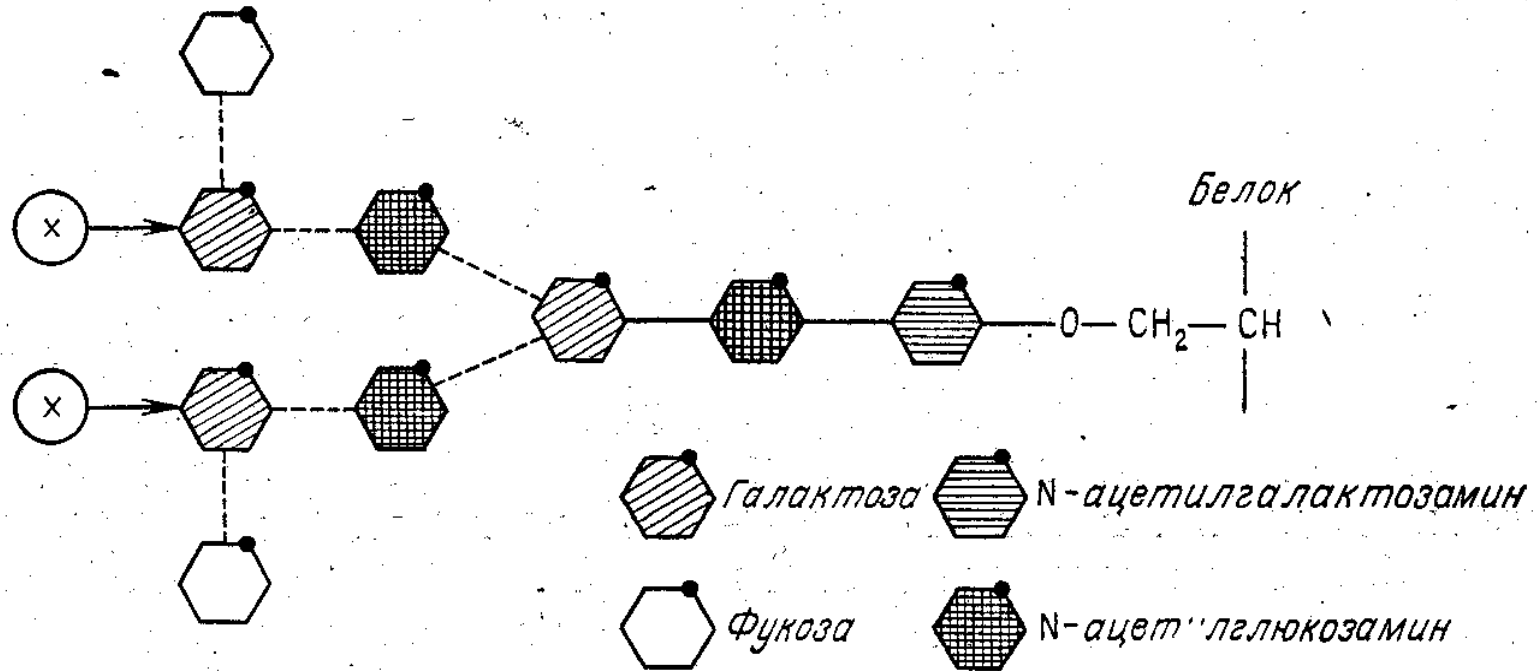
Углеводы – рецепторы



Селектины – белки, которые распознают углеводы

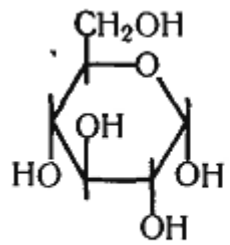


Специфичность антигенов А, В и Н определяется структурой концевых углеводов

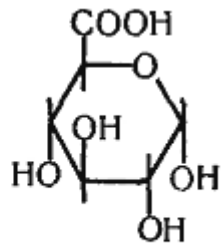


- Группа А - галактозамин
- Группа В - галактоза
- Группа Н - ничего.

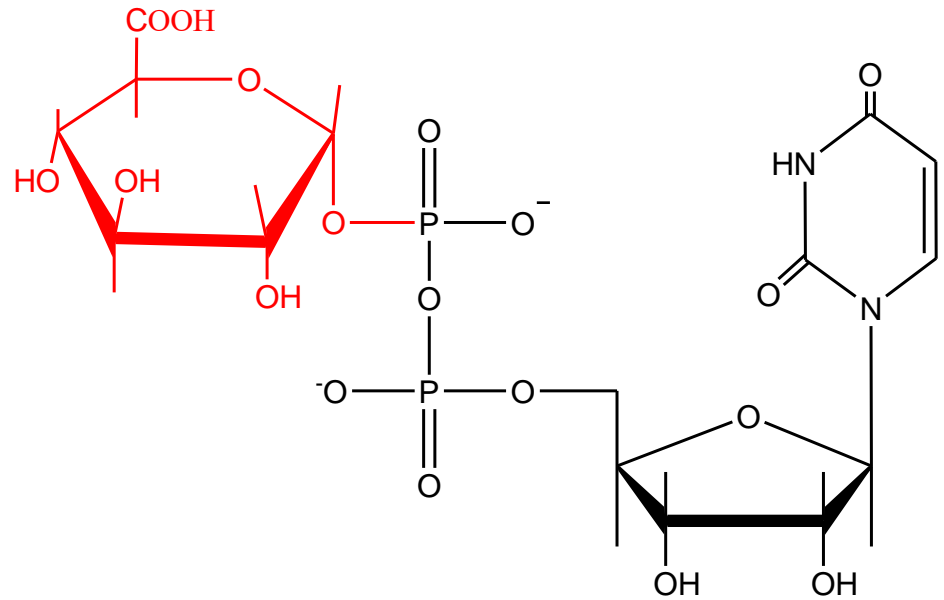
УДФ-глюкуронилтрансферазы



Глюкоза

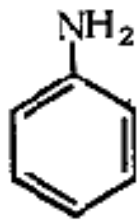


Глюкуроновая кислота

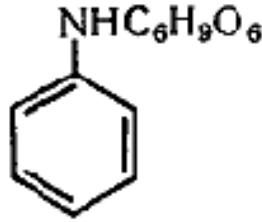


Уридиндифосфоглюкуроновая кислота (УДФГК)

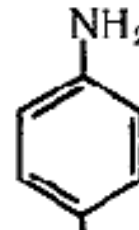
УДФ-глюкуронилтрансферазы



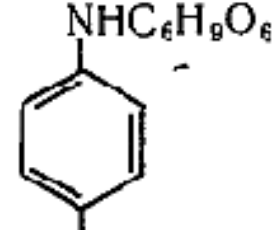
Анилин



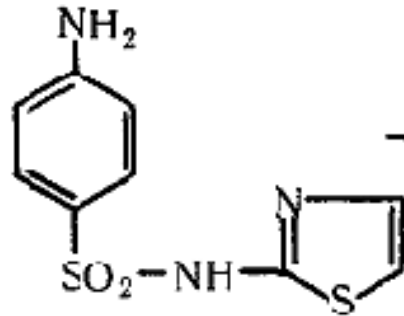
Анилин-
глюкуронид



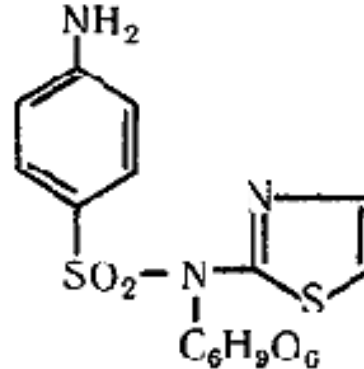
Сульфаниламид



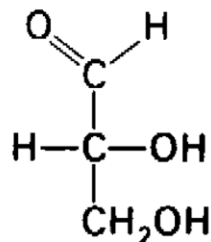
Сульфаниламид-
глюкуронид



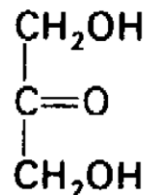
Норсульфазол
(сульфатиазол)



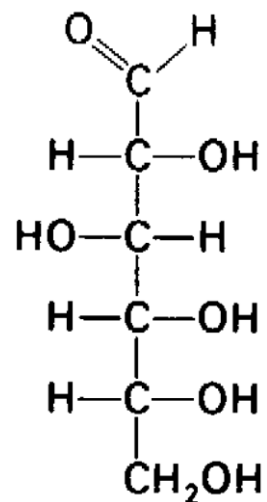
Сульфатиазолглюкуронид



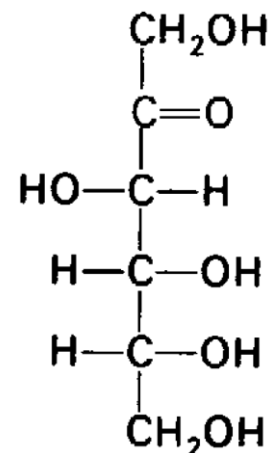
D-Глицеральдегид
(альдоза)



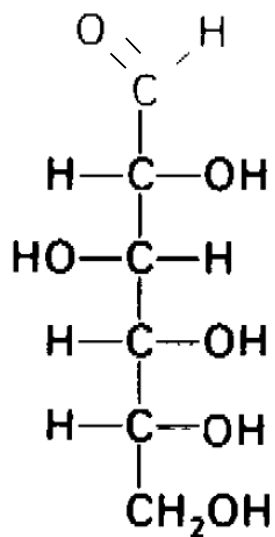
Дигидроксиацетон
(кетоза)



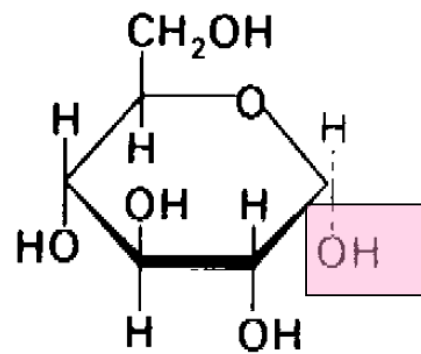
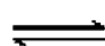
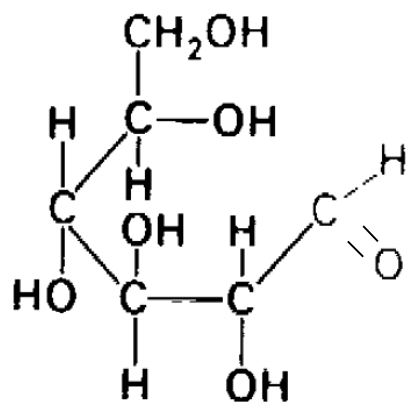
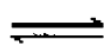
D-Глюкоза
(альдоза)



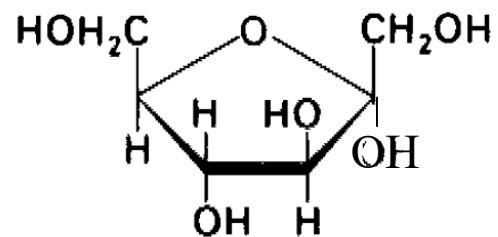
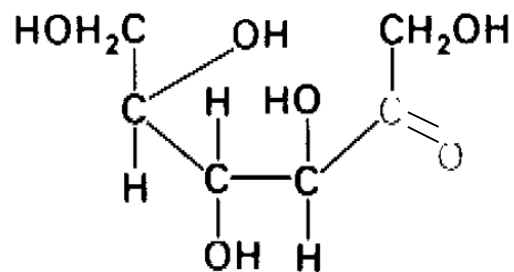
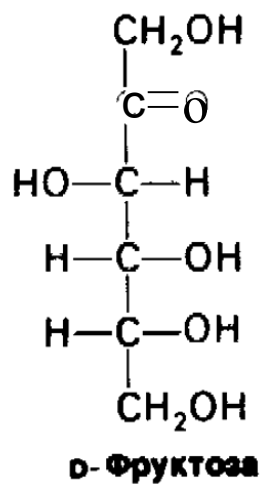
D-Фруктоза
(кетоза)



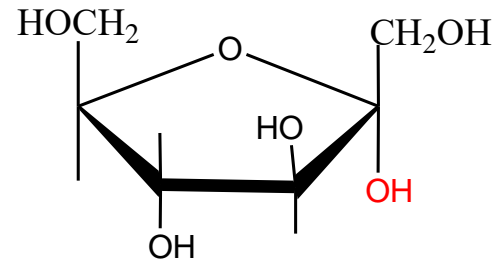
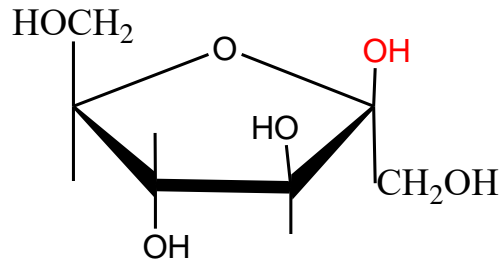
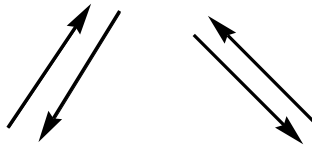
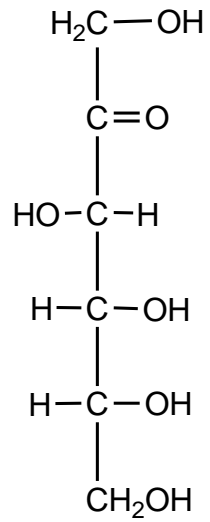
D-Глюкоза
(форма с открытой цепью)

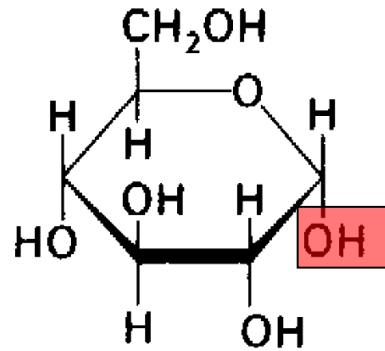


α-D-Глюкопираноза
(кольцевая форма глюкозы)

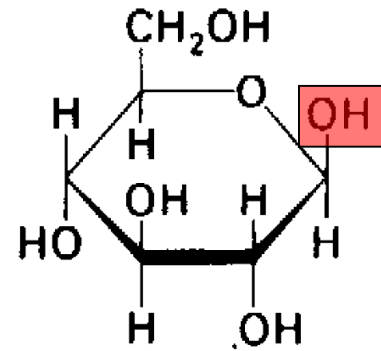


α -D-Фруктофураноза
(кольцевая форма фруктозы)

