

Биохимия и молекулярная биология

*Лекция 1. Обмен веществ и
энергии в живых системах.
Обмен углеводов.*

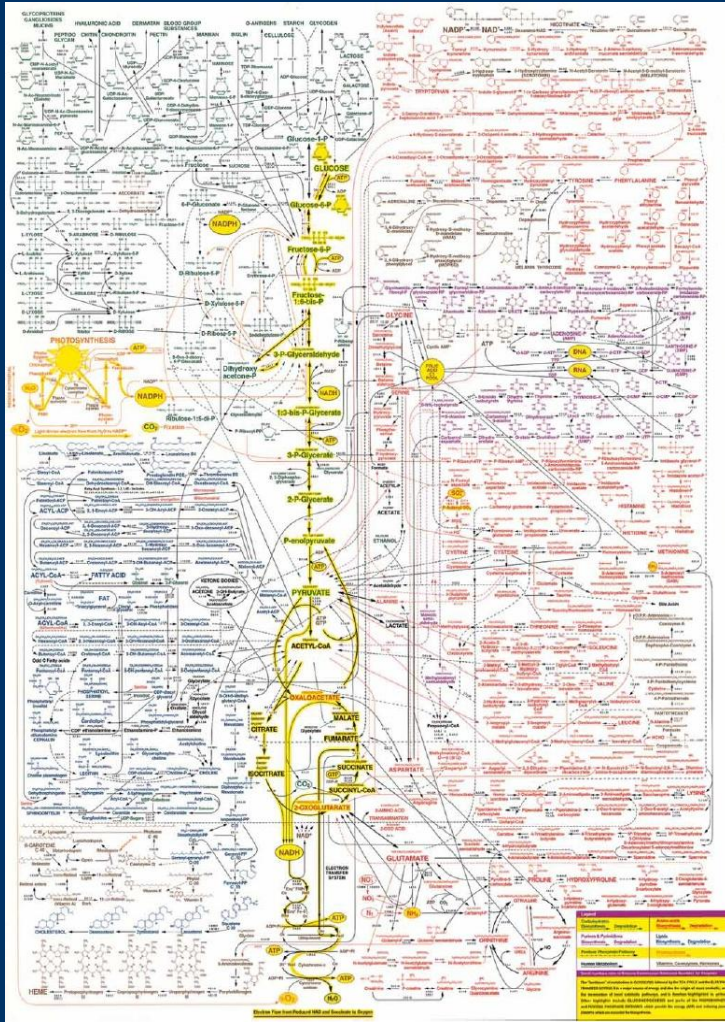
План лекции

- **Понятие метаболизма. Центральные и специальные метаболические пути**
- **Катаболические, анаболические, амфиболические пути**
- **Обмен углеводов**
- **Расщепление углеводов в желудочно-кишечном тракте.**
- **Всасывание моносахаридов в тонком кишечнике и их дальнейший транспорт. Глюкозные транспортеры.**

Понятие метаболизма

Понятие метаболизма

Метаболизм – от греческого “*менять*” (*обмен веществ*) представляет собой совокупность всех химических реакций, происходящих в организме.



Обмен веществ и энергии в живых системах. Обмен углеводов

Метаболизм выполняет четыре специфические функции:

1) снабжение химической энергией, которая извлекается из богатых энергией пищевых веществ, поступающих в организм из среды, или путем преобразования улавливаемой энергии солнечного света;

2) превращение молекул пищевых веществ в строительные блоки;

3) синтез белков, нуклеиновых кислот, липидов, полисахаридов и прочих клеточных компонентов из этих строительных блоков;

4) синтез и расщепление тех биомолекул, выполняют какие-либо специфические функции данной клетки.

В обмене веществ выделяют внешний и промежуточный обмен:

- *Внешний обмен* – внеклеточное переваривание веществ при поступлении и выделении из организма.
- *Промежуточный обмен* - превращение веществ внутри клеток с момента их поступления до образования конечных продуктов.

Попав внутрь клетки, питательное вещество метаболизируется, то есть претерпевает ряд химических изменений, которые катализируются ферментами.

Определённая последовательность таких химических изменений называется *метаболическим путём*, а образующиеся промежуточные продукты – метаболитами.

Существуют разные типы метаболических путей.