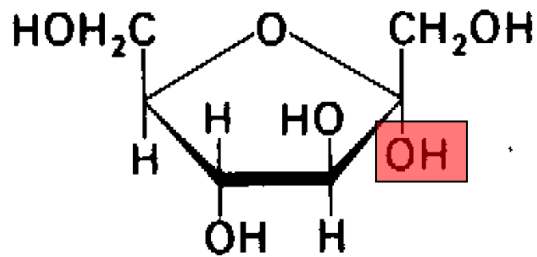




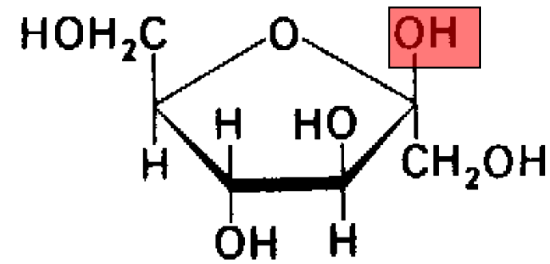
α -D-Глюкоза



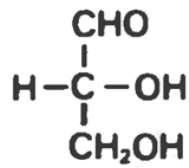
β -D-Глюкоза



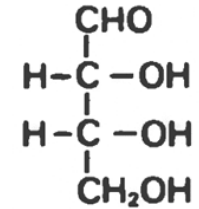
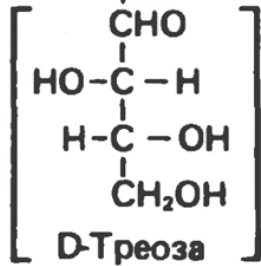
α -D-Фруктоза



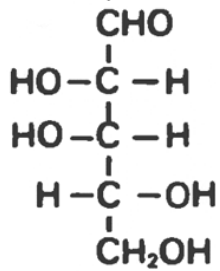
β -D-Фруктоза



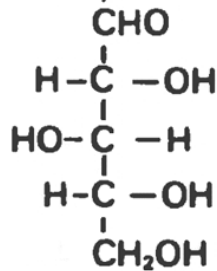
D-Глицероза (D-глицеральдегид)



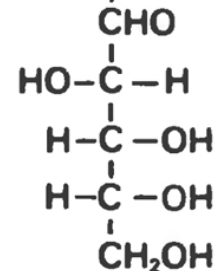
D-Эритроза



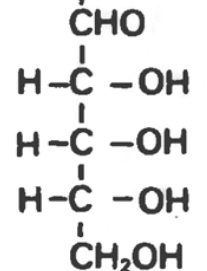
D-Ликсоза



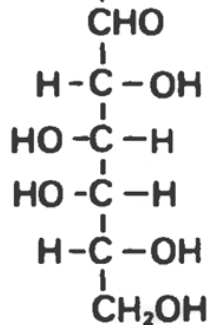
D-Ксилоза



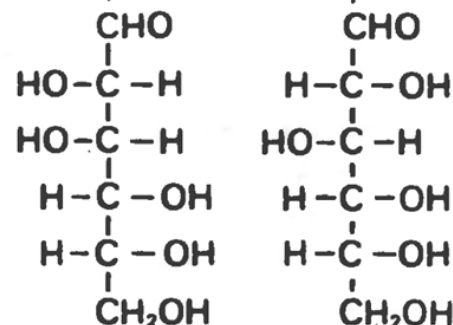
D-Арабиноза



D-Рибоза

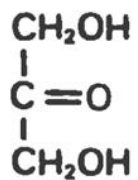


D-Галактоза

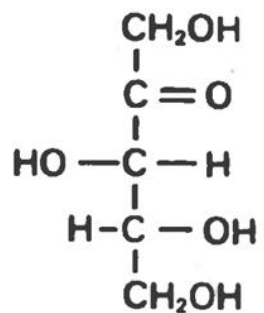


D-Манноза

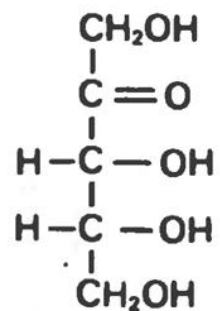
D-Глюкоза



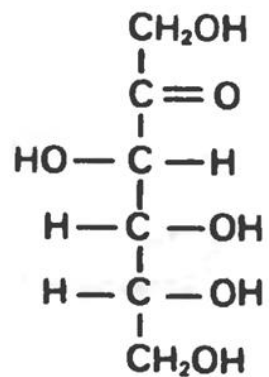
Дигидроксиацетон



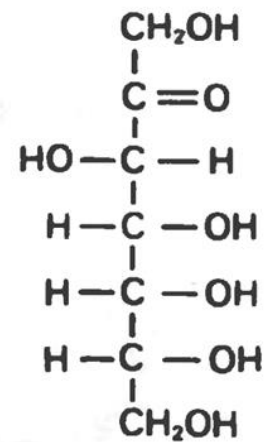
D-Ксилулоза



D-Рибулоза

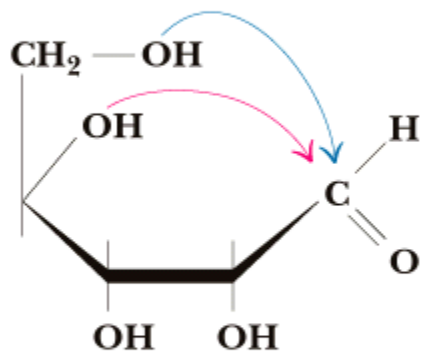


D-Фруктоза

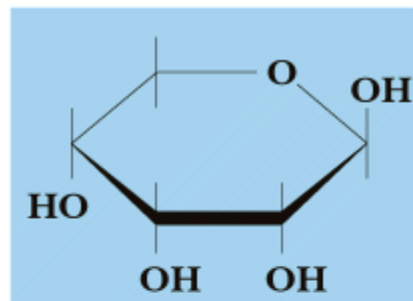


D-Седогептулоза

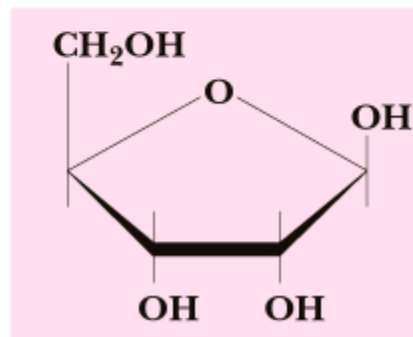
КЕТОЗЫ



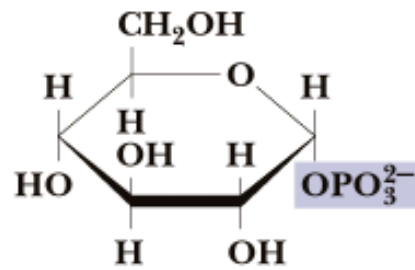
D-рибоза



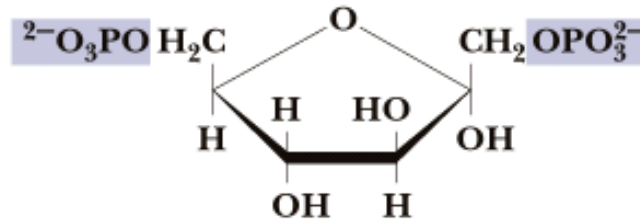
Пираноза



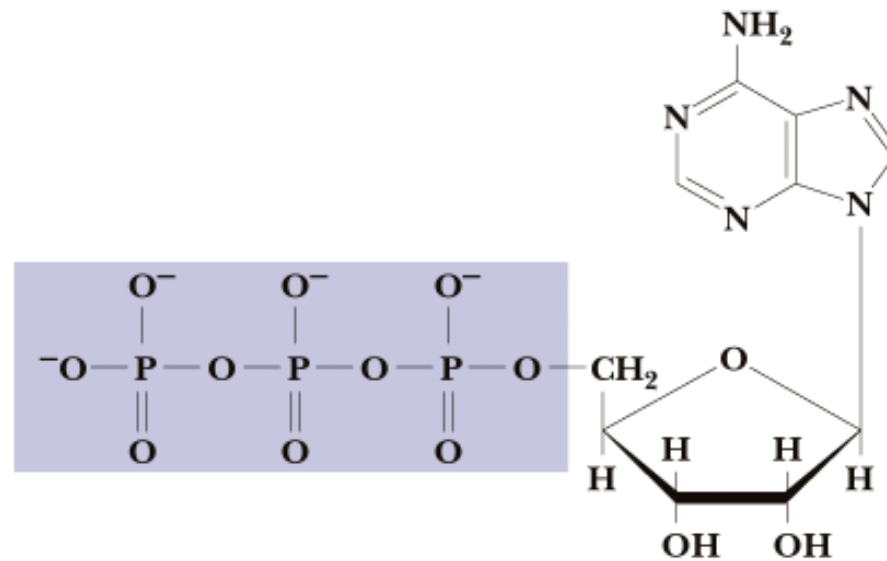
Фураноза



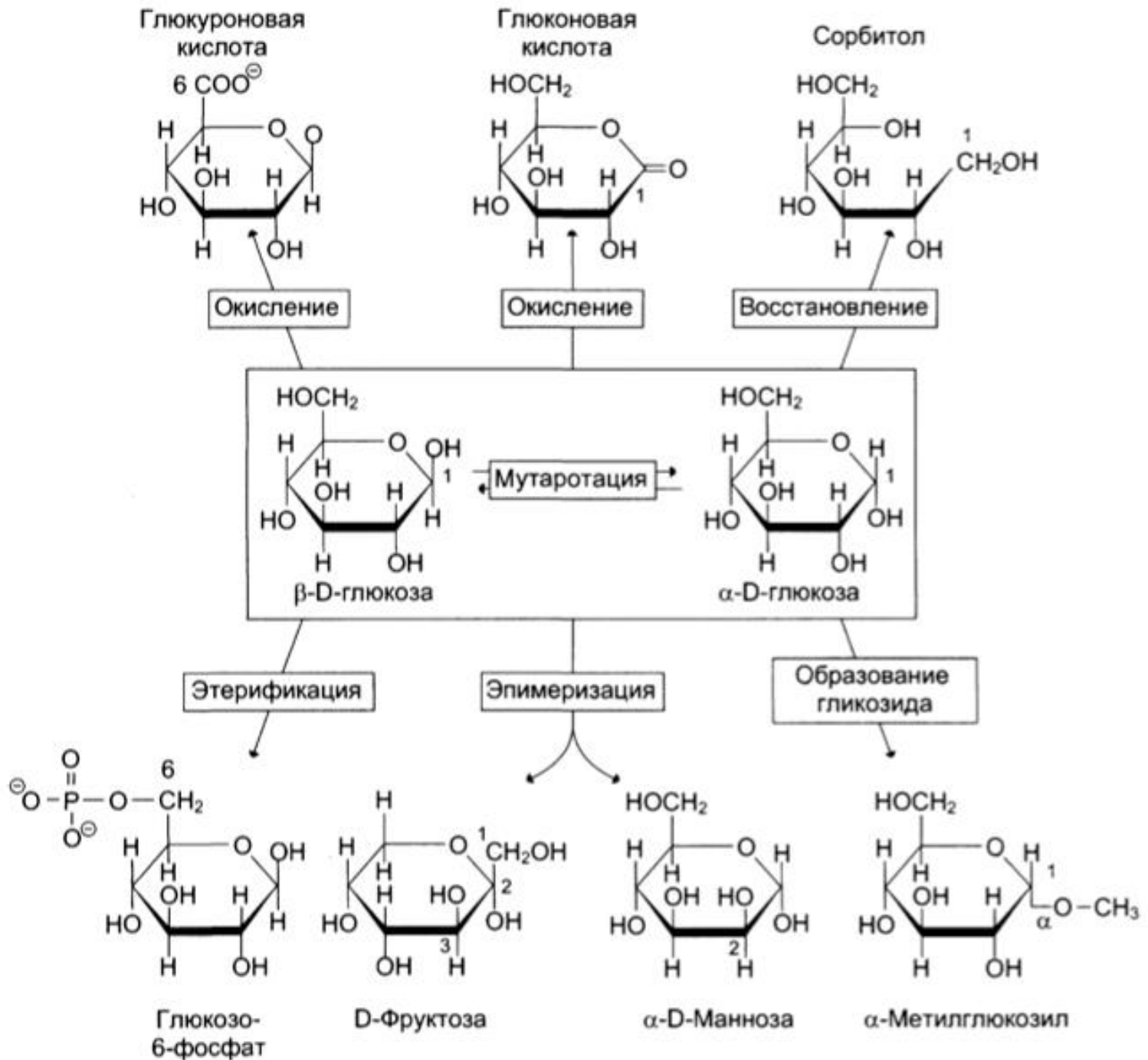
α -D-Glucose-1-phosphate

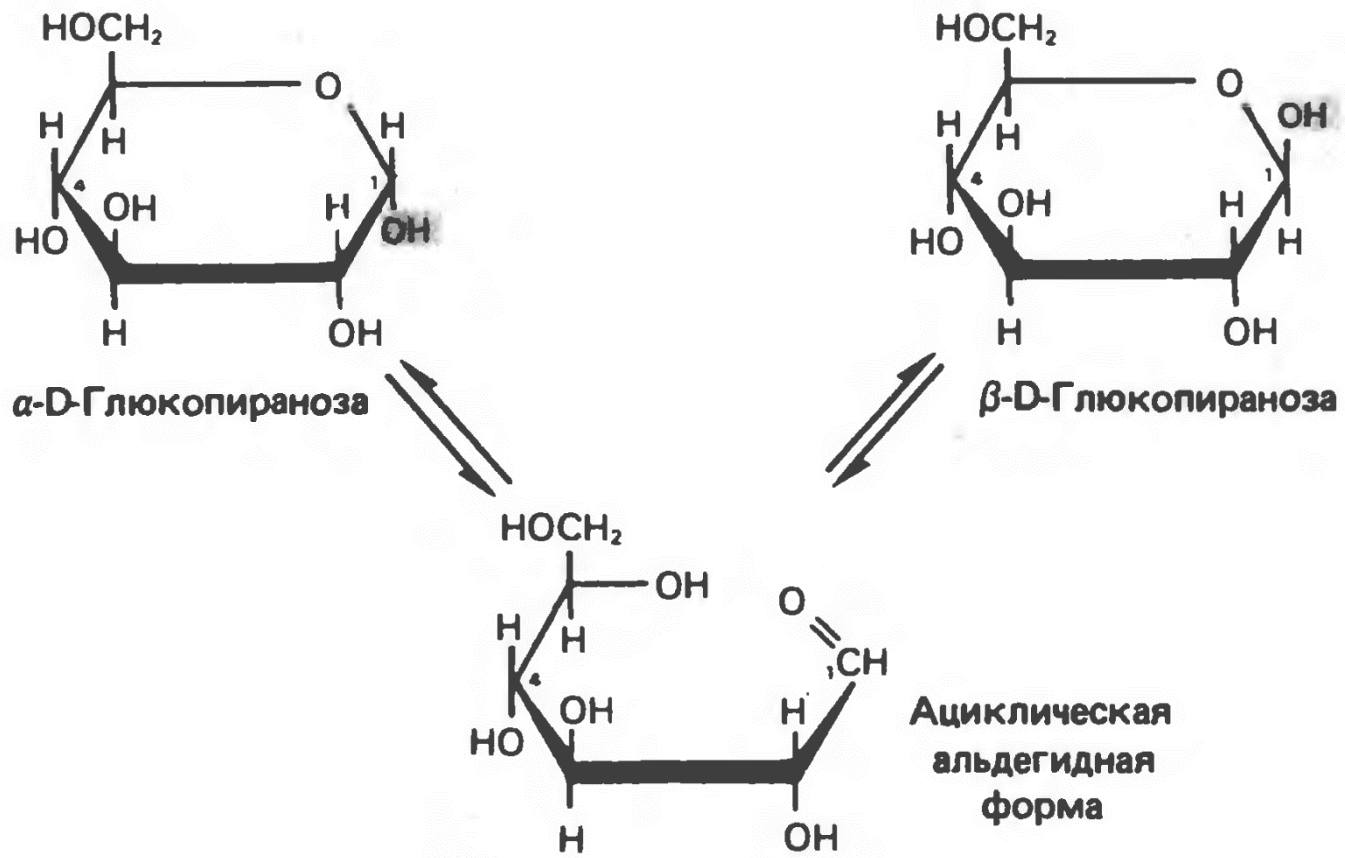


α -D-Fructose-1,6-bisphosphate



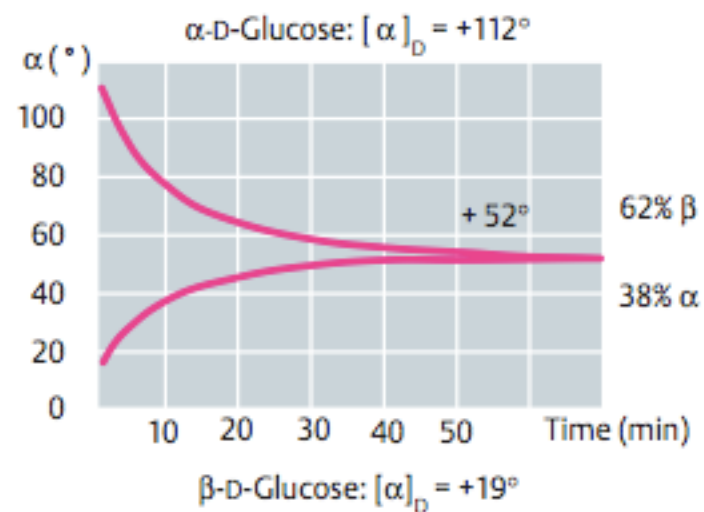
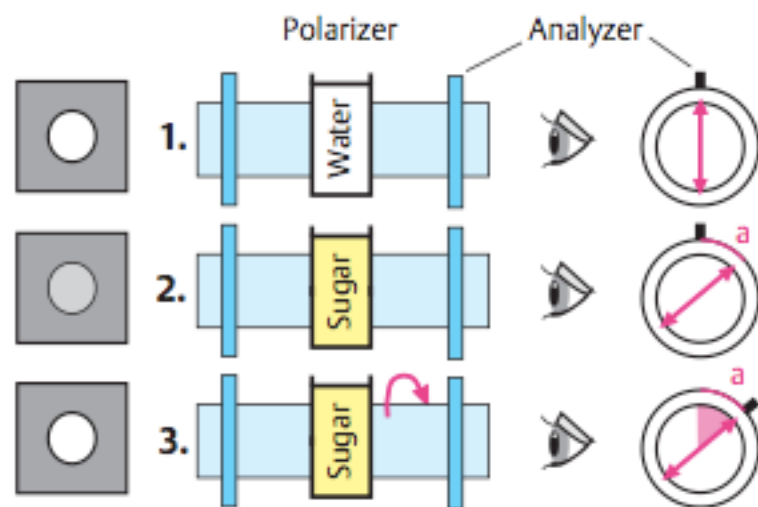
Adenosine-5'-triphosphate

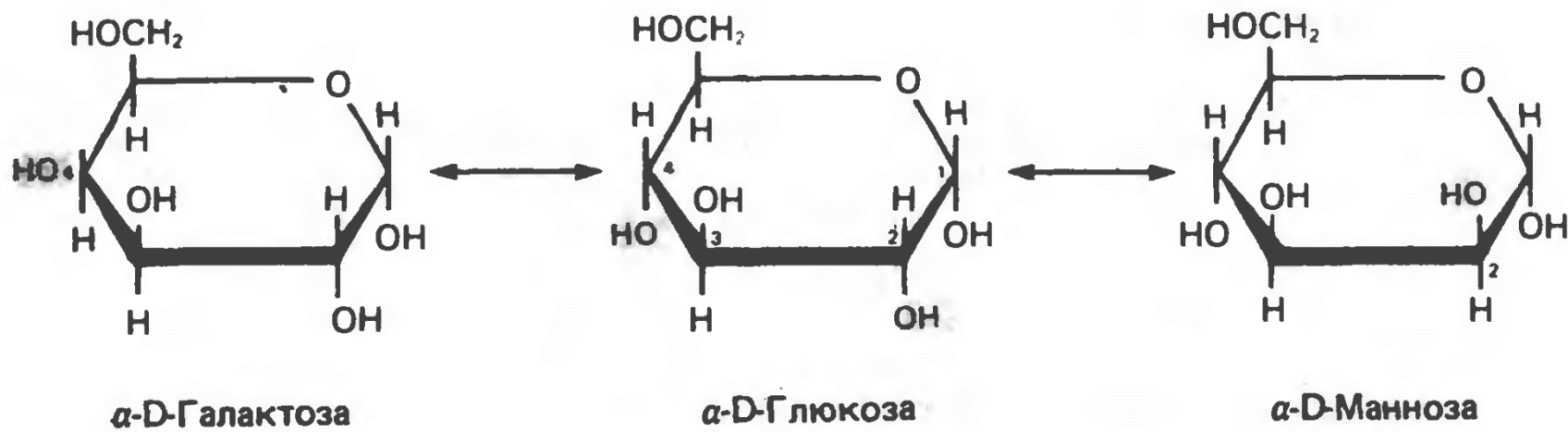




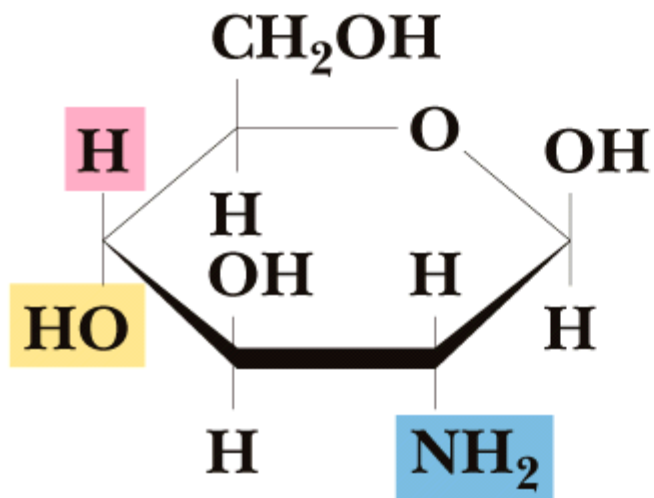
Мутаротация глюкозы

B. Polarimetry, mutarotation

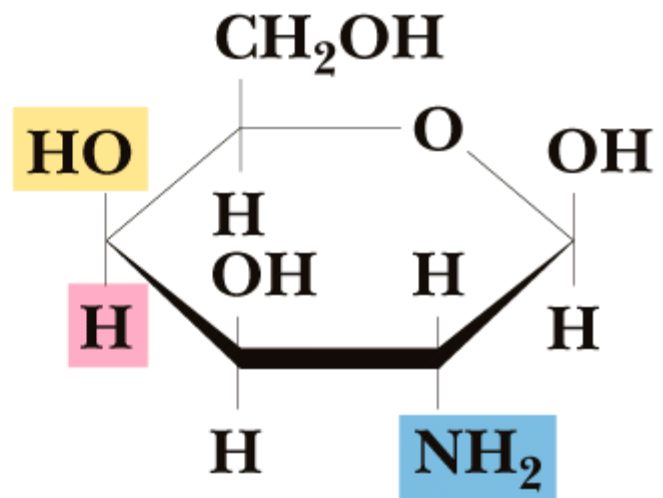




Эпимеризация глюкозы

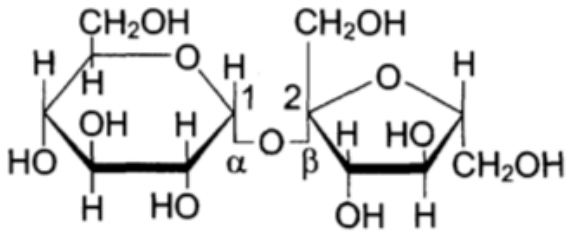


β-D-Glucosamine

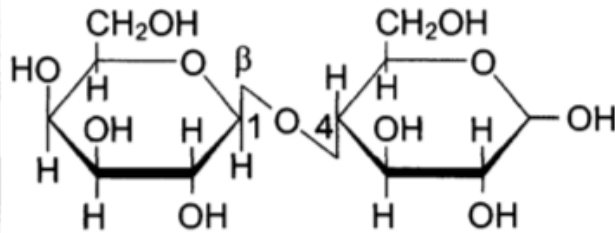


β-D-Galactosamine

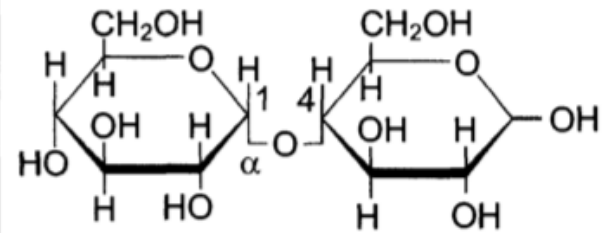
Дисахариды



Сахароза



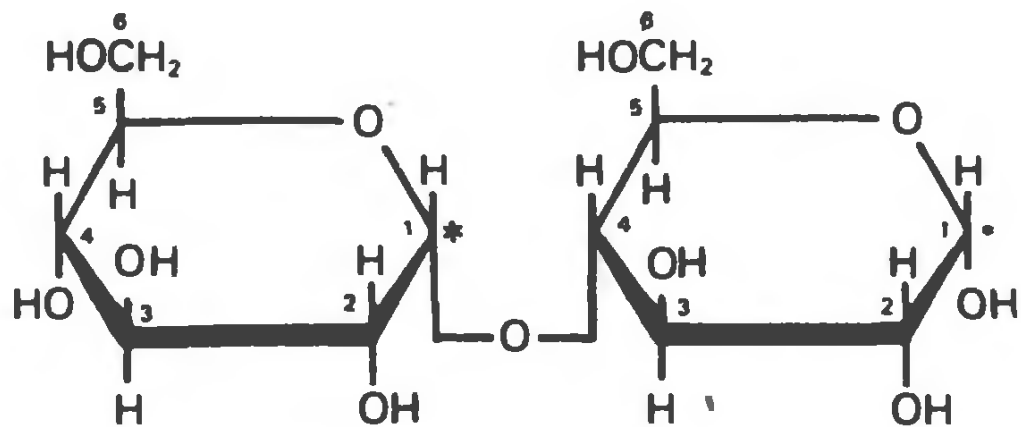
Лактоза



Мальтоза

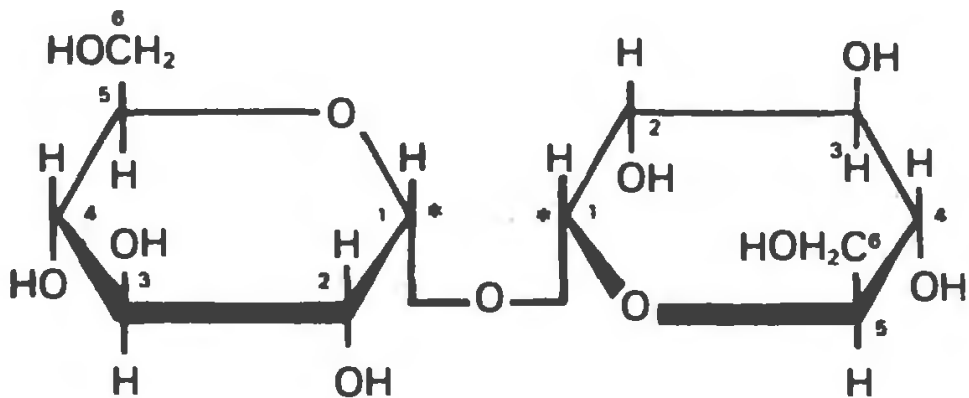
Дисахариды пищи.

Мальтоза



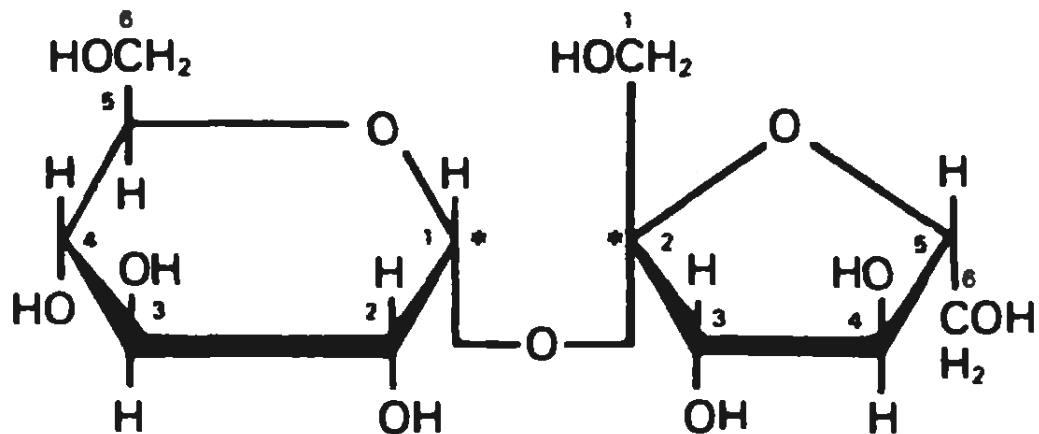
α -D-Глюкопиранозил-(1 \rightarrow 4)- α -D-глюкопираноза

Трегалоза



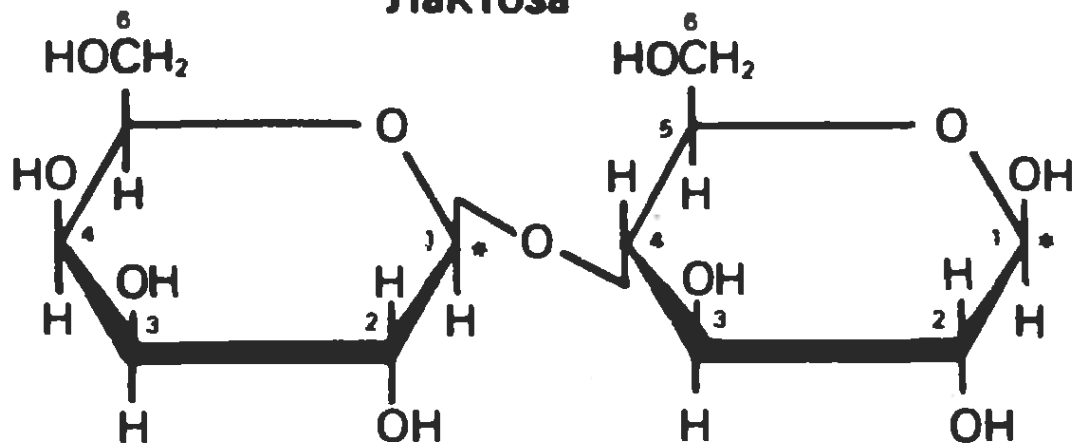
α -D-Глюкопиранозил-(1 \rightarrow 1)- α -D-глюкопиранозид