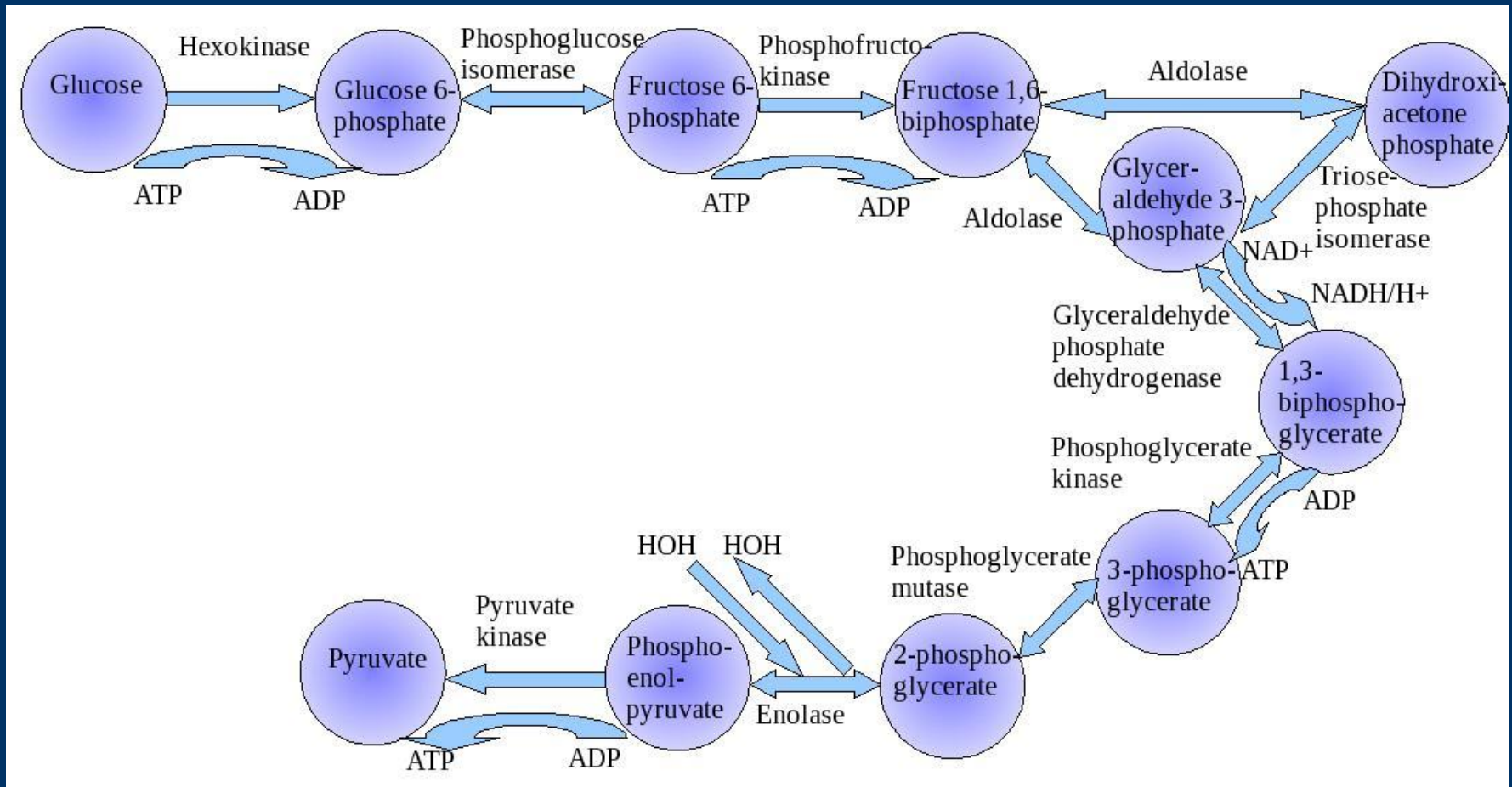
Линейный метаболический путь



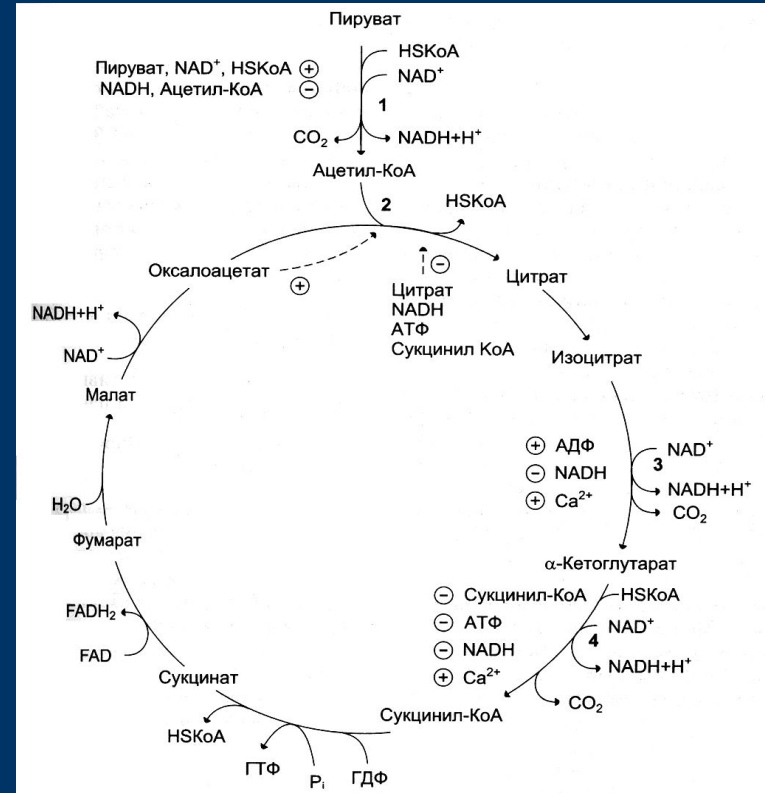
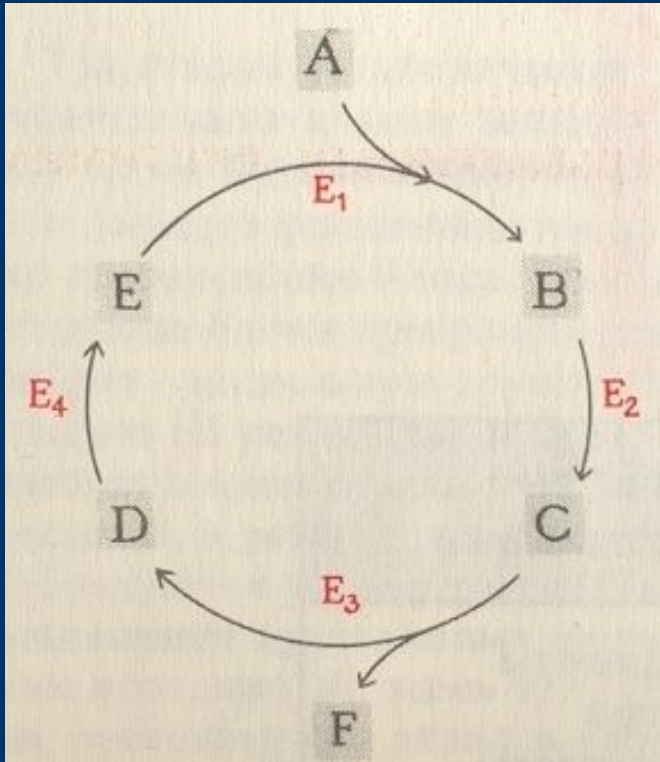
A – предшественник; E – продукт; B, C, D – промежуточные продукты, метаболиты; E1, E2, E3, E4 – ферменты.

Предшественник A превращается в продукт E в результате четырех последовательных ферментативных реакций. Продукт одной ферментативной реакции служит при этом субстратом следующей.

Линейный метаболический путь - гликолиз

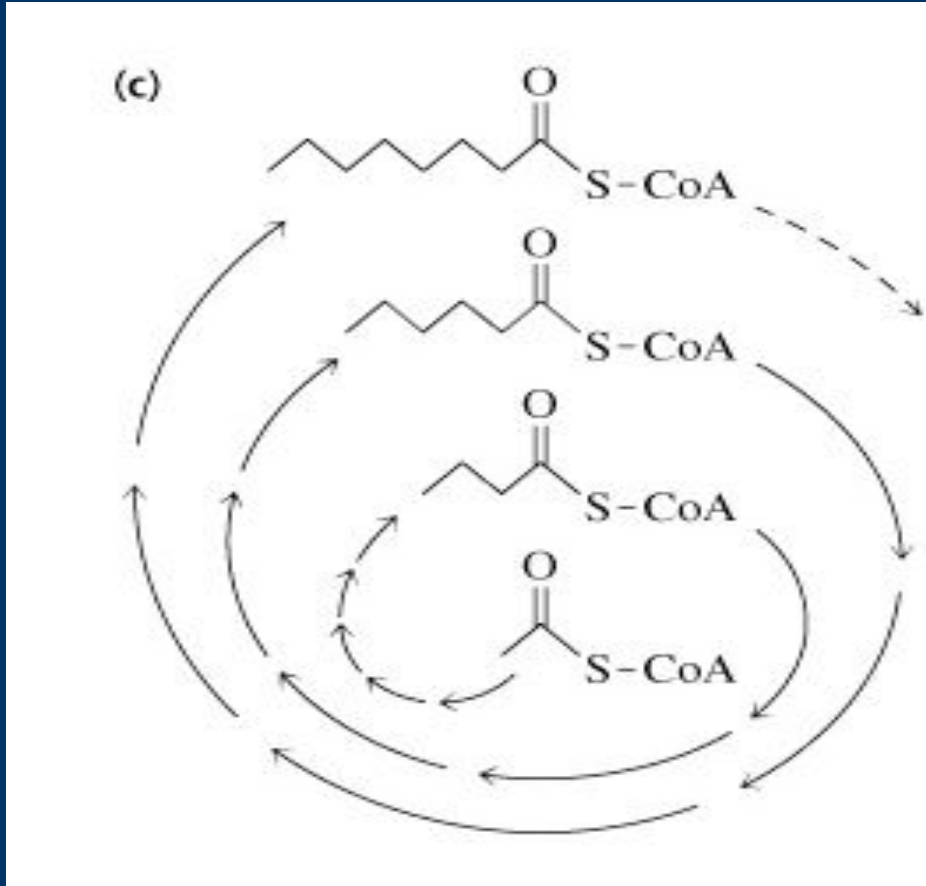


Циклический метаболический путь



Цикл Кребса

Спиральный метаболический путь



Биосинтез жирной
кислоты (спираль Линнена)

Все метаболические пути делят на центральные и специальные.

Центральные метаболические пути - пути превращения основных пищевых веществ клетки - углеводов, жиров, белков и нуклеиновых кислот. Они немногочисленны и сходны почти у всех живых форм.

Специальные метаболические пути - пути образования различных специализированных веществ, требующихся клеткам в малых количествах (гормоны, пигменты, токсины, антибиотики, алкалоиды и др.). Они составляют, так называемый, вторичный метаболизм.

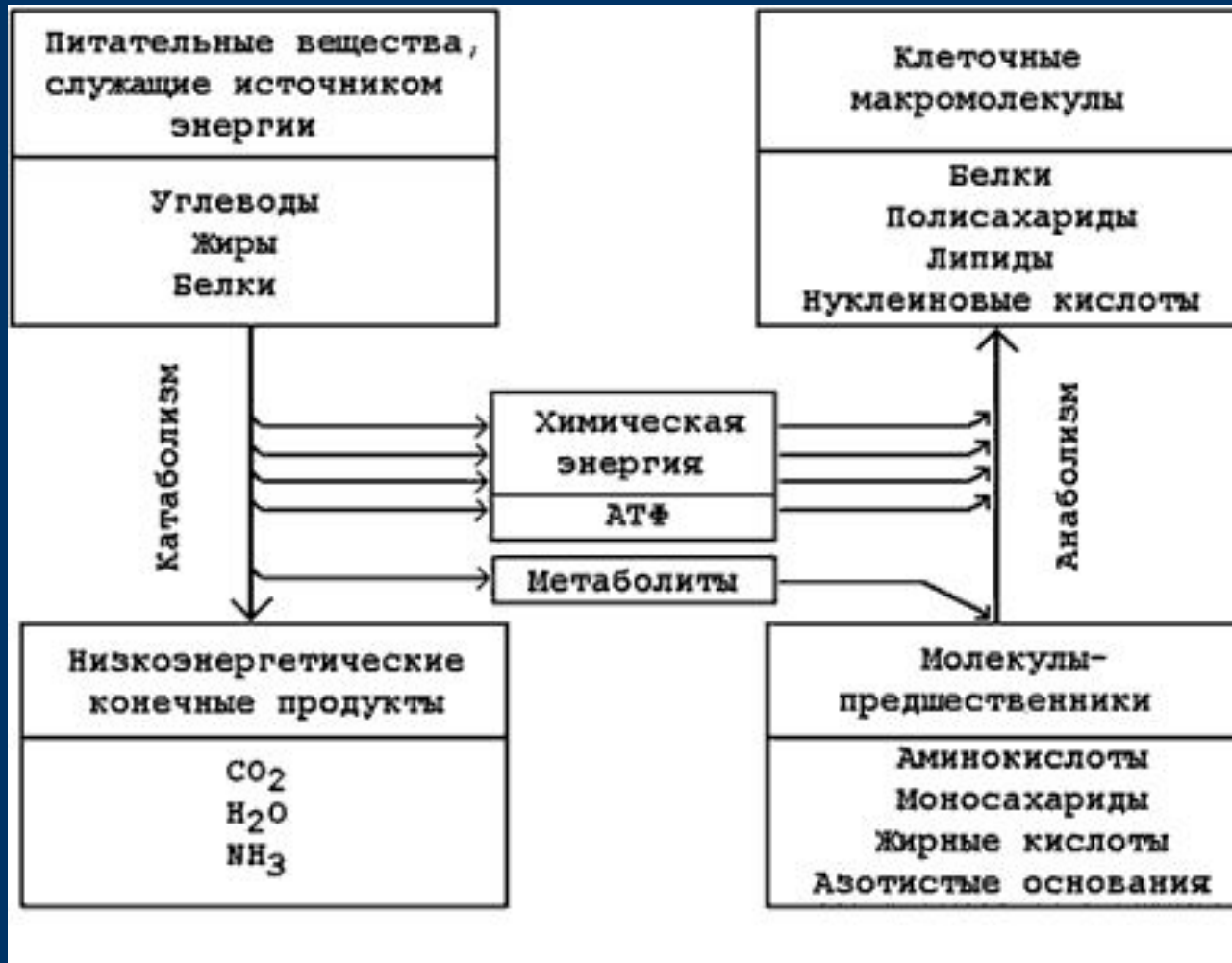
Понятие метаболизма

Обмен веществ (метаболизм) можно разделить на два взаимосвязанных, но разнонаправленных процесса: анаболизм (ассимиляция) и катаболизм (диссимиляция).

Анаболизм – объединяет все реакции, связанные с синтезом необходимых для организма веществ, их использованием для роста, развития и жизнедеятельности организма.

Катаболизм – это совокупность процессов расщепления сложных молекул до более простых веществ с использованием части из них в качестве субстратов для биосинтеза и расщеплением другой части до конечных продуктов метаболизма с образованием энергии.