Сахароза



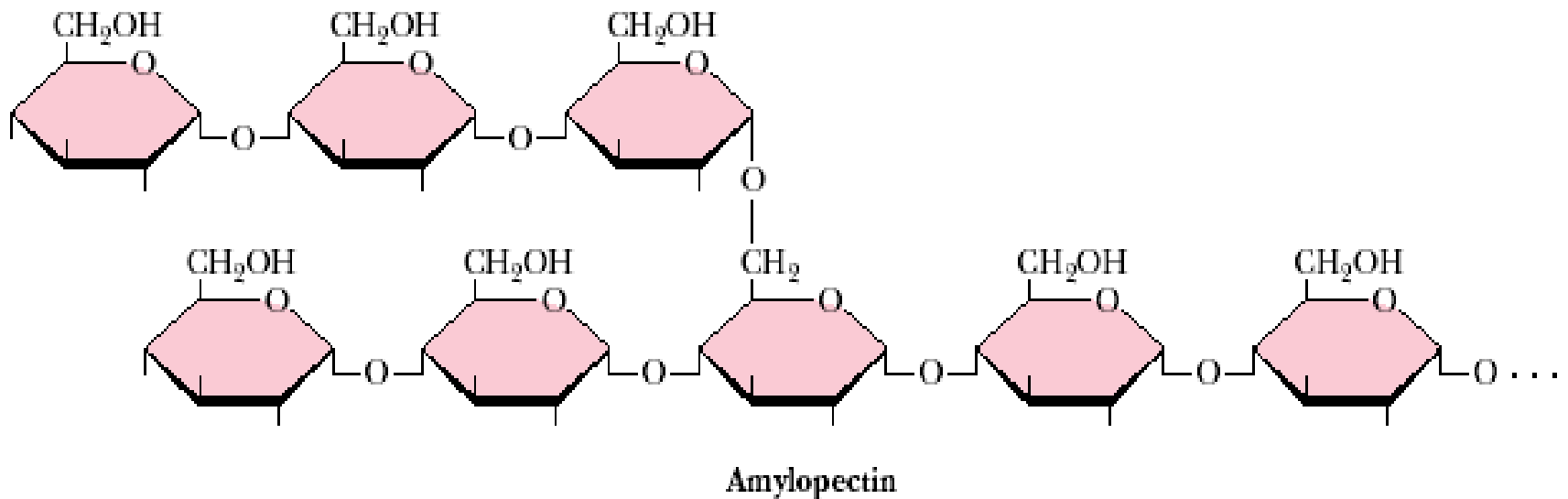
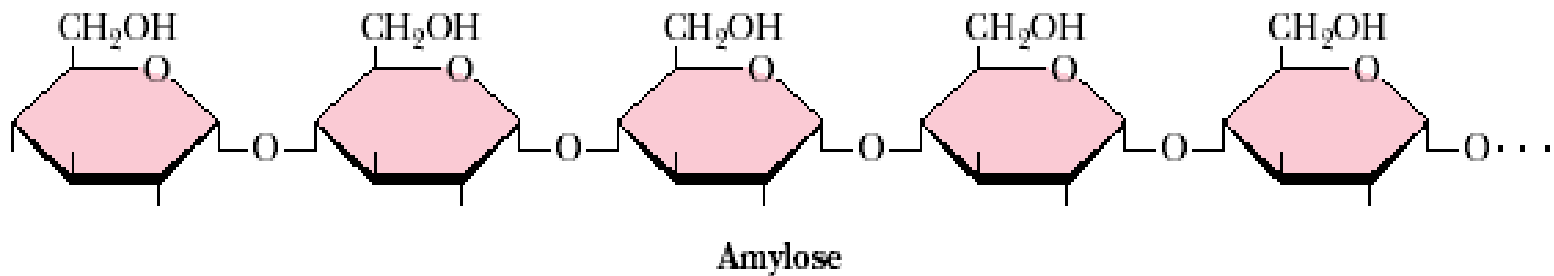
0- α -D-Глюкопиранозил- (1 \rightarrow 2) - β -D-фруктофуранозид

Лактоза

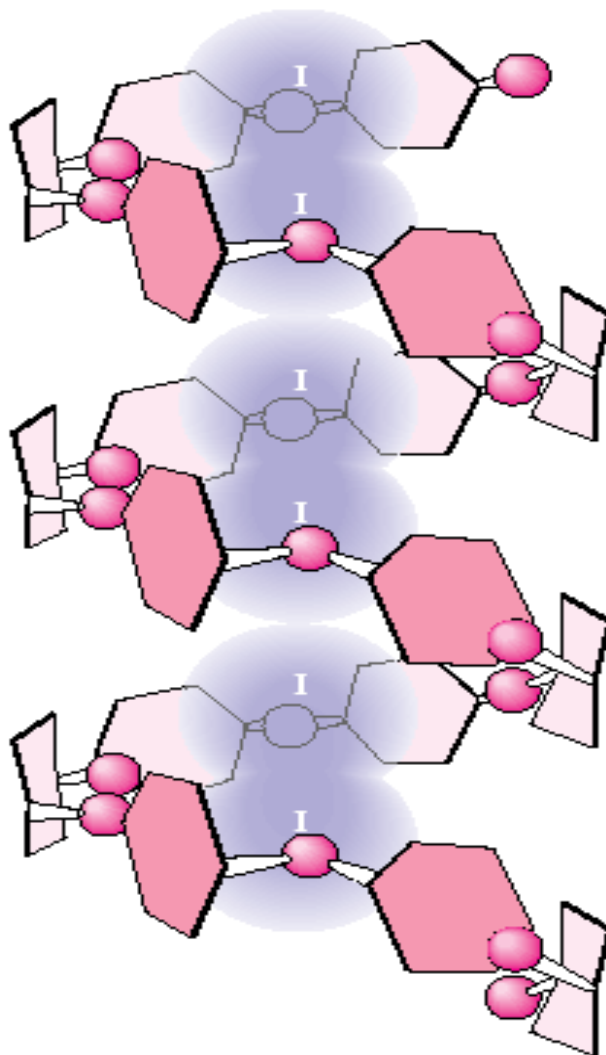


Полисахариды

Амилоза и амилопектин



Крахмал состоит на 10-20% из амилозы, растворимой в воде, принимающей спиральную конформацию, и дающей с йодом синюю окраску

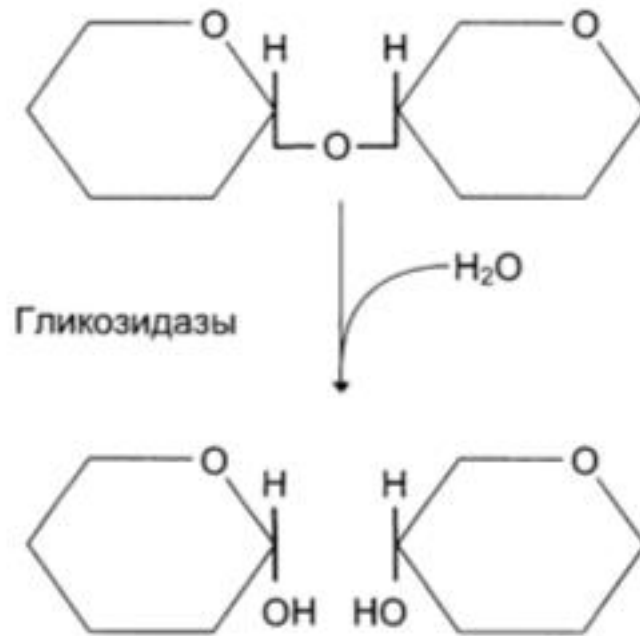


Переваривание углеводов

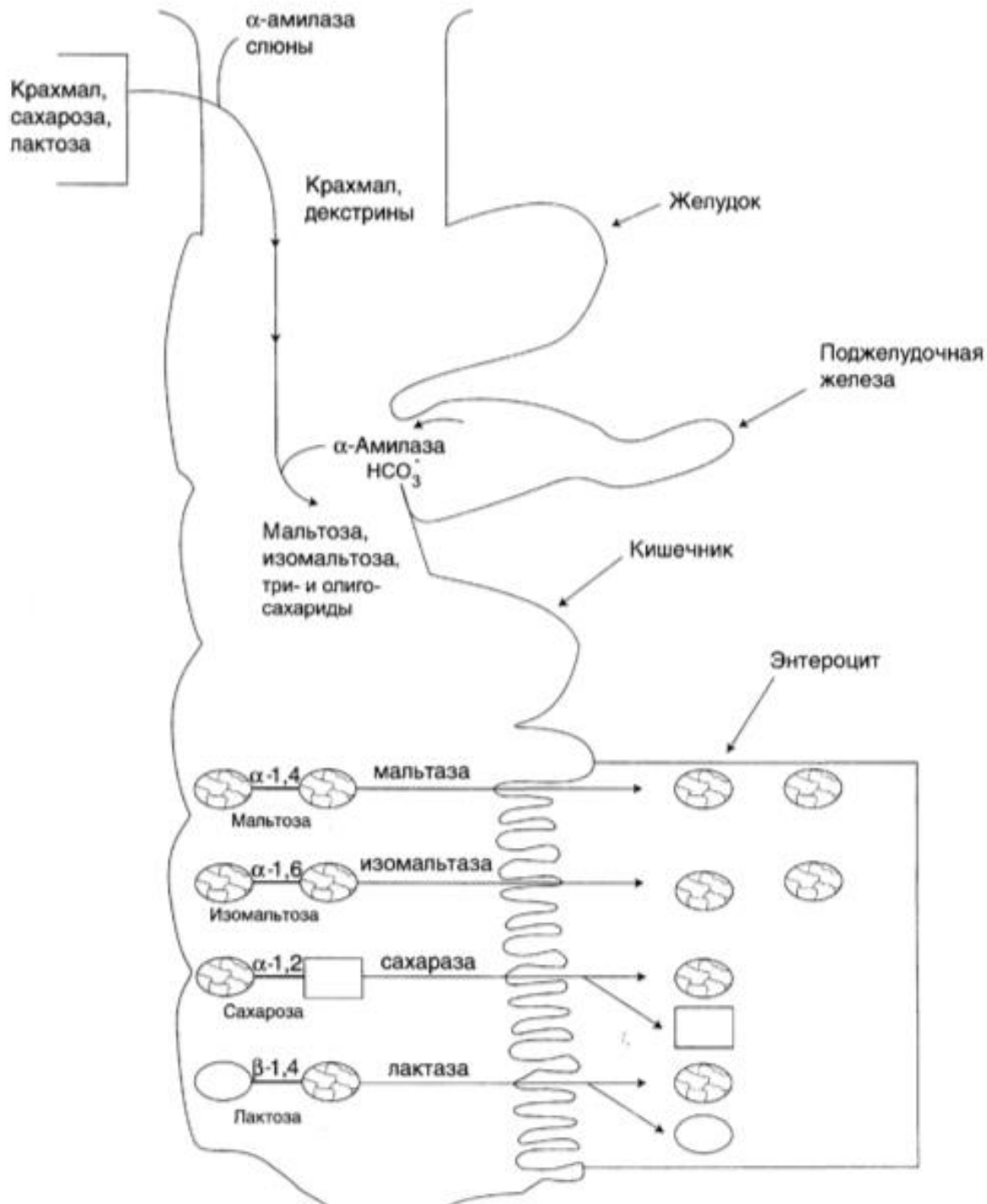
Состав пищевых продуктов (на 100 г свежей массы)

ПРОДУКТ	БЕЛКИ	УГЛЕВОДЫ	ЛИПИДЫ	ВИТАМИН С
Мясо	16—25	0	10—40	0
Печень	20	5	5	30
Рыба	5—25	0	1—5	0
Хлеб	8	50	1—3	0
Картофель	2	19	1	8—25
Рис (вареный)	2,5	26	1	0
Горох	7	8	1	0
Овощи, фрукты	1—3	2—5	<0,2	10—100