Взаимосвязь между катаболизмом и анаболизмом



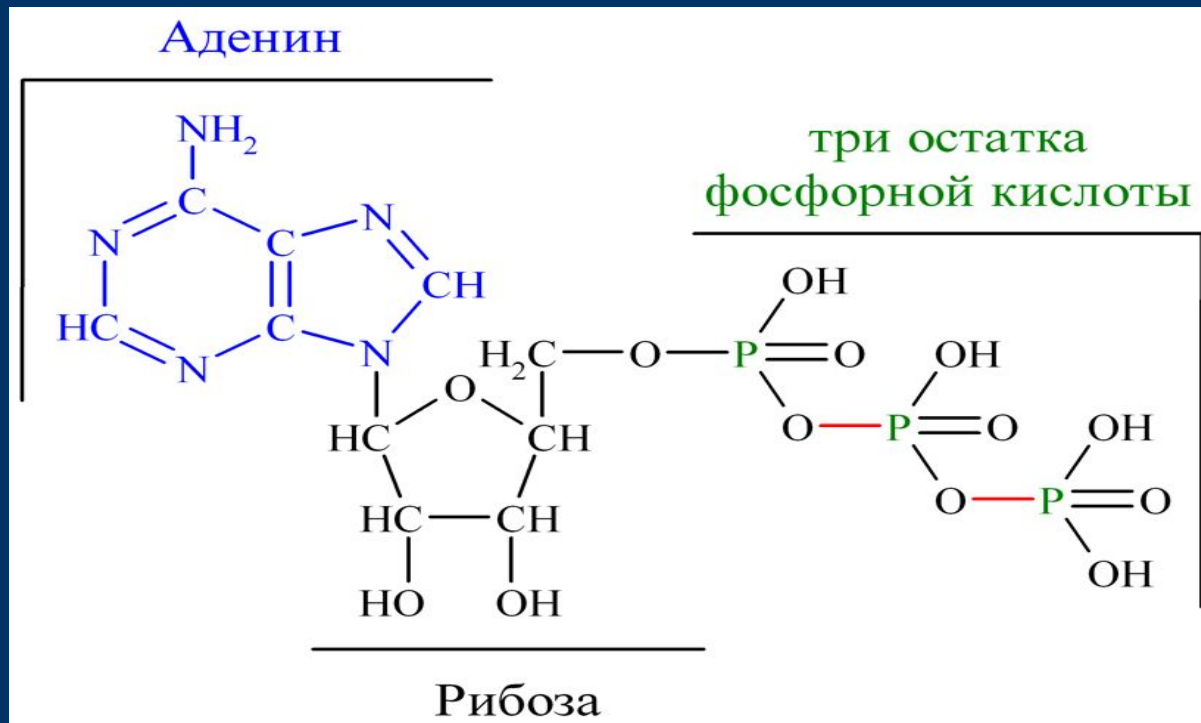
Катаболизм объединяет процессы деградации, в которых органические молекулы пищи (углеводы, жиры и белки) превращаются в более простые конечные продукты (молочная кислота, **CO₂**, **NH₃**).

Анаболизм, называемый также *биосинтезом*, - включает процессы, при которых из малых молекул-предшественников, или «строительных блоков», синтезируются более крупные и сложные молекулы – жиры, полисахариды, белки и нуклеиновые кислоты.

Общую стадию катаболических и анаболических путей называют иногда *амфиболической* стадией метаболизма (от греч. «**amfi**»-оба).

Понятие метаболизма

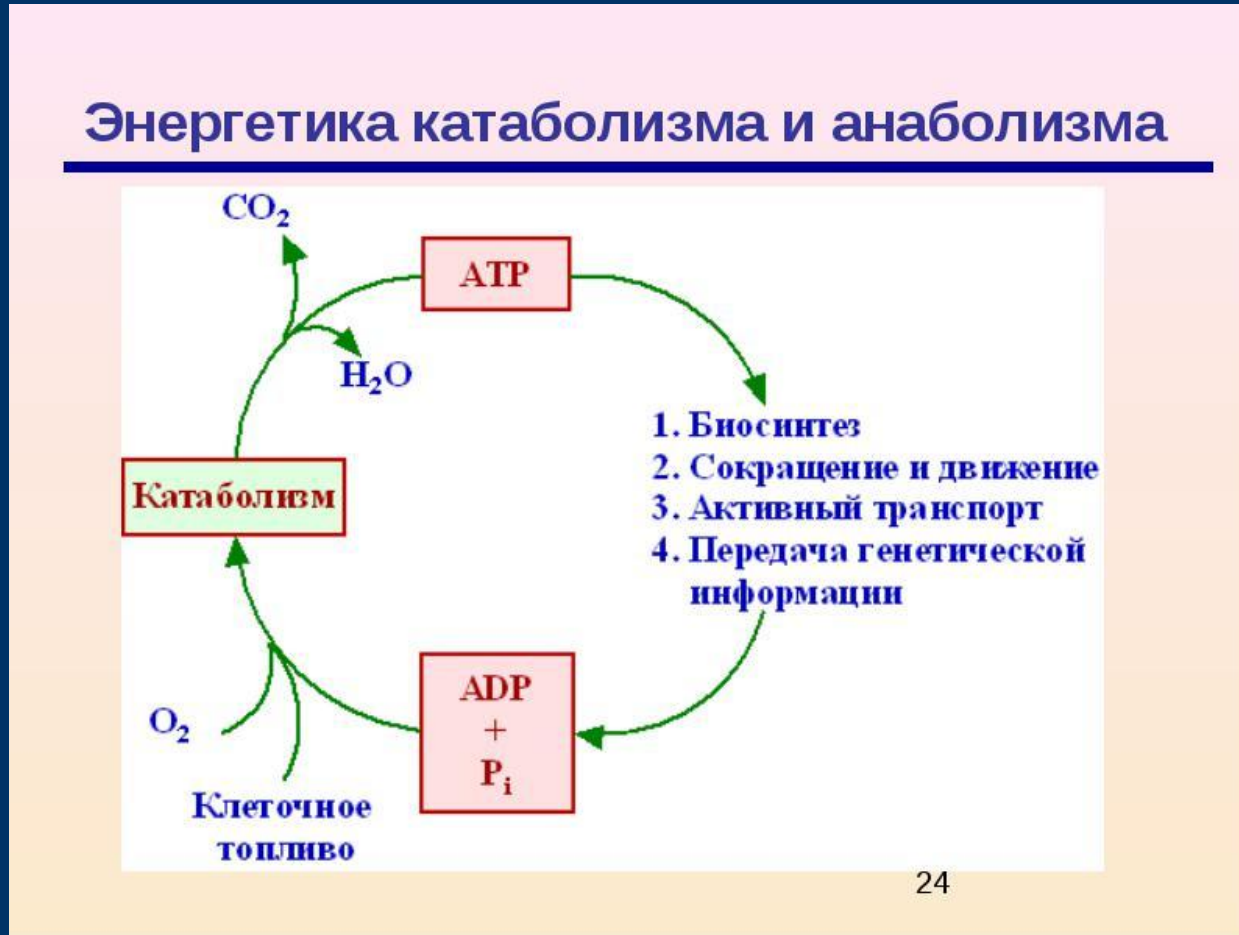
Процессы, протекающие с выделением и потреблением энергии, связаны между собой. Центральную роль в этой взаимосвязи выполняет *АТР - основное высокоэнергетическое соединение* клетки.



Обмен веществ и энергии в живых системах. Обмен углеводов

- 1.** АТФ поставляет энергию для процессов биосинтеза.
- 2.** АТФ служит источником энергии для процессов движения и сокращения.
- 3.** За счет энергии АТФ происходит перенос питательных веществ через мембраны против градиента концентрации.
- 4.** Энергия АТФ используется в очень тонких механизмах, обеспечивающих передачу генетической информации при биосинтезе ДНК, РНК и белков.

Энергетика катаболизма и анаболизма

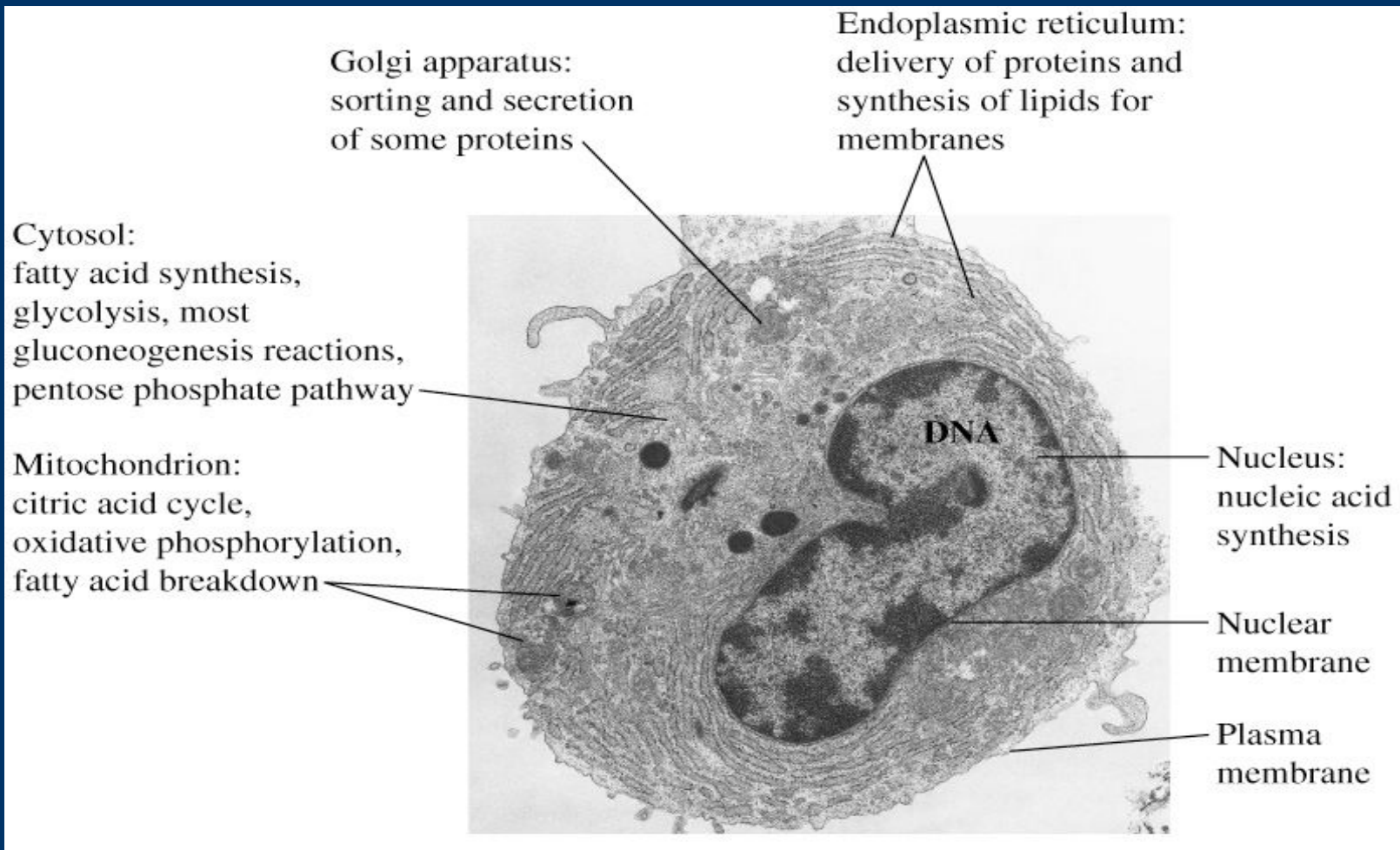


Катаболические и анаболические реакции протекают одновременно, однако их скорости регулируются независимо, они часто локализованы в разных участках клетки. Метаболические пути регулируются на нескольких уровнях, как внутри клетки, так и внеклеточно.

- 1)** Аллостерическая регуляция метаболитами, сигнализирующими о состоянии метаболизма внутри клетки.
- 2)** Регуляция при участии гормонов и ростовых факторов, которые действуют снаружи клетки.
- 3)** Регуляция на уровне транскрипции.

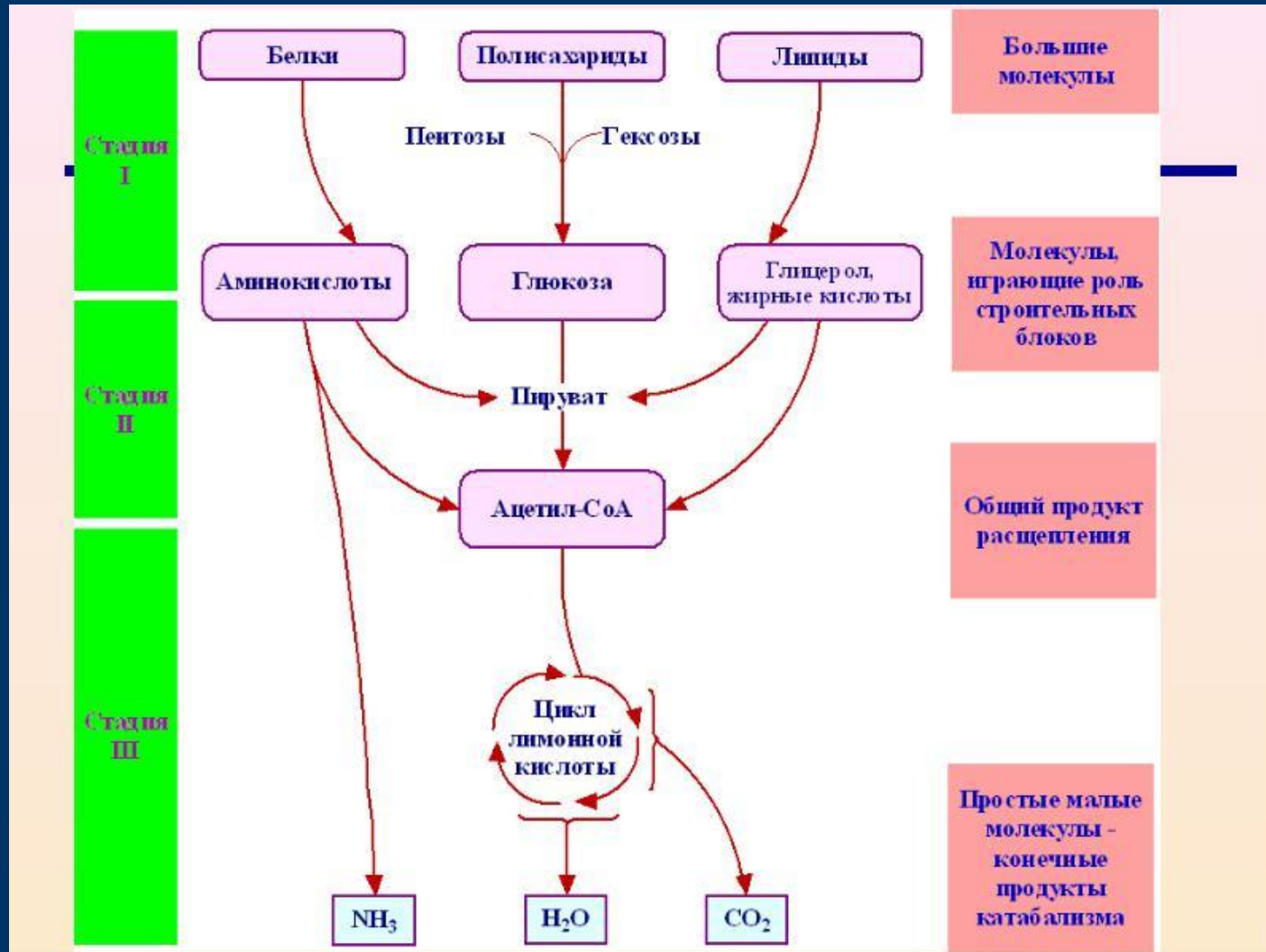
Понятие метаболизма

Компартментализация метаболических процессов в клетке



Обмен веществ и энергии в живых системах. Обмен углеводов

Стадии катаболизма



Стадии катаболизма

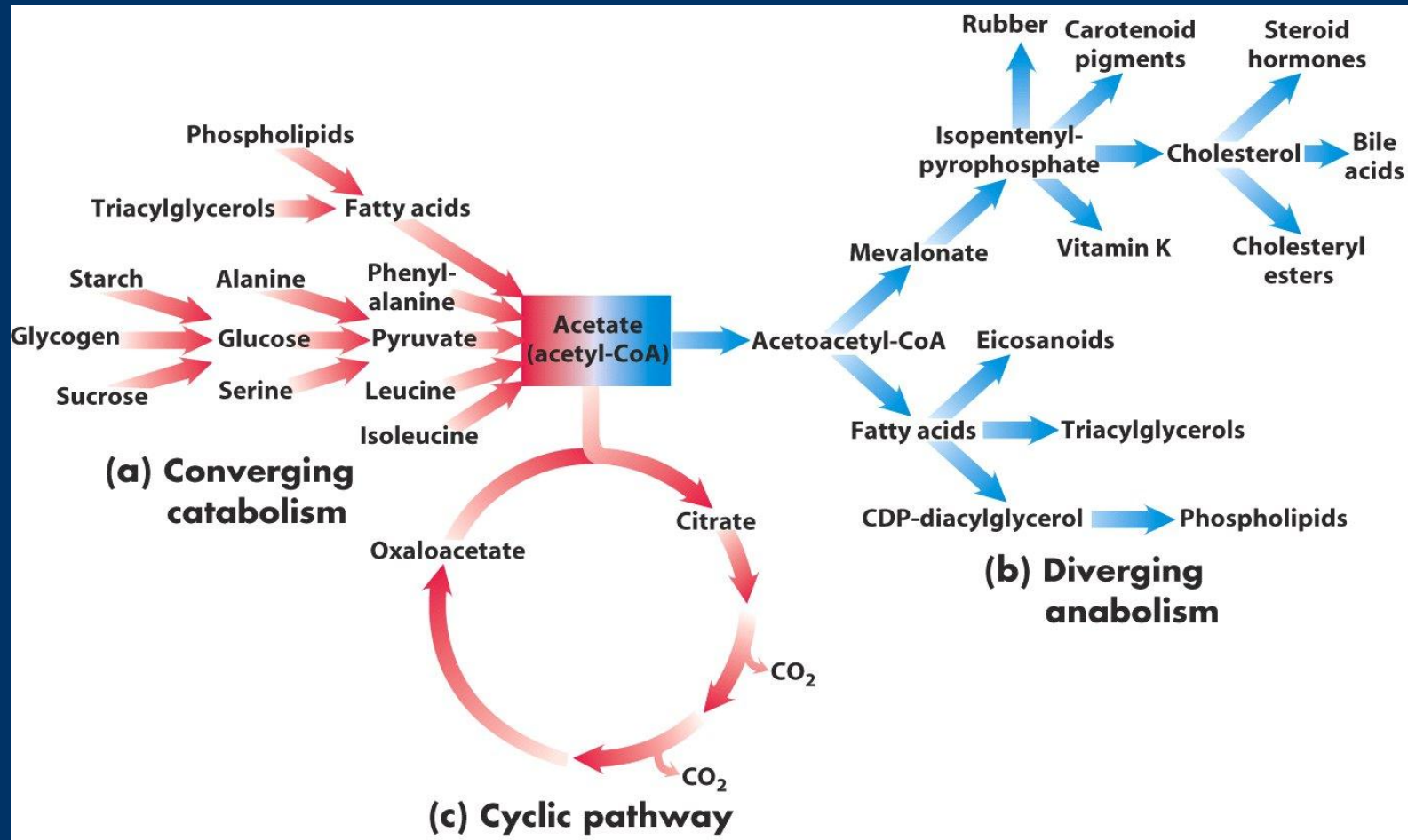
Три стадии катаболических превращений основных питательных веществ клетки.