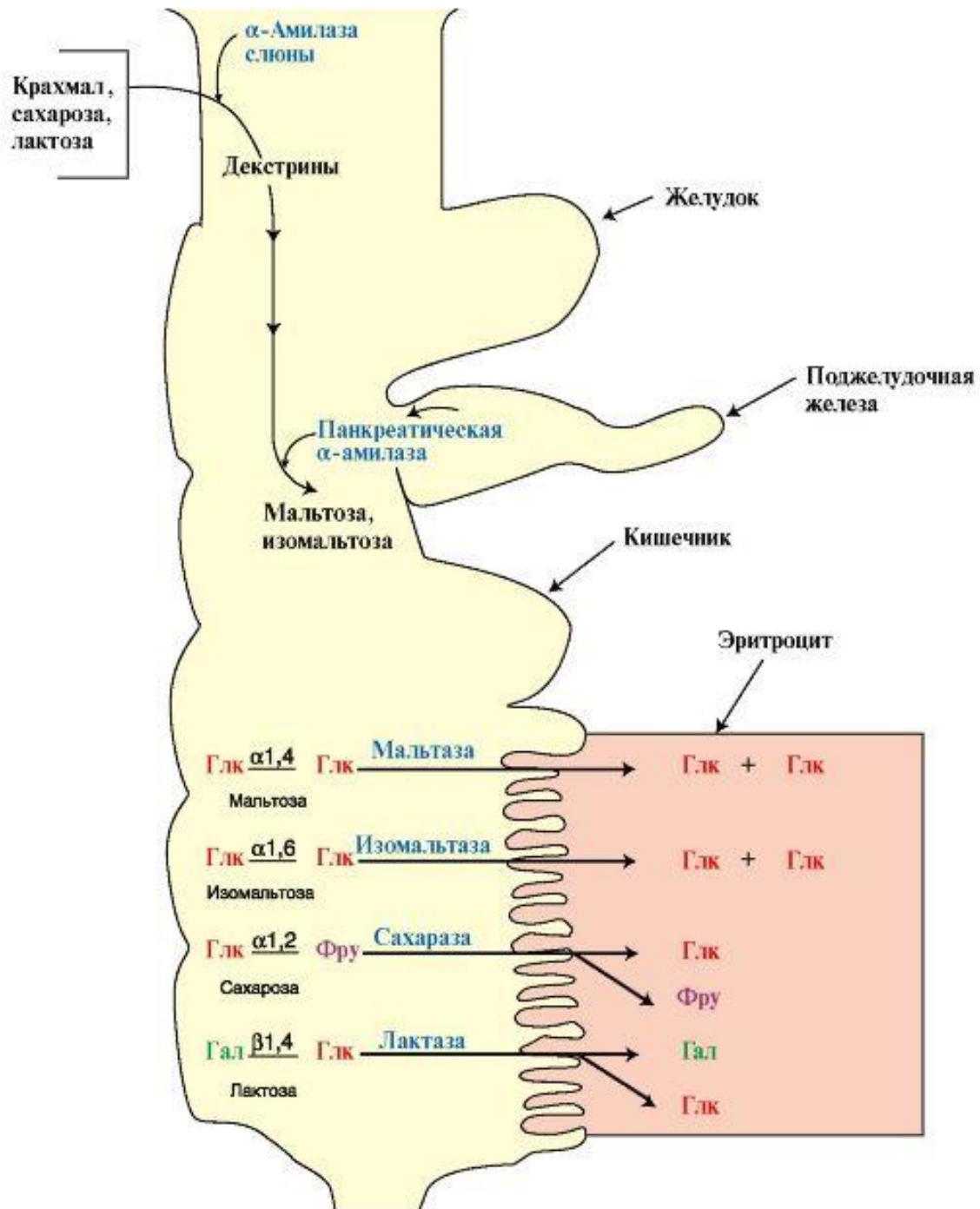
Переваривание углеводов



Переваривание углеводов

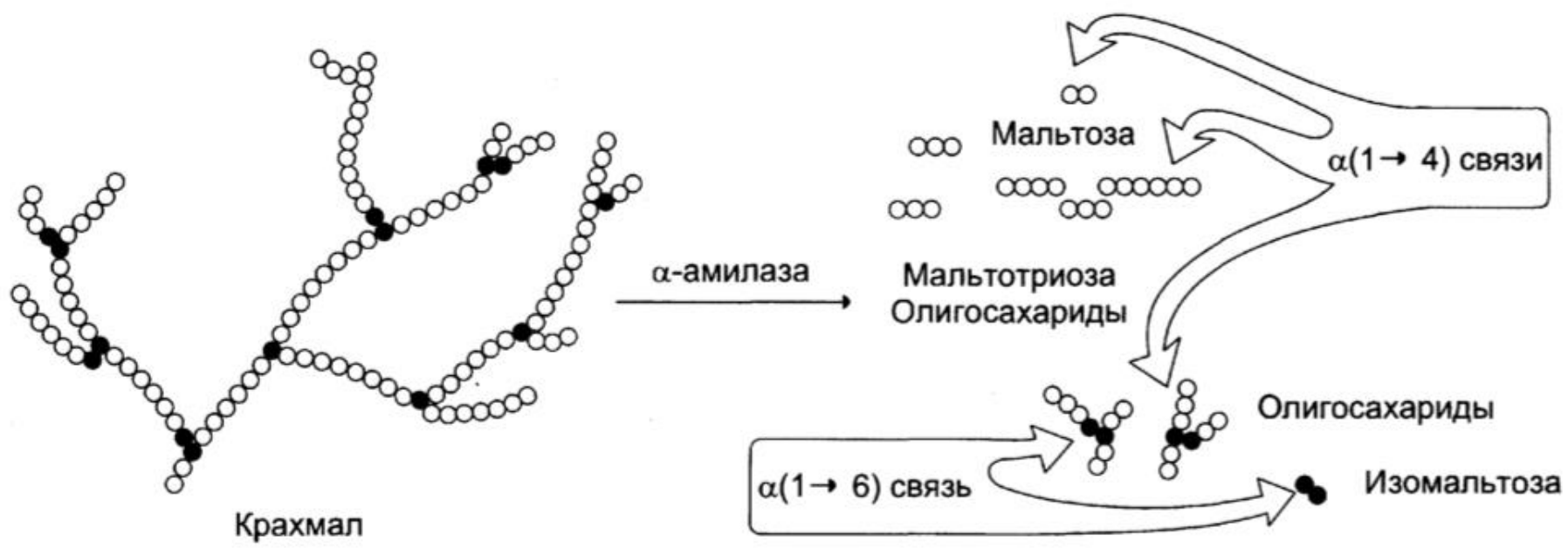


Переваривание углеводов

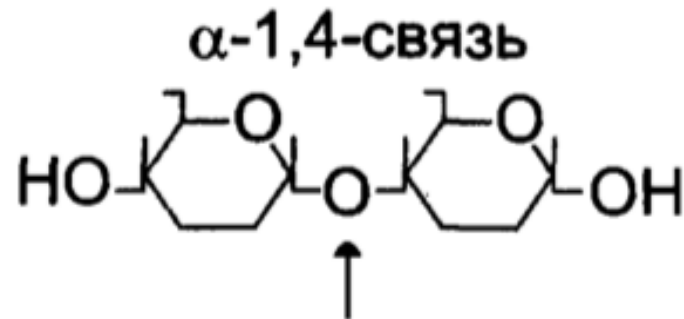


Гидролиз неразветвленной цепи амилозы происходит в 2 этапа: первый быстрый, приводит к образованию мальтозы и мальтотриозы. Второй значительно медленнее, в течение которого мальтотриоза превращается в глюкозу и мальтозу.

- α -амилаза
- Крахмал $\xrightarrow{+ n \text{ H}_2\text{O}}$ n декстрины $\xrightarrow{+ m \text{ H}_2\text{O}}$ α -амилаза
- x мальтоза + y мальтотриоза $\xrightarrow{+ y \text{ H}_2\text{O}}$ α -амилаза
- $(x + y)$ мальтоза + y глюкоза

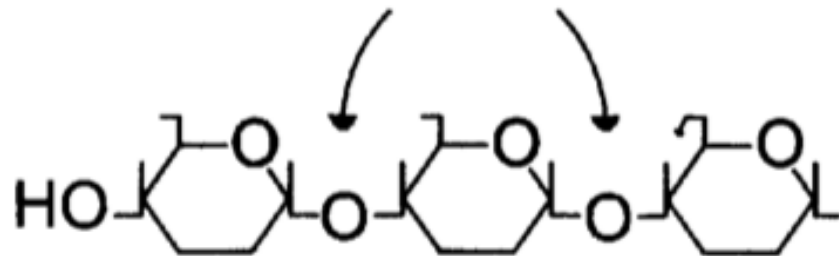


Мальтоза

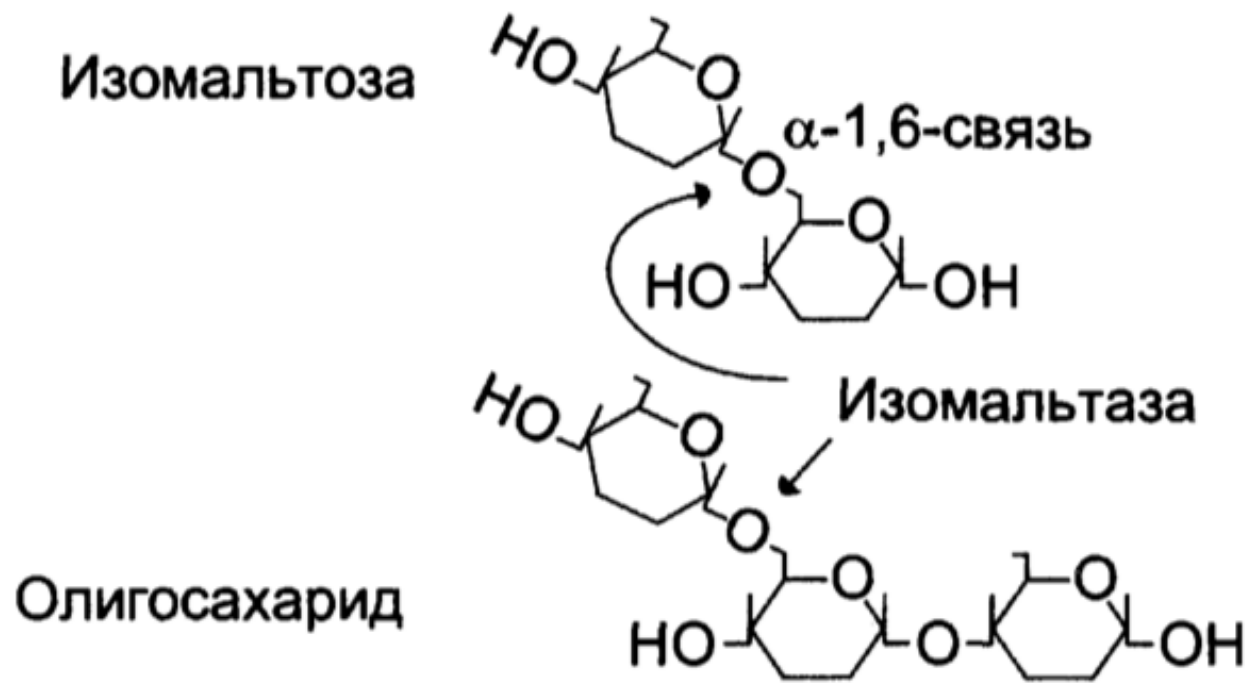


Мальтаза

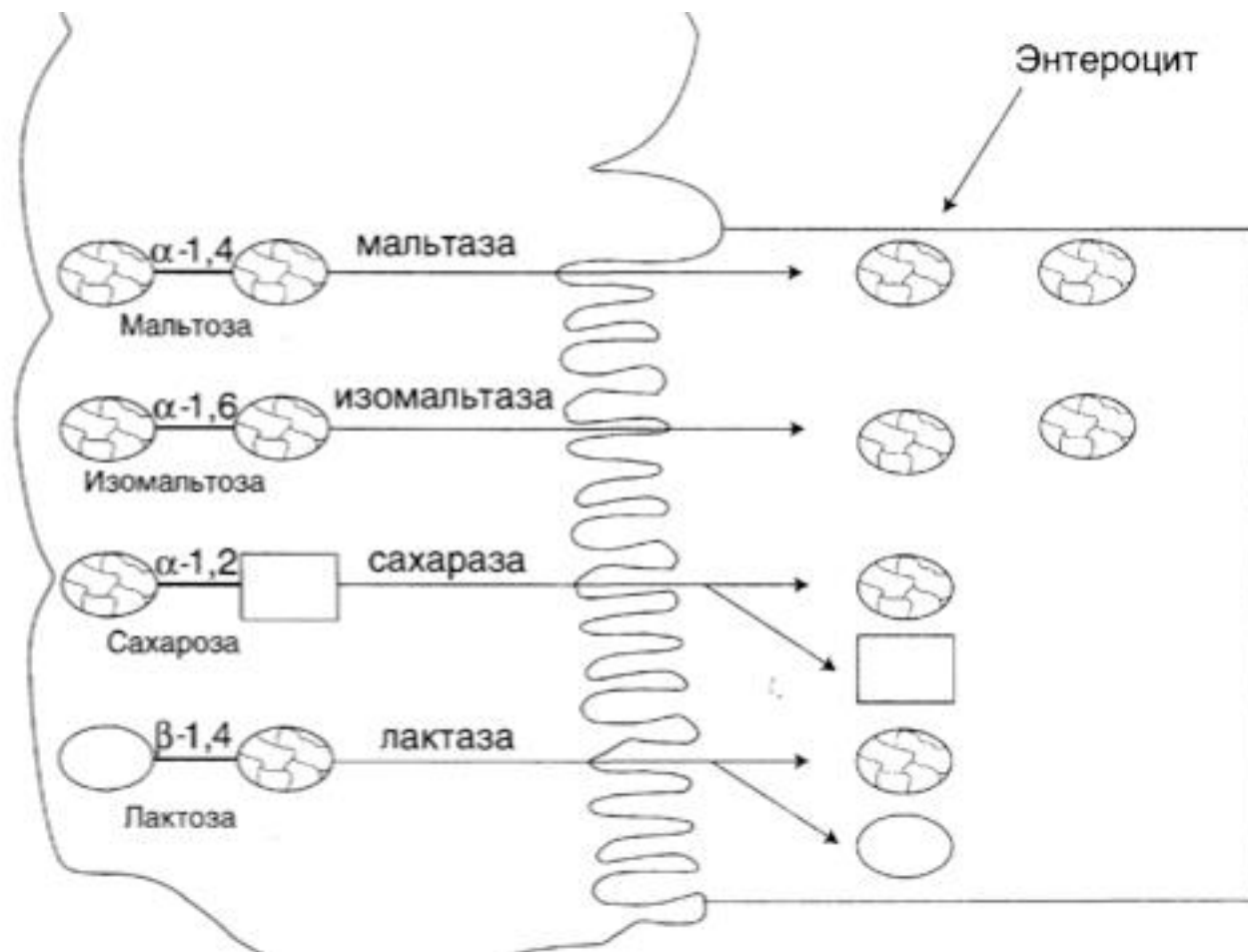
Мальтотриоза



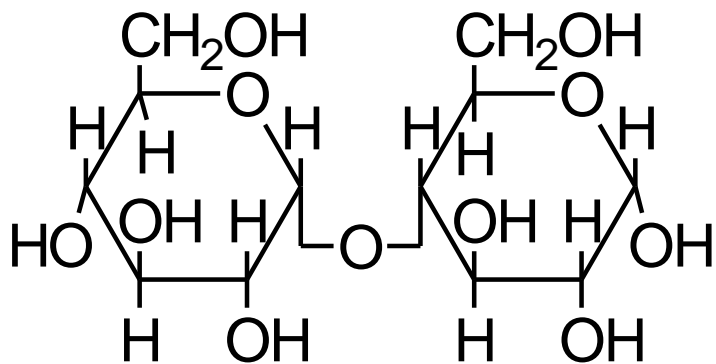
Действие сахарозо-изомальтазного комплекса на изомальтозу и олигосахарид.



Действие сахарозо-изомальтазного комплекса на изомальтозу и олигосахарид.



Молекула мальтозы расщепляется под действием альфа-глюкозидазы, так как гидролизуется альфа-глюкозидная связь, на две молекулы глюкозы.