На стадии I сотни белков и многие виды полисахаридов и липидов расщепляются на составляющие их строительные блоки.

На стадии II эти строительные блоки превращаются в один общий продукт - ацетильную группу ацетил-СоА.

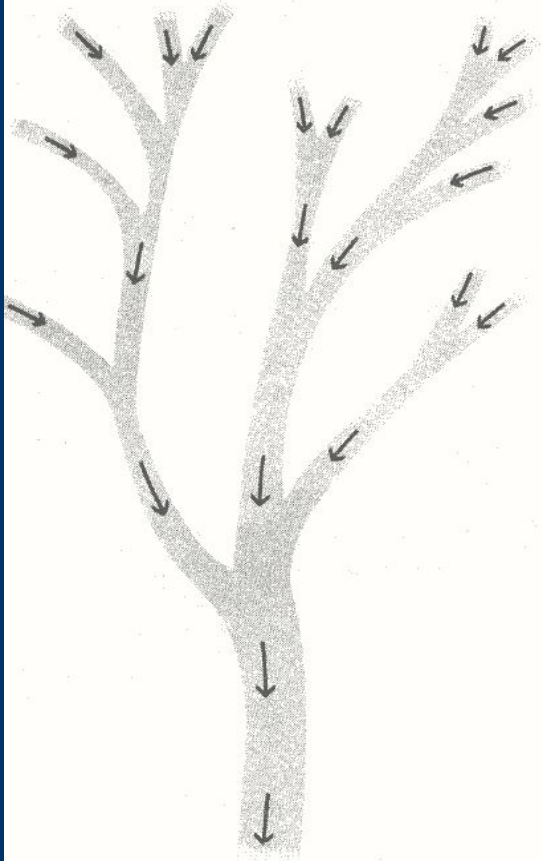
На стадии III различные катаболические пути сливаются в один общий путь - цикл лимонной кислоты; в результате всех этих превращений образуются только три конечных продукта.

Конвергентные и дивергентные метаболические пути



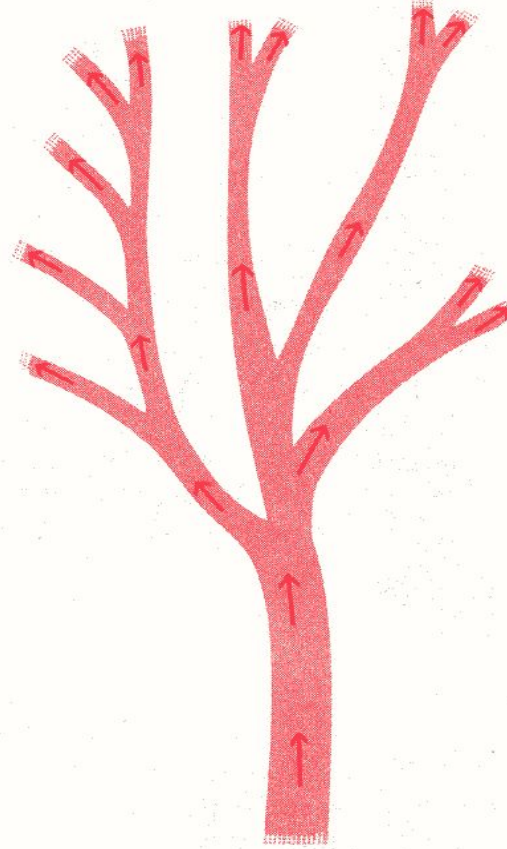
Катаболизм и анаболизм

Сходящиеся катаболические пути



Конечные продукты катаболизма

Расходящиеся биосинтетические пути – из небольшого числа предшественников образуется много разных продуктов



Предшественники продуктов биосинтеза

Обмен веществ и энергии в живых системах

Пищевые углеводы

- Полисахариды (крахмал, гликоген, целлюлоза).
- Олигосахариды.
 - Дисахариды (сахароза, лактоза, мальтоза, трегалоза).
- Моносахариды (глюкоза, манноза, галактоза) – минимальное количество ■

Метаболизм (обмен) углеводов в организме человека состоит в основном из следующих процессов:

1. Расщепление в пищеварительном тракте поступающих с пищей полисахаридов и дисахаридов до моносахаридов. Всасывание моносахаридов из кишечника в кровь.
2. Гликолиз.
3. Аэробный метаболизм пирувата.
4. Синтез и распад гликогена в тканях, прежде всего в печени.
5. Аэробный путь прямого окисления глюкозы (пентозофосфатный путь).
6. Глюконеогенез, или образование углеводов из неуглеводных продуктов.

Амилолитические ферменты

- Амилолитические ферменты (гликозидазы) относятся к классу гидролаз.
- Два типа ферментов необходимы для расщепления углеводов: амилазы (слюнная и панкреатическая) и дисахаридазы (мальтаза, изомальтаза, сахараза, лактаза, трегалаза).

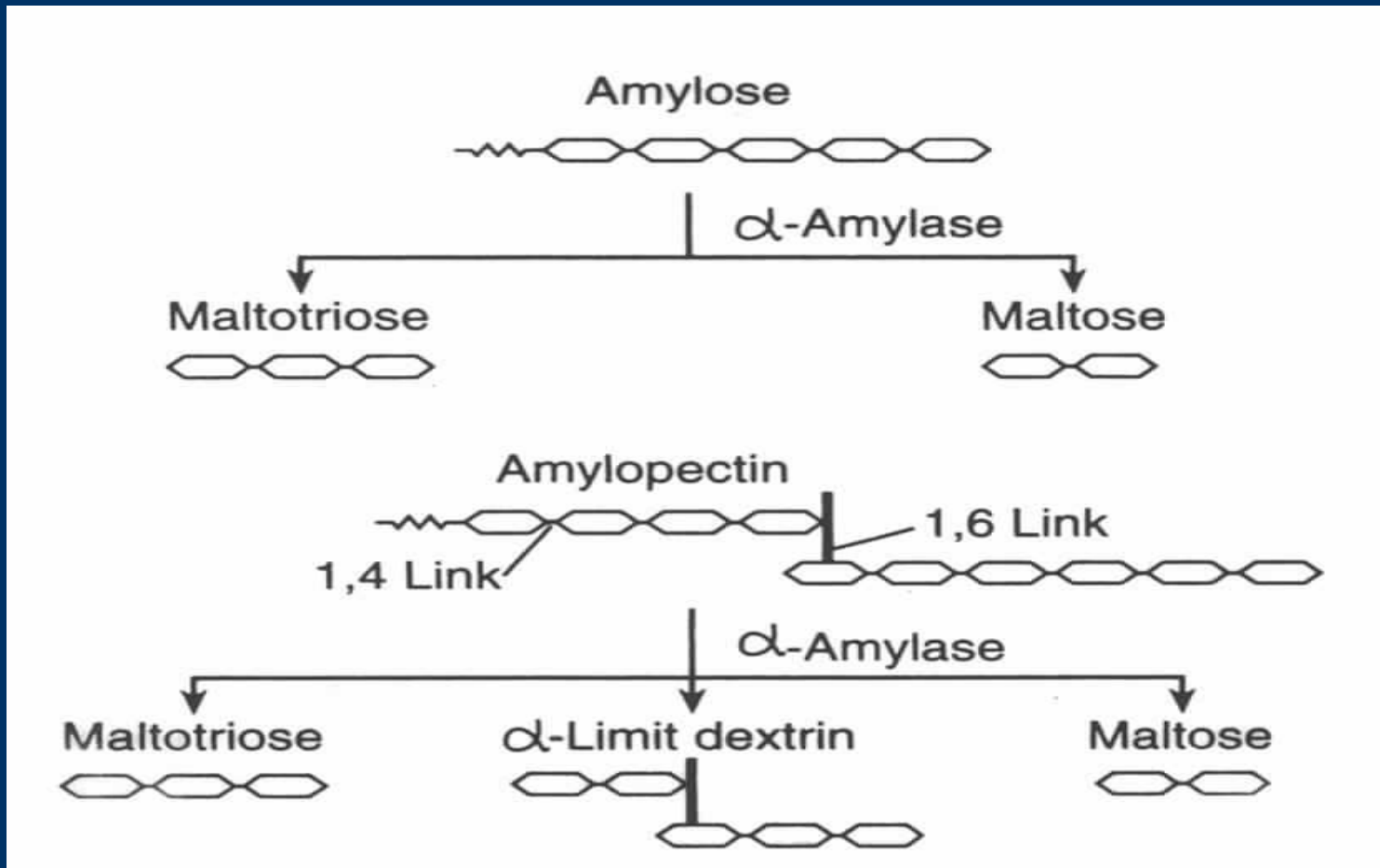
α -Амилаза слюны

- Локализация – ротовая полость.
- Оптимум pH **6,7** (от **6,6** до **6,8**).
- Активируется ионами **Cl⁻**
- Гидролизует α -**1,4**-гликозидные связи внутри полисахаридной цепи (эндогликозидаза), не расщепляет **1,6**-связи.
- Действие α -амилазы слюны останавливается в желудке при снижении pH до **1,5 – 2,5**.

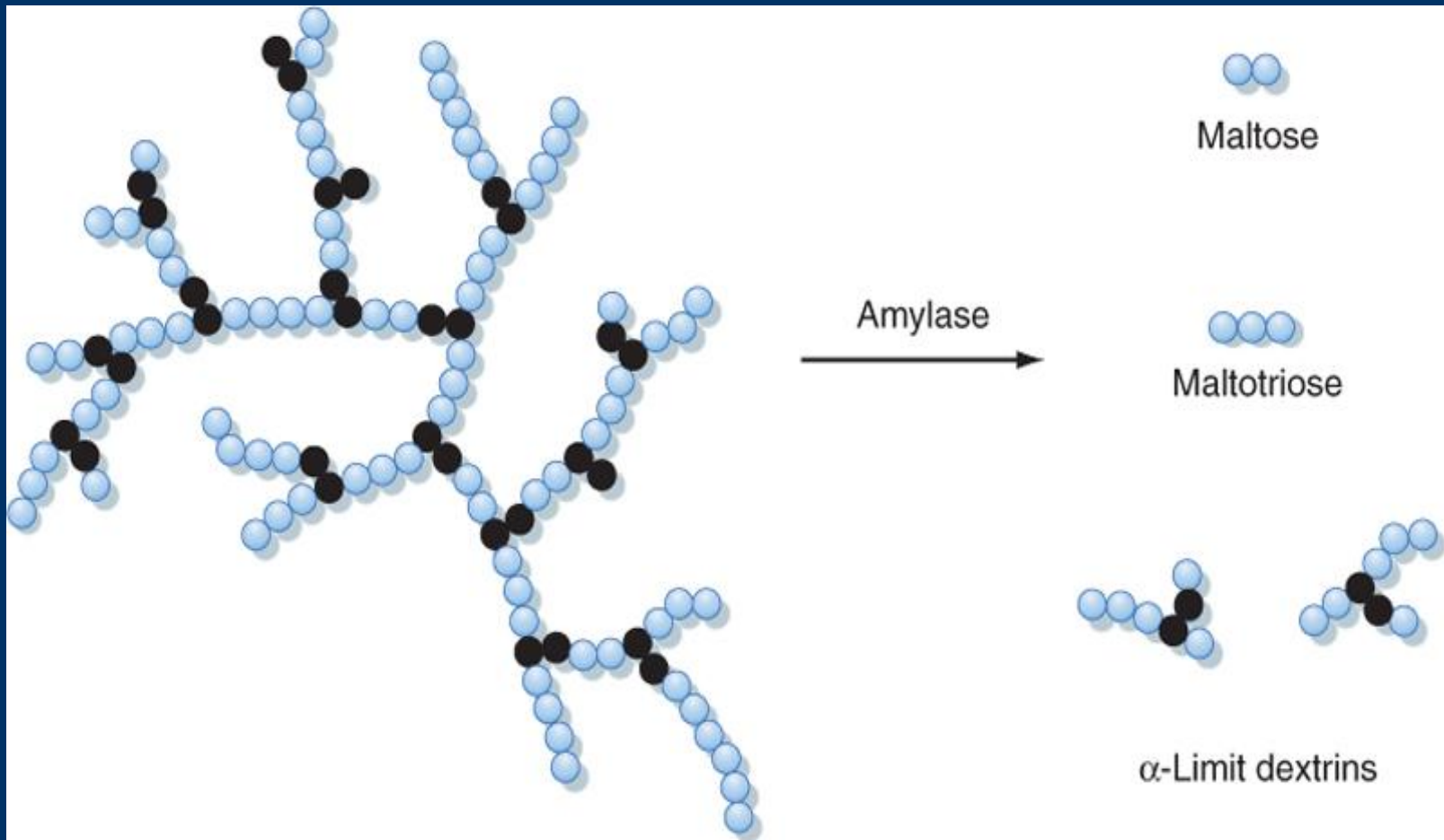
Панкреатическая α -амилаза

- Оптимум pH **7,1**.
- Как и α -амилаза слюны, активируется ионами **Cl⁻**
- Гидролизует α -**1,4**-гликозидные связи внутри полисахаридной молекулы (эндогликозидаза), не расщепляет **1,6**-связи.

Продукты расщепления углеводов панкреатической α -амилазой



Продукты расщепления углеводов панкреатической α -амилазой



Расщепление углеводов в тонком кишечнике

Полостное пищеварение:

- Амилаза
- Амило-**1,6**-глюкозидаза и олиго-**1,6**-глюкозидаза
- Дисахаридазы (небольшое количество)

Пристеночное пищеварение:

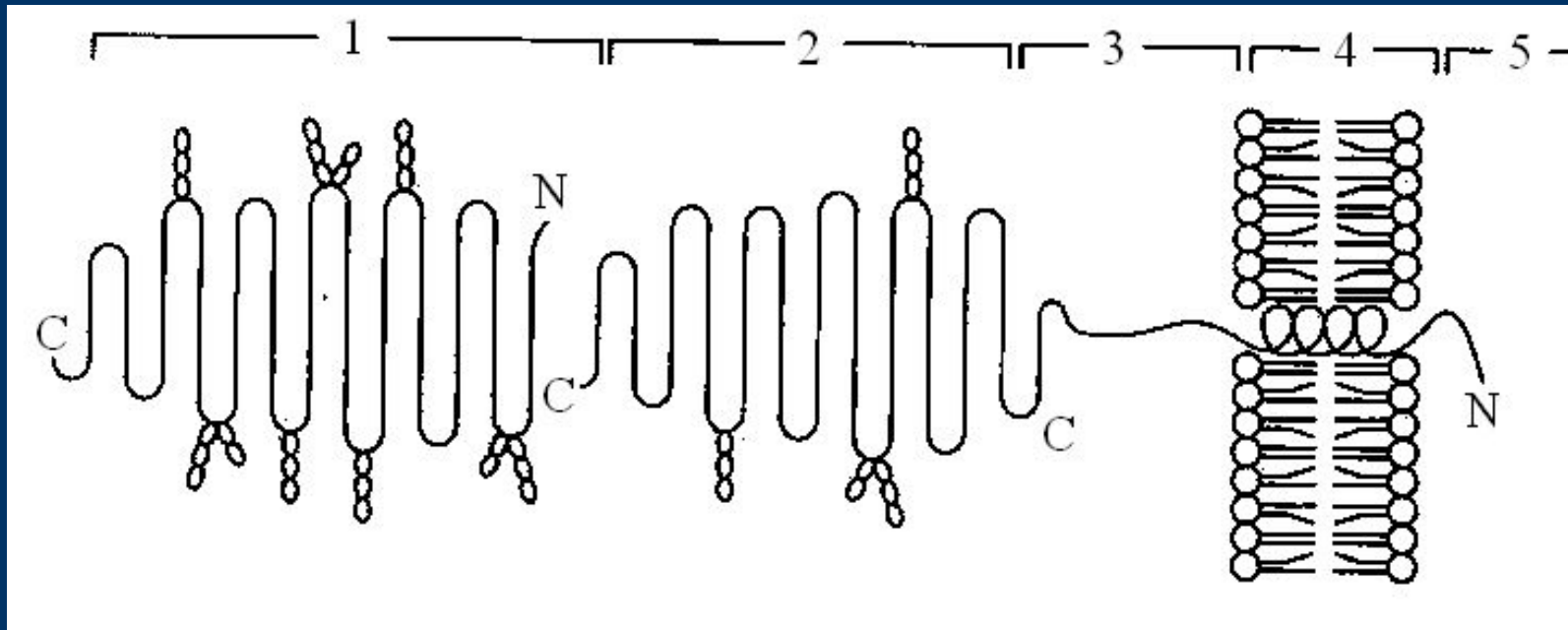
- Основная масса дисахаридаз
- Амилаза (небольшое количество)

Дисахаридазы

Ферменты, расщепляющие гликозидные связи в дисахаридах (**дисахаридазы**), образуют **ферментативные комплексы**, локализованные на наружной поверхности цитоплазматической мембраны энтероцитов. Выделяют следующие ферментативные комплексы:

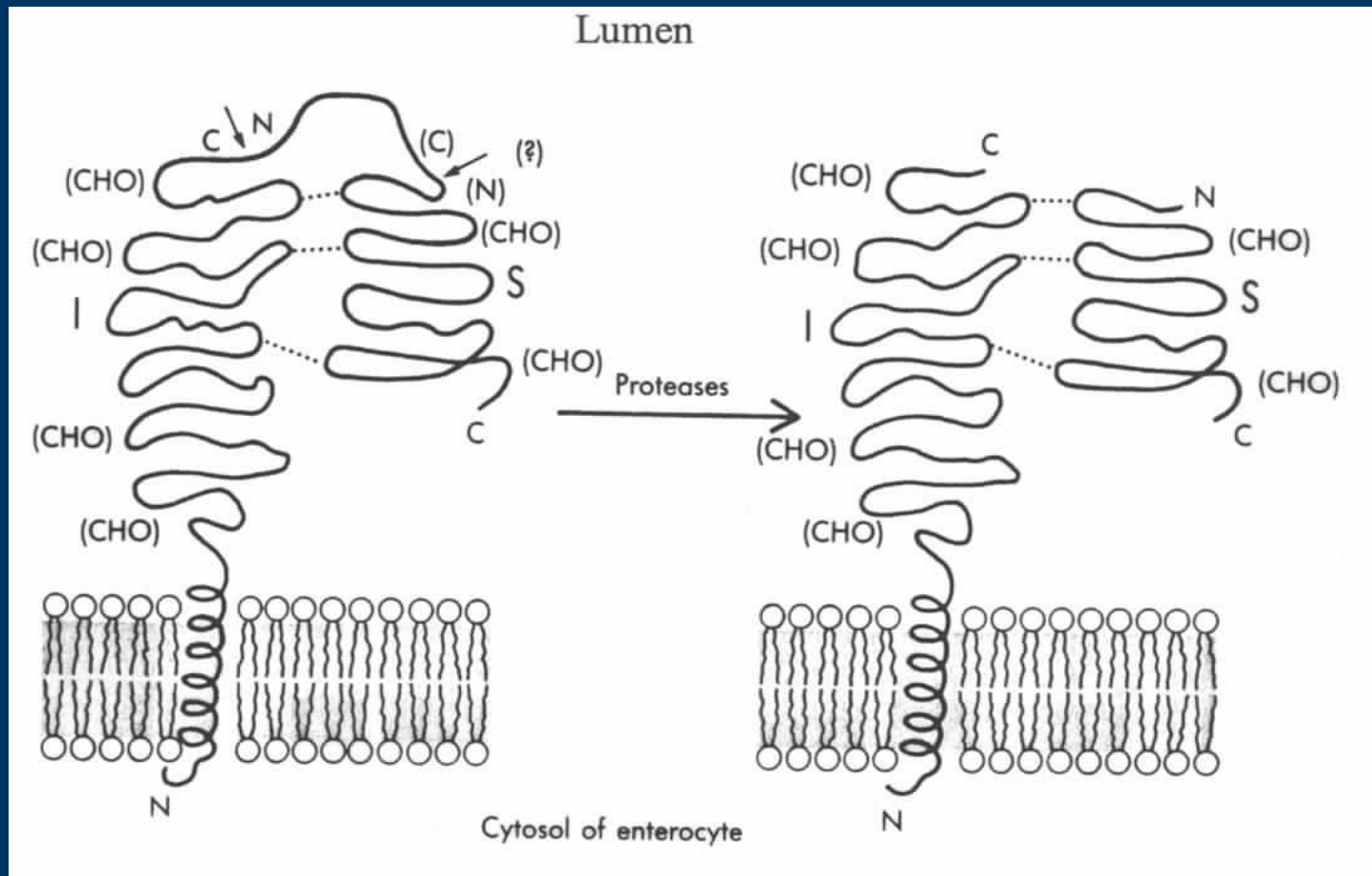
- 1.Сахарозо-изомальтазный комплекс;**
- 2.Гликоамилазный комплекс;**
- 3.β-Гликозидазный комплекс (лактаза);**
- 4.Трегалаза.**