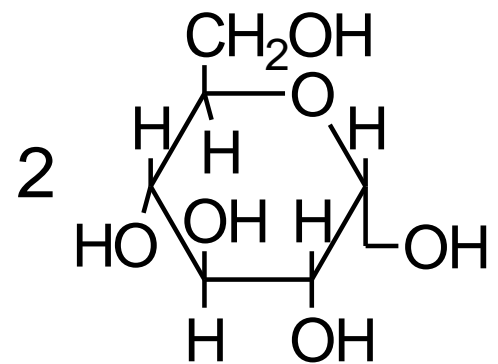


Мальтоза

Альфа-глюкозидаза

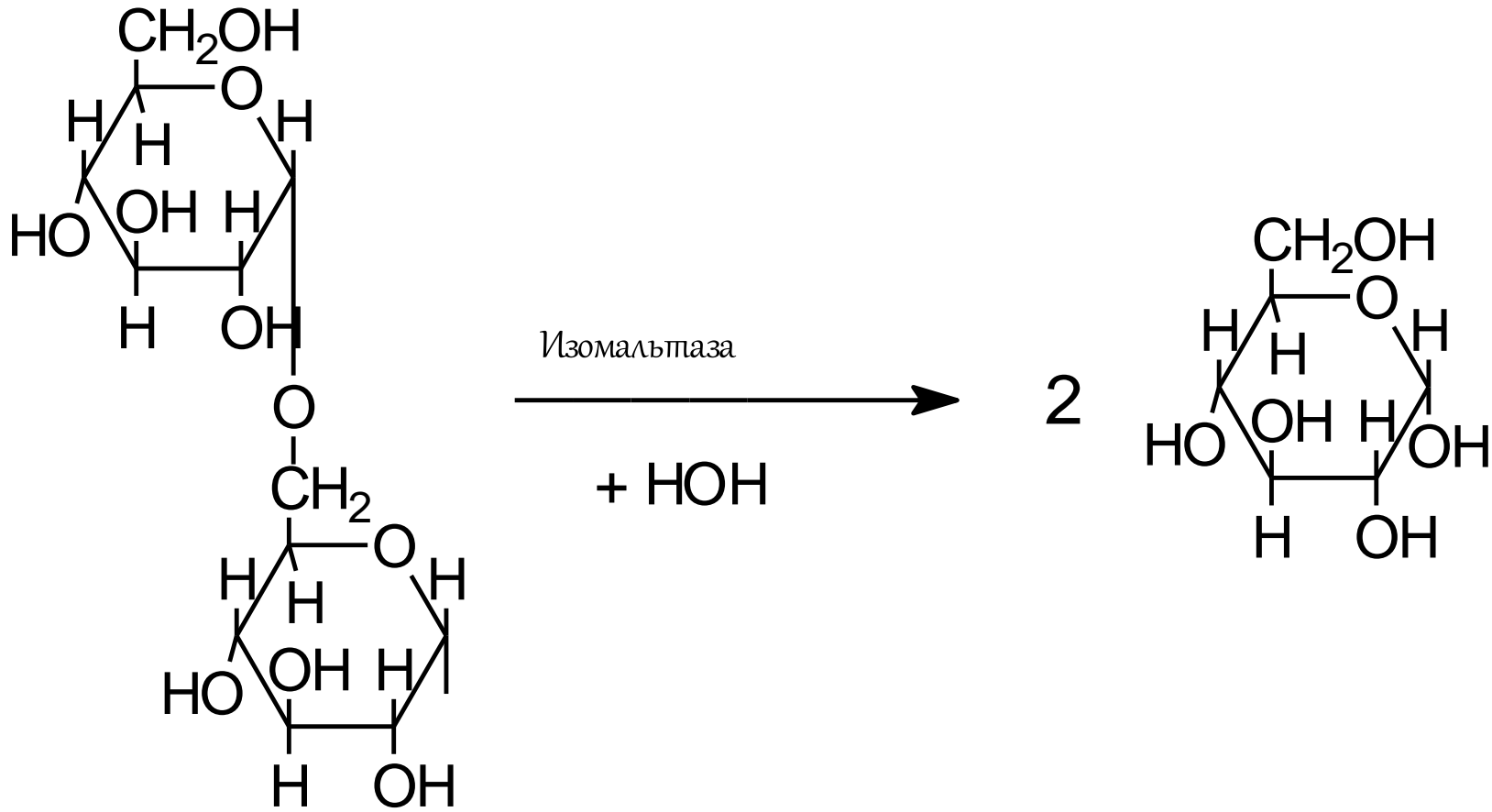


+ H₂O



Глюкоза

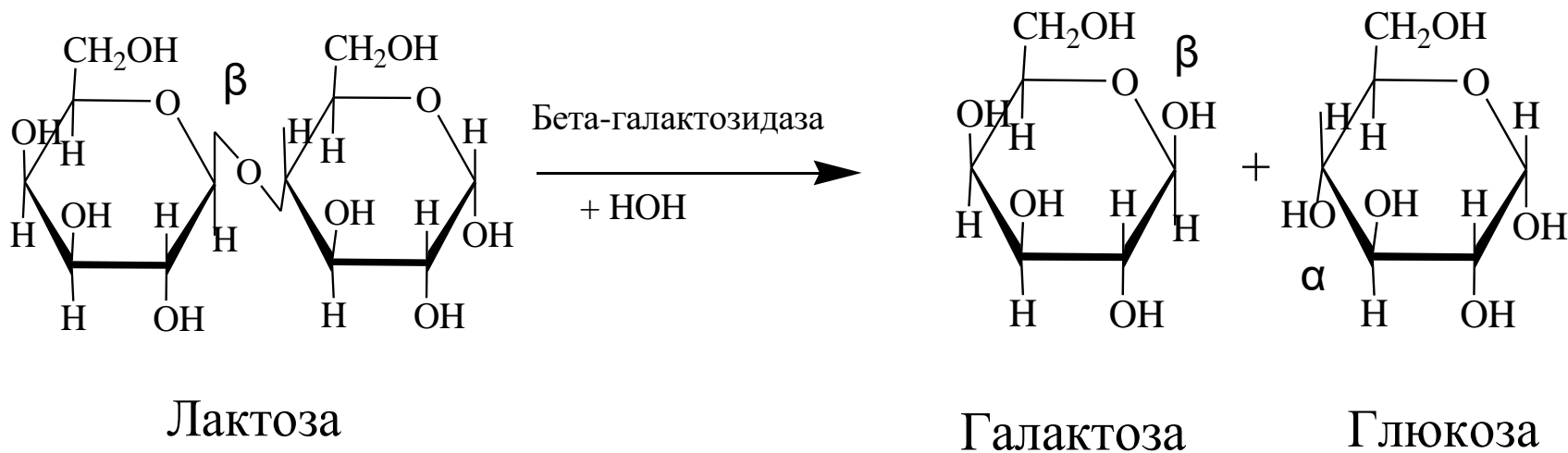
Изомальтоза гидролизуется изомальтазой



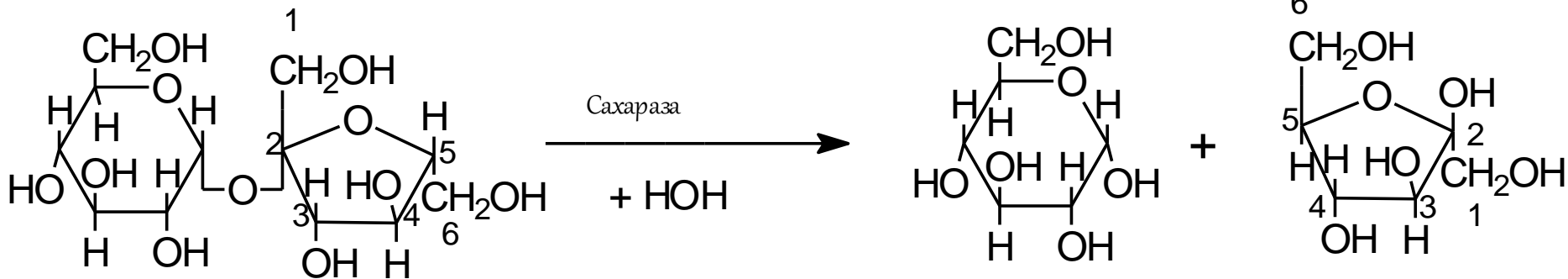
Изомальтоза

Глюкоза

Молочный сахар, лактоза под действием бета-галактозидазы (расщепляется бета-галактозидная связь, образованная бета-гликозидным гидроксилком галактозы) дает глюкозу и галактозу.



Сахароза расщепляется под действием сахаразы.



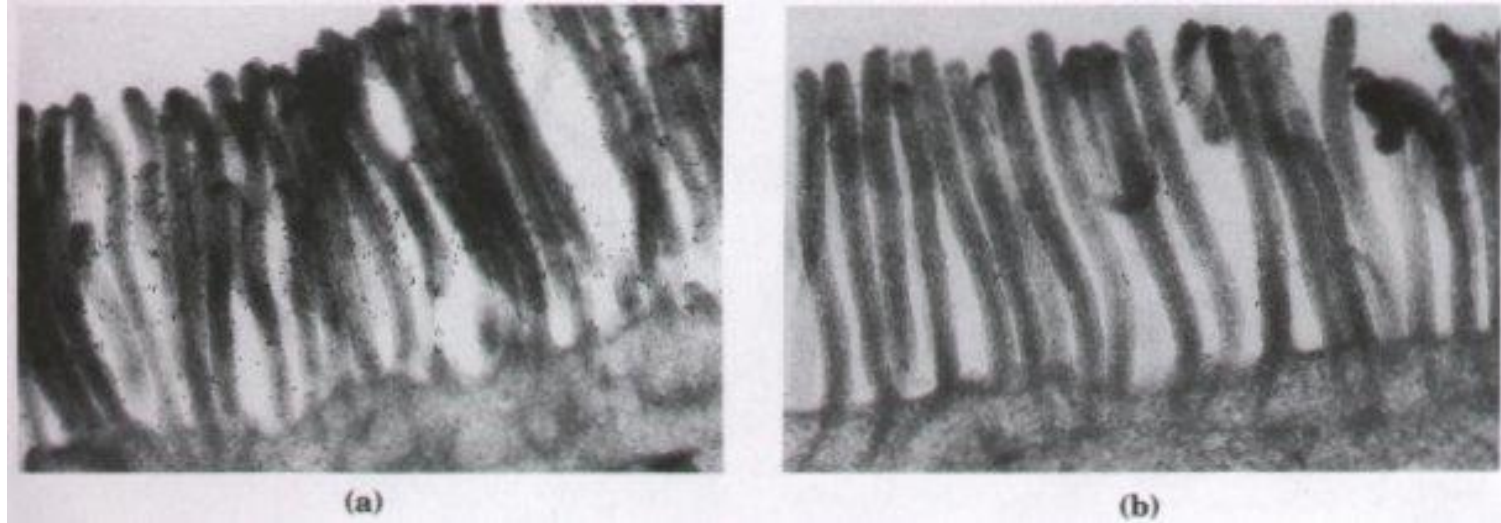
Сахароза

Глюкоза

Фруктоза

Непереносимость лактозы.

Иммунохимическое выявление бета-галактозидазы.



- a) Кишечный эпителий взрослого с высокой активностью фермента.
- b) Кишечный эпителий взрослого, страдающего непереносимостью лактозы.

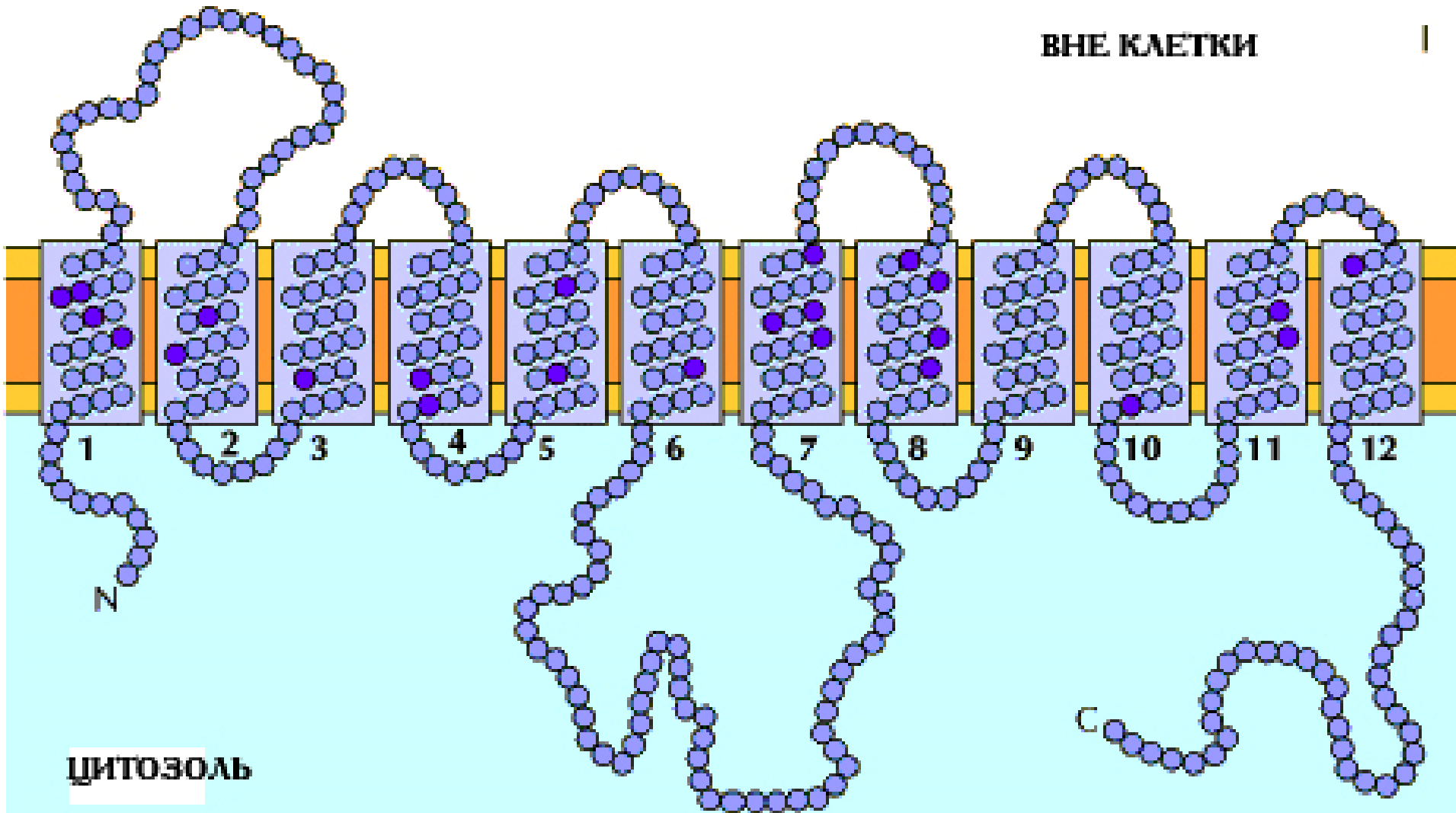
Известно ряд переносчиков глюкозы.

• Типы ГЛЮТ	• Локализация в органах
• ГЛЮТ1	• Преимущественно в мозге, плаценте, почках, толстом кишечнике
• ГЛЮТ2	• Преимущественно в печени, почках, β -клетках островков Лангерханса, энтероцитах
• ГЛЮТ3	• Во многих тканях, включая мозг, плаценту, почки
• ГЛЮТ4 (инсулинзависимый)	• В мышцах (скелетной, сердечной), жировой ткани • Содержится в отсутствие инсулина почти полностью в цитоплазме
• ГЛЮТ5	• В тонком кишечнике. Возможно переносчик фруктозы.