Сахарозо-изомальтазный комплекс



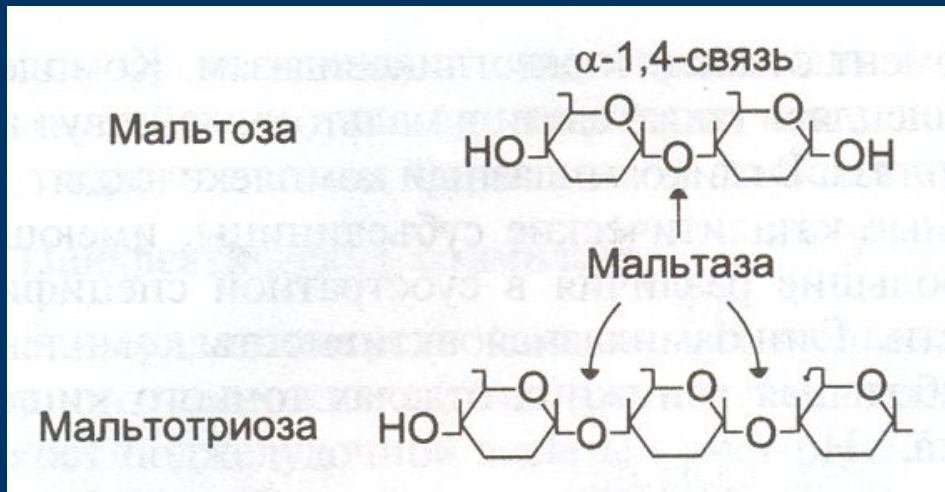
1 – сахараза; **2** – изомальтаза; **3** – связывающий домен; **4** – трансмембранный домен; **5** – цитоплазматический домен

Расщепление углеводов в ЖКТ

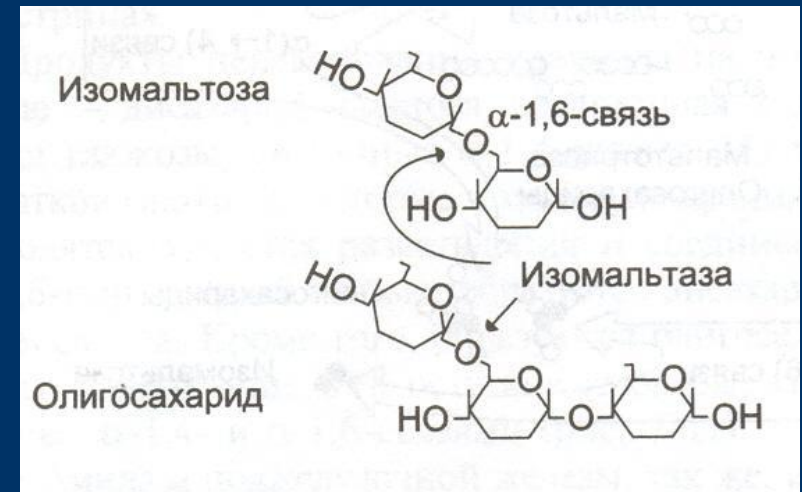


Сахарозо-изомальтазный комплекс

Действие сахарозо-изомальтазного комплекса

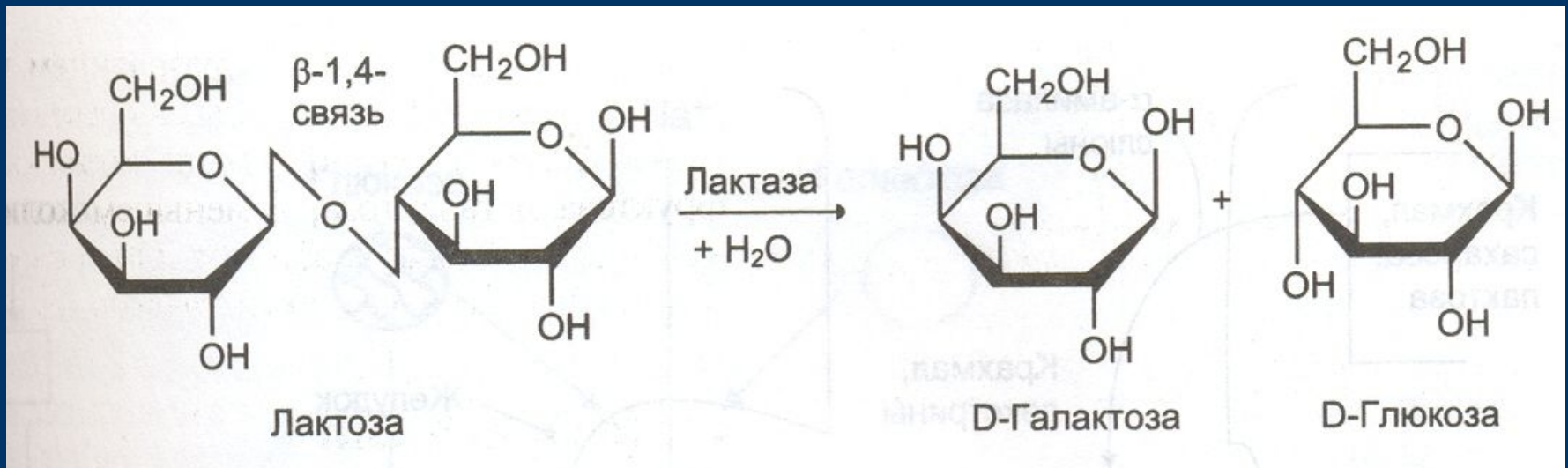


Действие сахарозо-изомальтазного комплекса на мальтозу и мальтотриозу

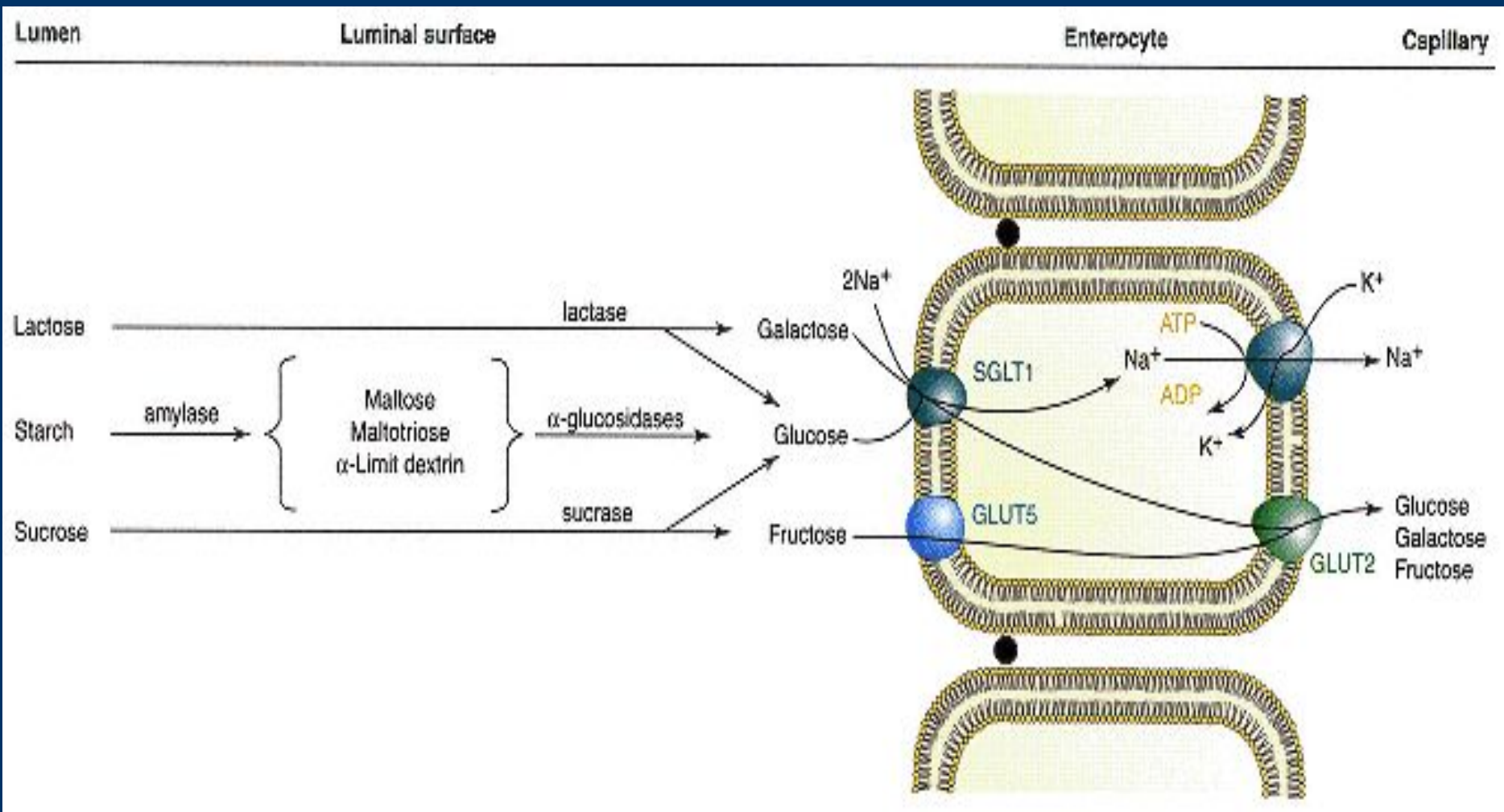


Действие сахарозо-изомальтазного комплекса на изомальтозу и олигосахарид

Действие β -гликозидазного комплекса (лактазы)