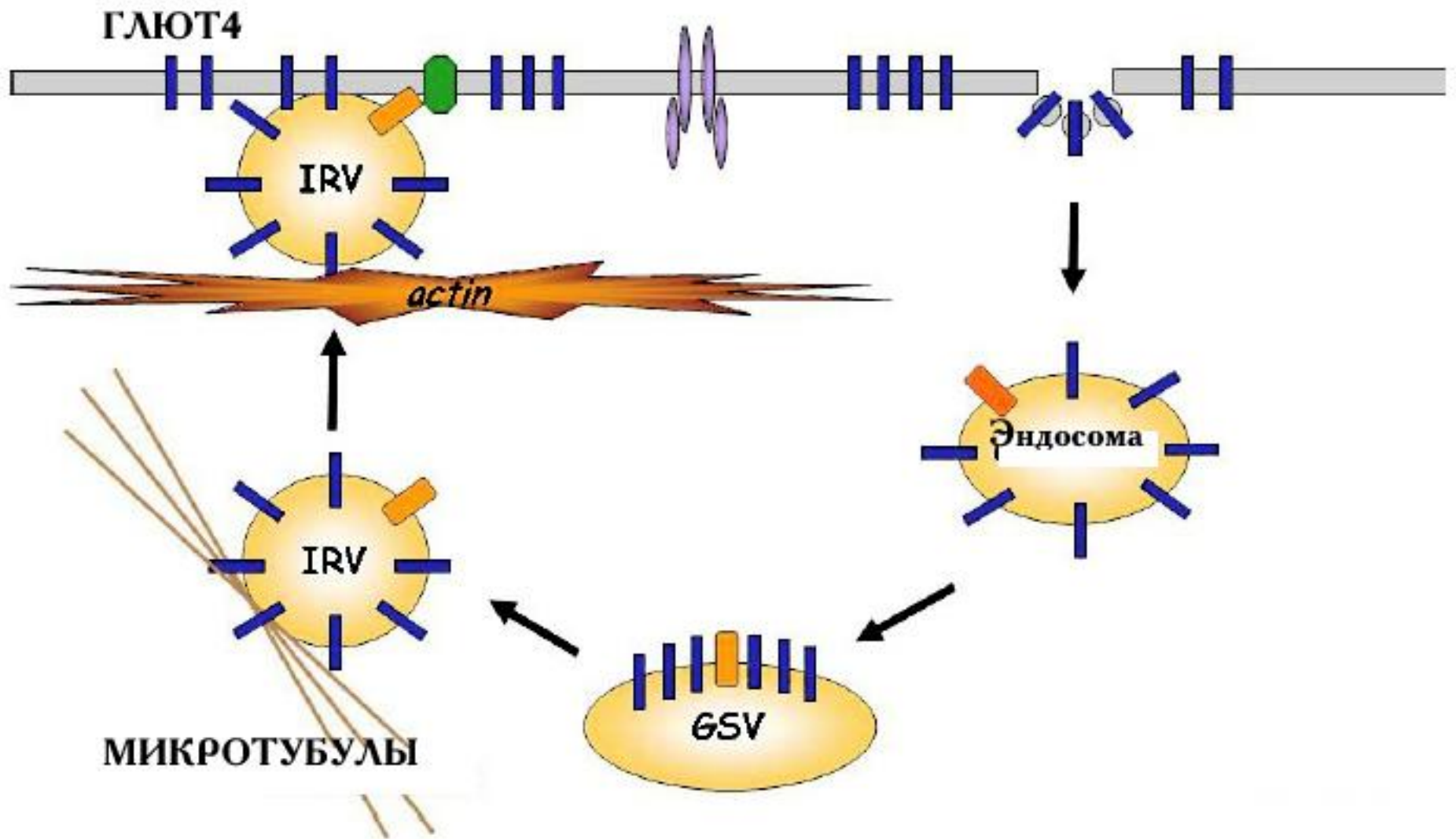
Все они переносят по градиенту концентрации.

Есть переносчик, транспортирующий глюкозу против градиента концентрации, получивший название ко-транспортера, поскольку в нем сопряжены перенос иона натрия и молекулы глюкозы.

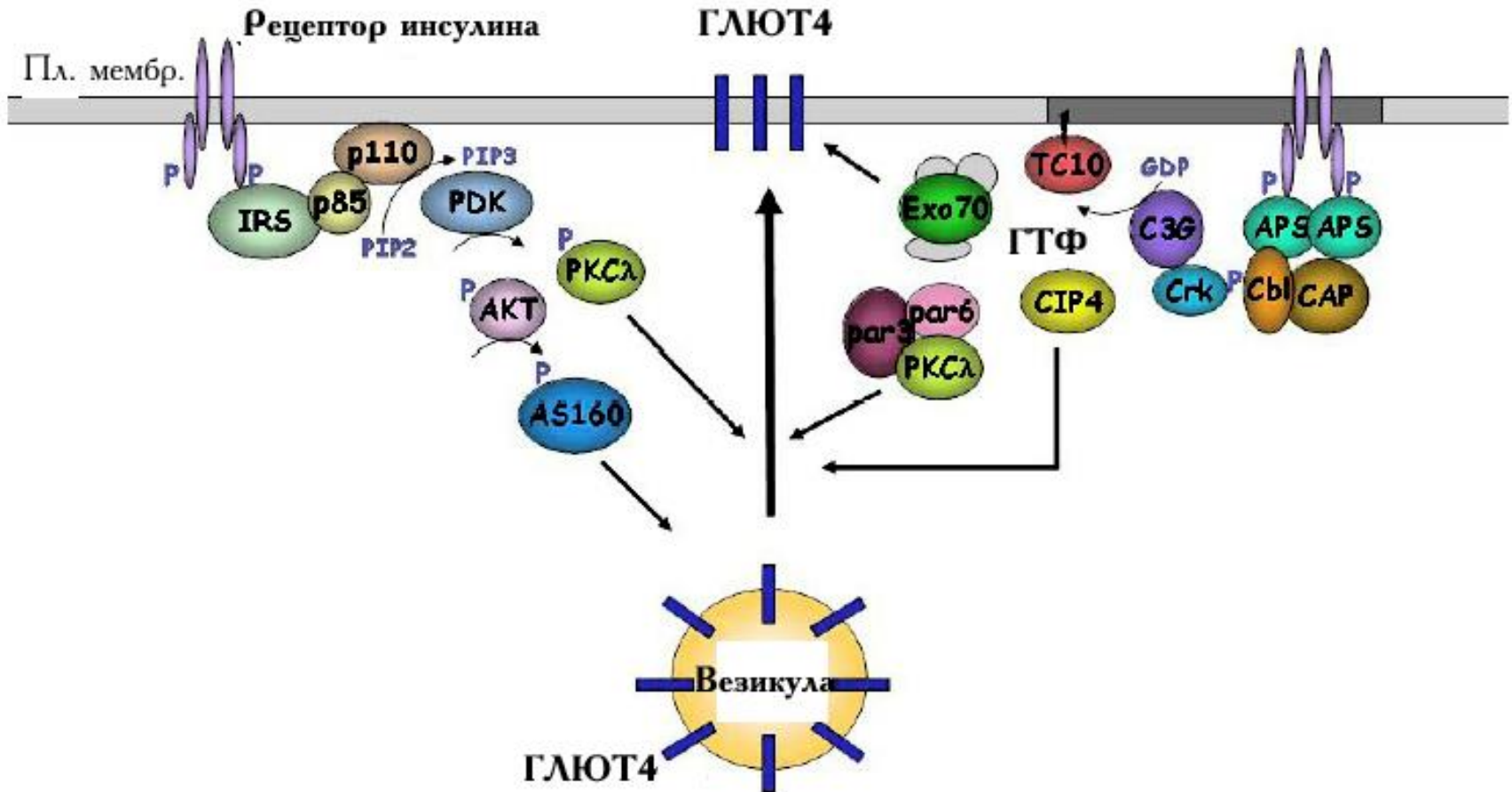
Структура ГЛЮТ4



Цикл ГЛЮТ4



Участие инсулина в транспорте ГЛЮТ4 на плазматическую мембрану

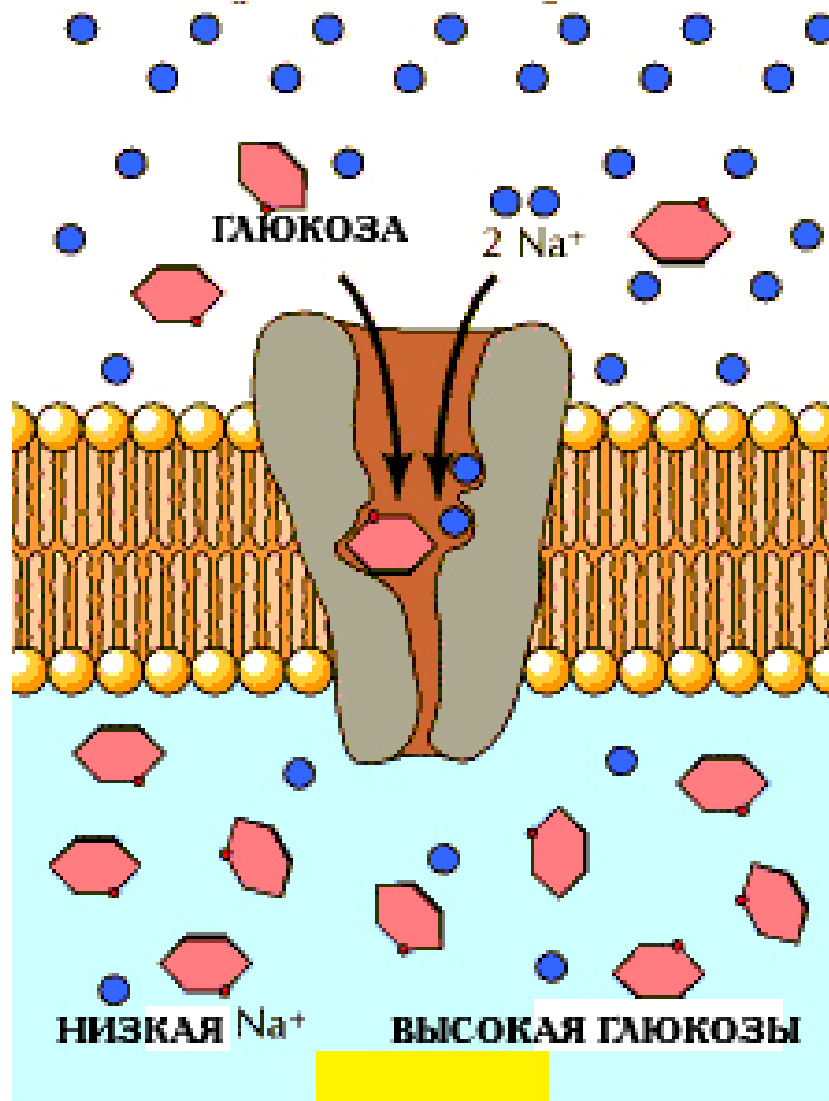


Активный перенос глюкозы

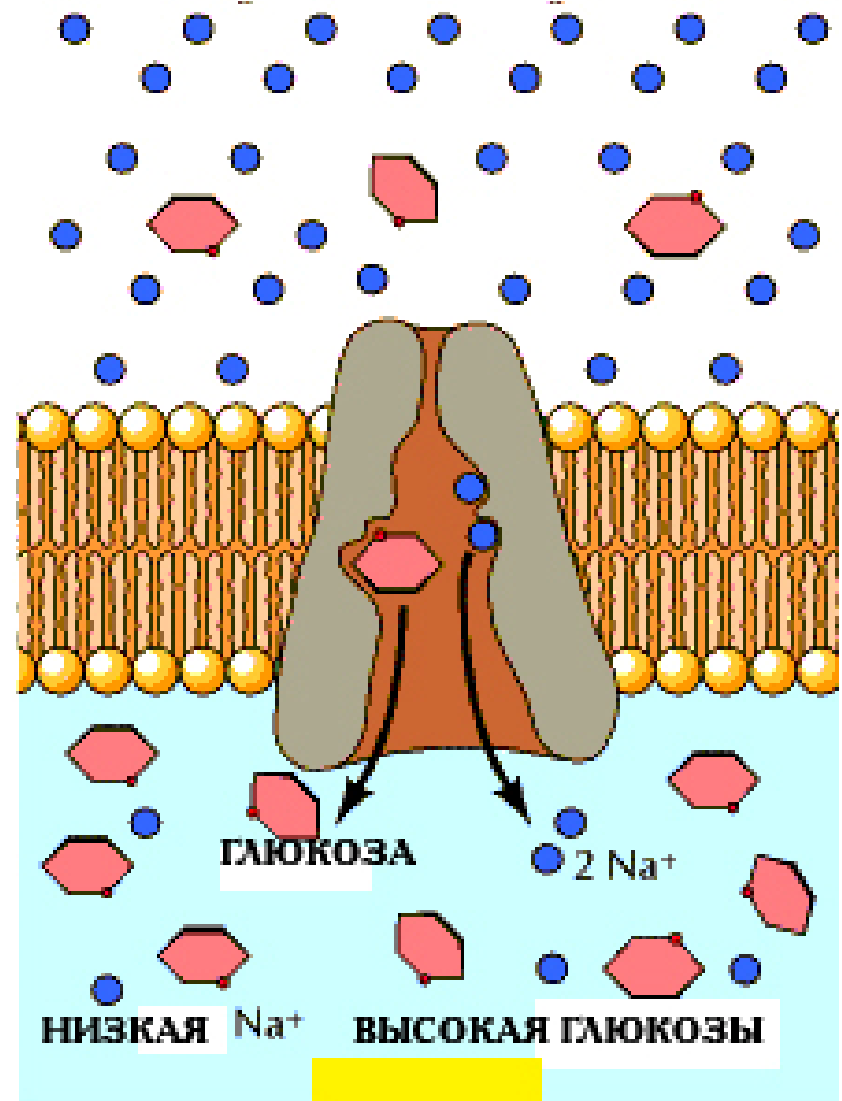
ПРОСВЕТ КИШЕЧНИКА

КОНЦЕНТРАЦИЯ:

ВЫСОКАЯ Na^+ НИЗКАЯ ГЛЮКОЗЫ

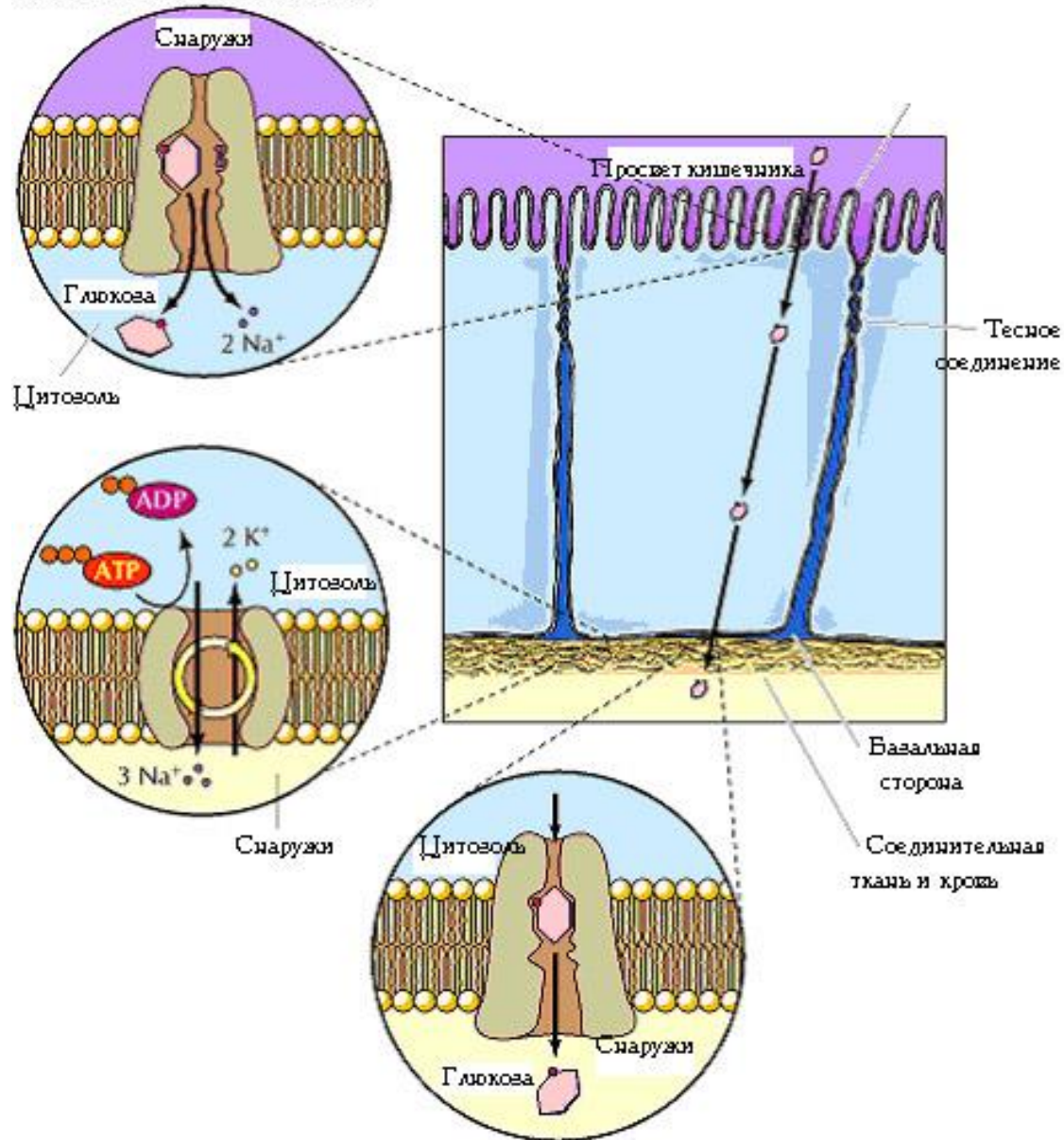


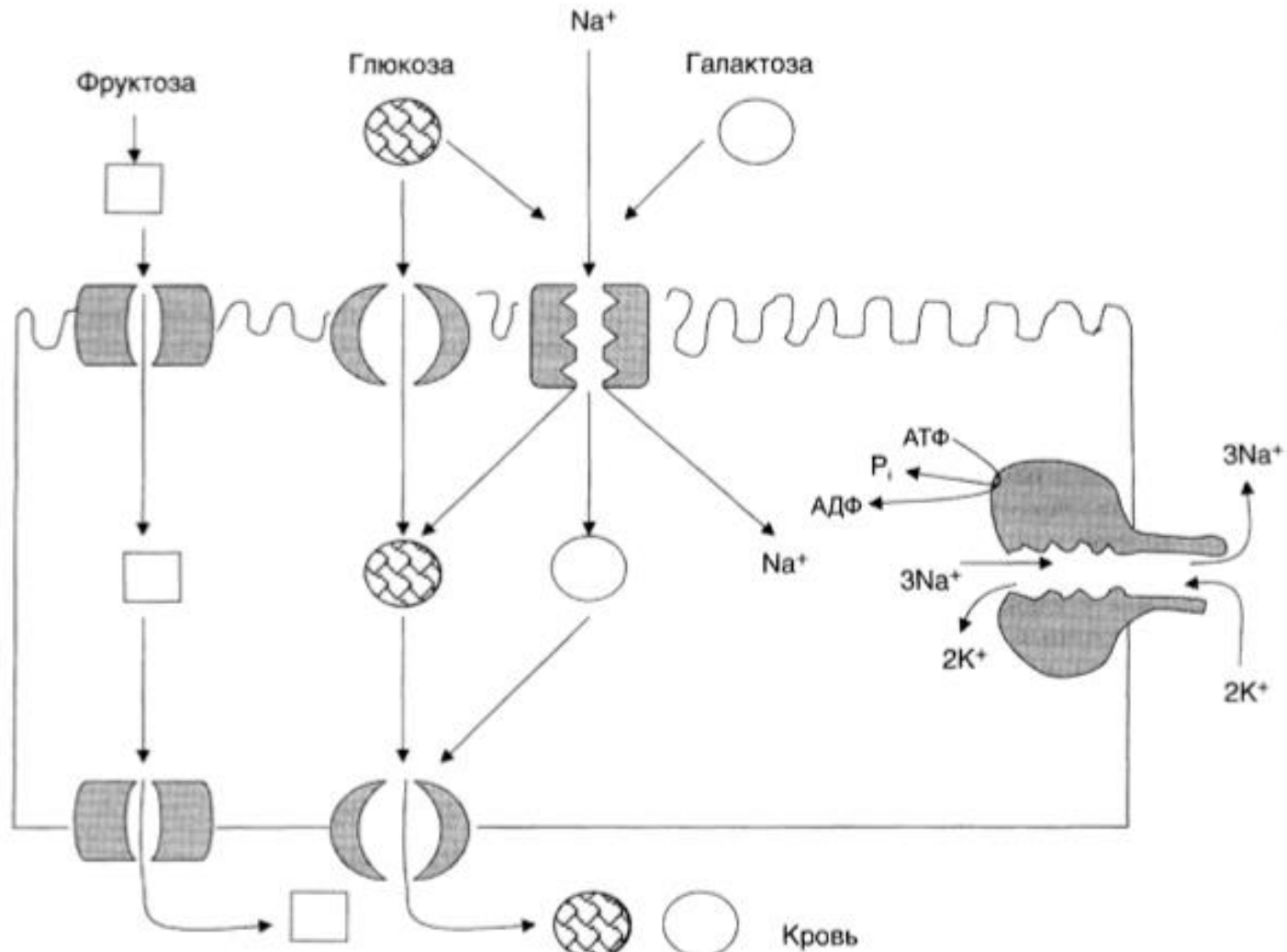
ВЫСОКАЯ Na^+ НИЗКАЯ ГЛЮКОЗЫ







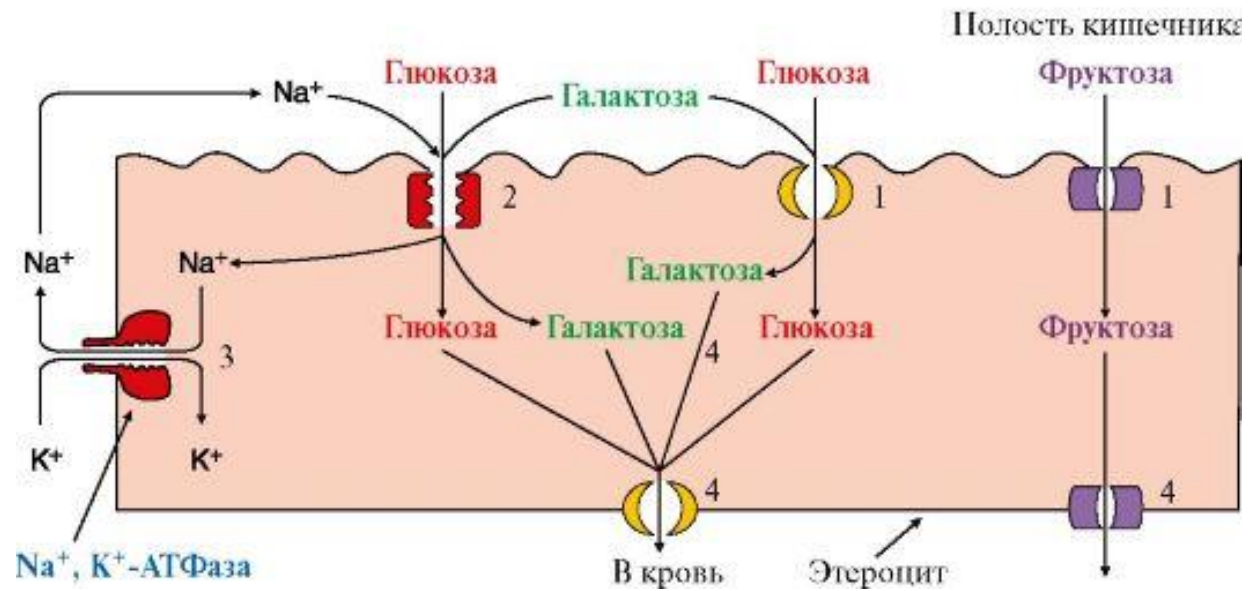
Всасывание глюкозы в кишечнике

АКТИВНЫЙ ТРАНСПОРТ

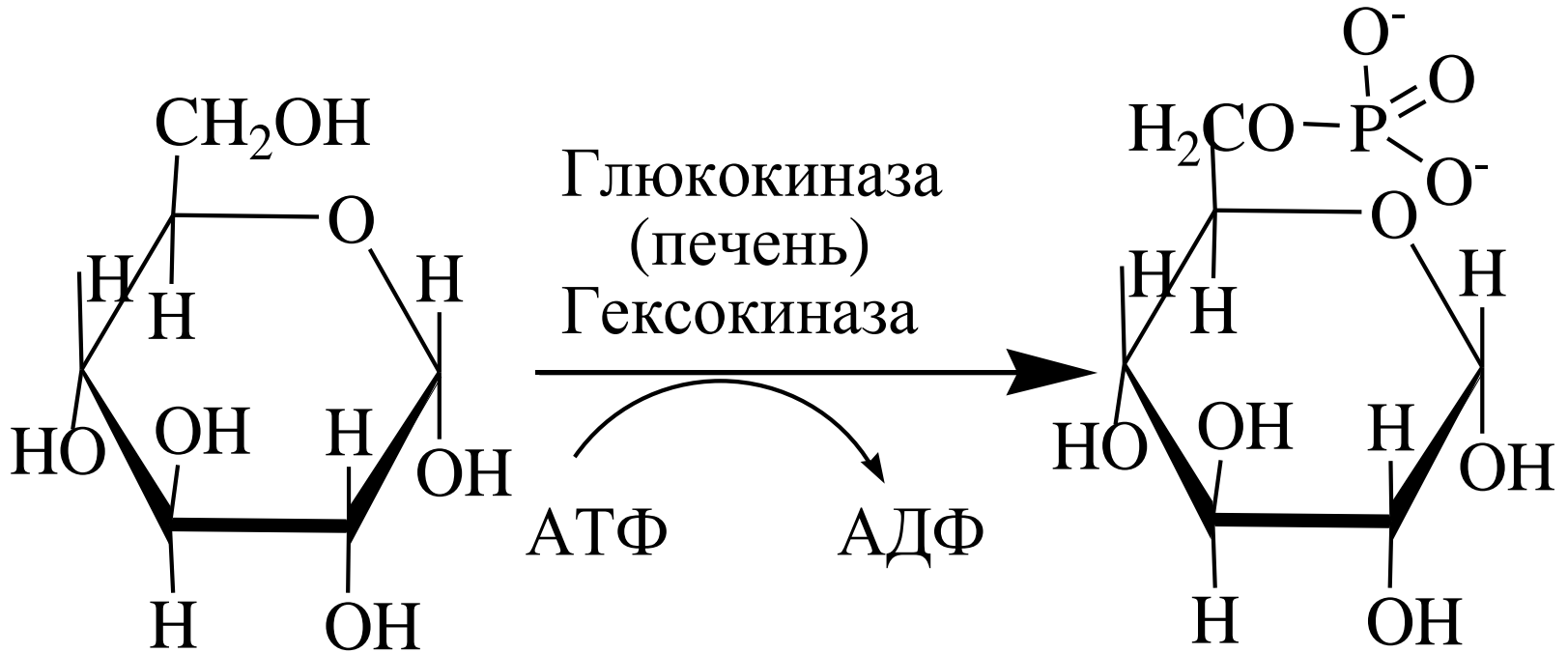




-  — белки-переносчики (транспортеры) фруктозы;
-  — белки-переносчики (транспортеры) глюкозы;
-  — Na⁺-зависимый белок-переносчик;
-  — Na⁺,K⁺ - АТФ-аза.



Фосфорилирование глюкозы



Глюкоза

Глюкозо-6-фосфат

Причина заболевания	Клинические проявления и лабораторные данные
Наследственный дефицит лактазы	Встречается относительно редко. После приёма молока наблюдаются рвота, диарея, спазмы и боли в животе, метеоризм. Симптомы развиваются сразу после рождения.
Недостаточность лактазы вследствие снижения экспрессии гена фермента в онтогенезе	Характерна для взрослых и детей старшего возраста. Является следствием возрастного снижения количества лактазы. Симптомы непереносимости молока аналогичны наследственной форме дефицита лактозы.
Недостаточность лактазы вторичного характера	Это временная, приобретённая форма. Непереносимость молока может быть следствием кишечных заболеваний, например, колитов, гастритов. Кроме того, временный дефицит лактазы может быть следствием операций на ЖКТ.
Наследственная недостаточность сахарозо-изомальтазного комплекса	Проявляется, когда в рацион детей добавляют сахарозу и крахмал. Больные дети обычно неохотно едят сладкое. После нагрузки сахарозой отмечается незначительная гипергликемия. Другие сахара (глюкоза, фруктоза, лактоза) переносятся хорошо.
Приобретённая недостаточность сахарозо-изомальтазного комплекса	Может возникать вследствие кишечных заболеваний. Проявляется диспепсией, провоцируемой крупами, крахмалом, а также пивом и другими напитками на основе солода.

Сахар	Источник	Биологическая роль	Клиническое значение
D-Глюкоза	Фруктовые соки. Гидролиз крахмала, тростникового сахара, мальтозы и лактозы	«Сахар» организма. Переносится кровью, эффективно используется тканями	Появляется в моче (гликозурия) у больных сахарным диабетом из-за повышенного содержания глюкозы в крови (гипергликемия)
D-Фруктоза	Фруктовые соки. Мед. Гидролиз тростникового сахара и инулина (из иерусалимских артишоков)	Может превращаться в глюкозу в печени и кишечнике, с последующим использованием в этой форме	Наследственная нетолерантность к фруктозе приводит к накоплению фруктозы и гипогликемии
D-Галактоза	Гидролиз лактозы	Может превращаться в глюкозу в печени и затем использоваться в процессах метаболизма. Синтезируется в молочных железах, входит в состав лактозы молока. Компонент гликолипидов и гликопротеинов	Нарушение метаболических превращений галактозы приводит к развитию галактоземии и образованию катаракты
D-Манноза	Гидролиз растительных маннанов и камедей	Компонент многих гликопротеинов	

Сахар	Местонахождение	Биохимическое значение	Клиническое значение
D-Рибоза	Нуклеиновые кислоты	Структурный элемент нуклеиновых кислот и коферментов (например, АТФ, NAD, NADP, флавопротеинов). Является промежуточным соединением пентозофосфатного пути	
D-Рибулоза	Образуется в ходе метаболизма	Промежуточное соединение пентозофосфатного пути	
D-Арабиноза	Гуммиарабик, сливовая и вишневая мякоть	Компонент гликопротеинов	
D-Ксилоза	Древесная смола, протеогликаны, гликозаминогликаны	Компонент гликопротеинов	
D-Ликсоза	Сердечная мышца	Компонент ликсофлавина, выделяемого из сердечной мышцы человека	
L-Ксилулоза	Промежуточное соединение метаболизма уроновой кислоты		Обнаруживается в моче при пентозурии