Расщепление углеводов в ЖКТ

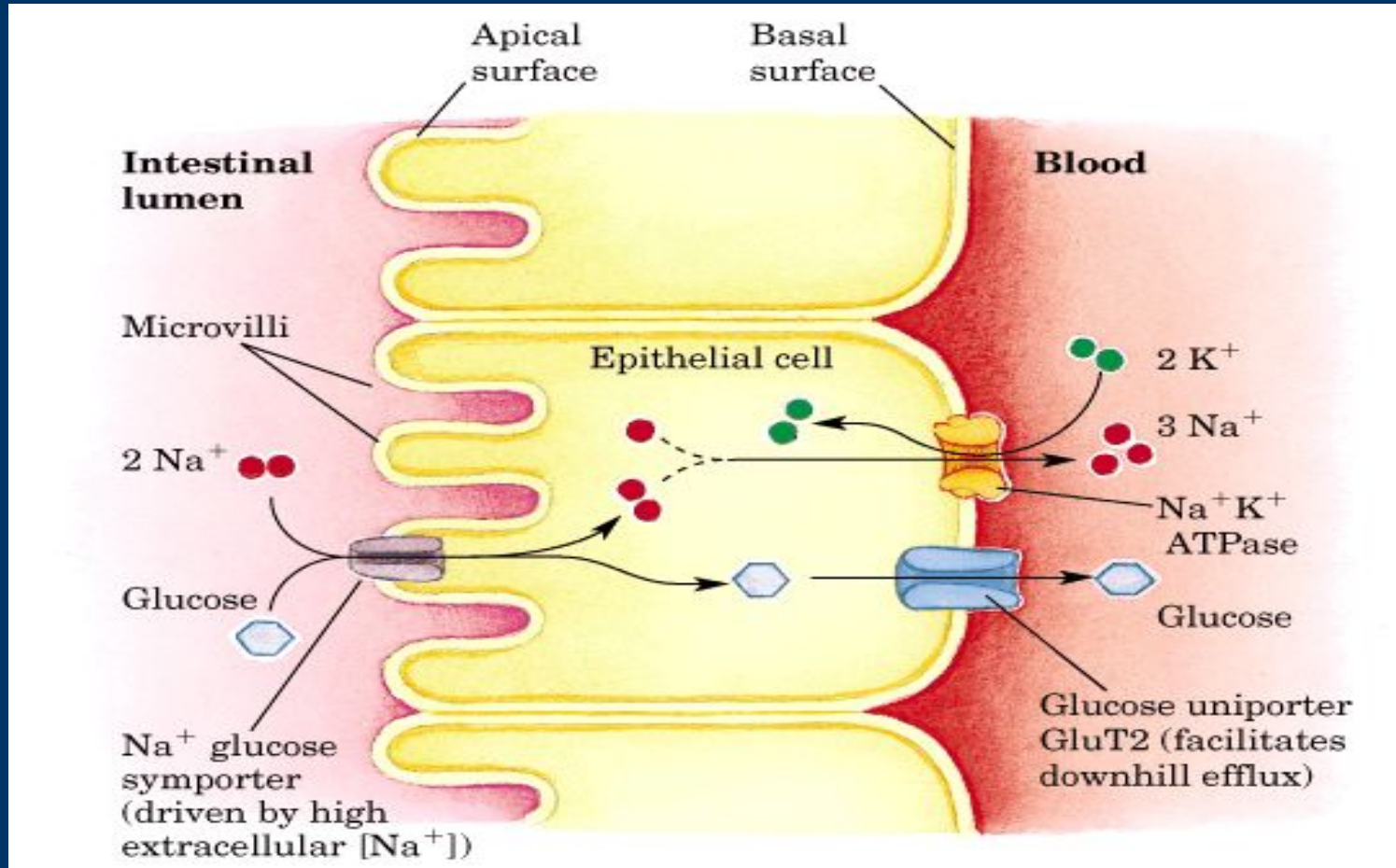


Всасывание моносахаридов в кишечнике

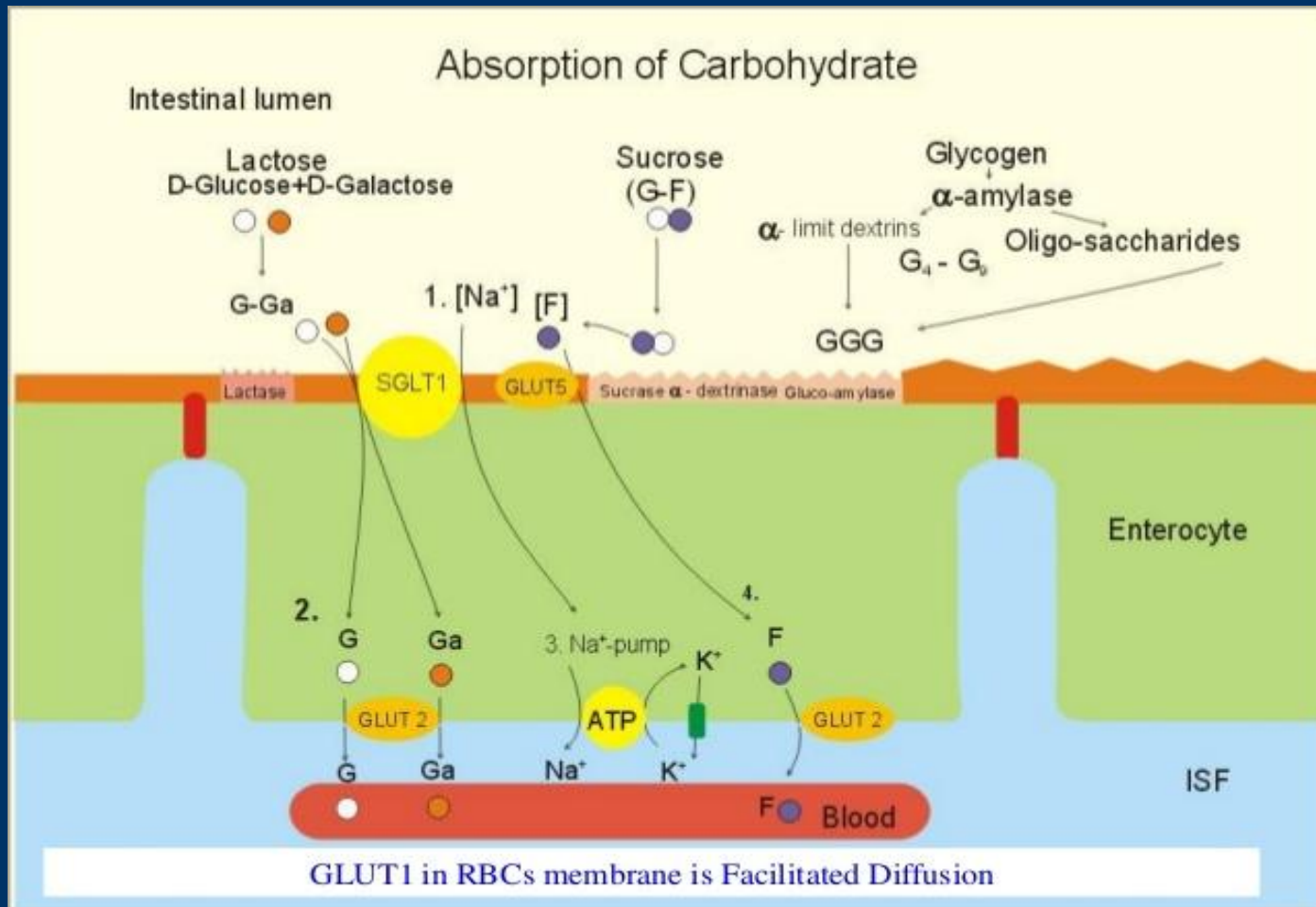
Всасывание моносахаридов из кишечника происходит путём **облегчённой диффузии** с помощью специальных белков-переносчиков (**транспортёров**). Кроме того, глюкоза и галактоза транспортируются в энтероцит **путём вторично-активного транспорта**, зависящего от градиента концентрации ионов натрия.

Белки-транспортёры, зависящие от градиента **Na⁺**, обеспечивают всасывание глюкозы из просвета кишечника в энтероцит против градиента концентрации. Концентрация **Na⁺**, необходимая для этого транспорта, обеспечивается **Na⁺,K⁺-АТФ-азой**, которая работает как насос, откачивая из клетки **Na⁺** в обмен на **K⁺**. В отличие от глюкозы, фруктоза транспортируется системой, не зависящей от градиента натрия.

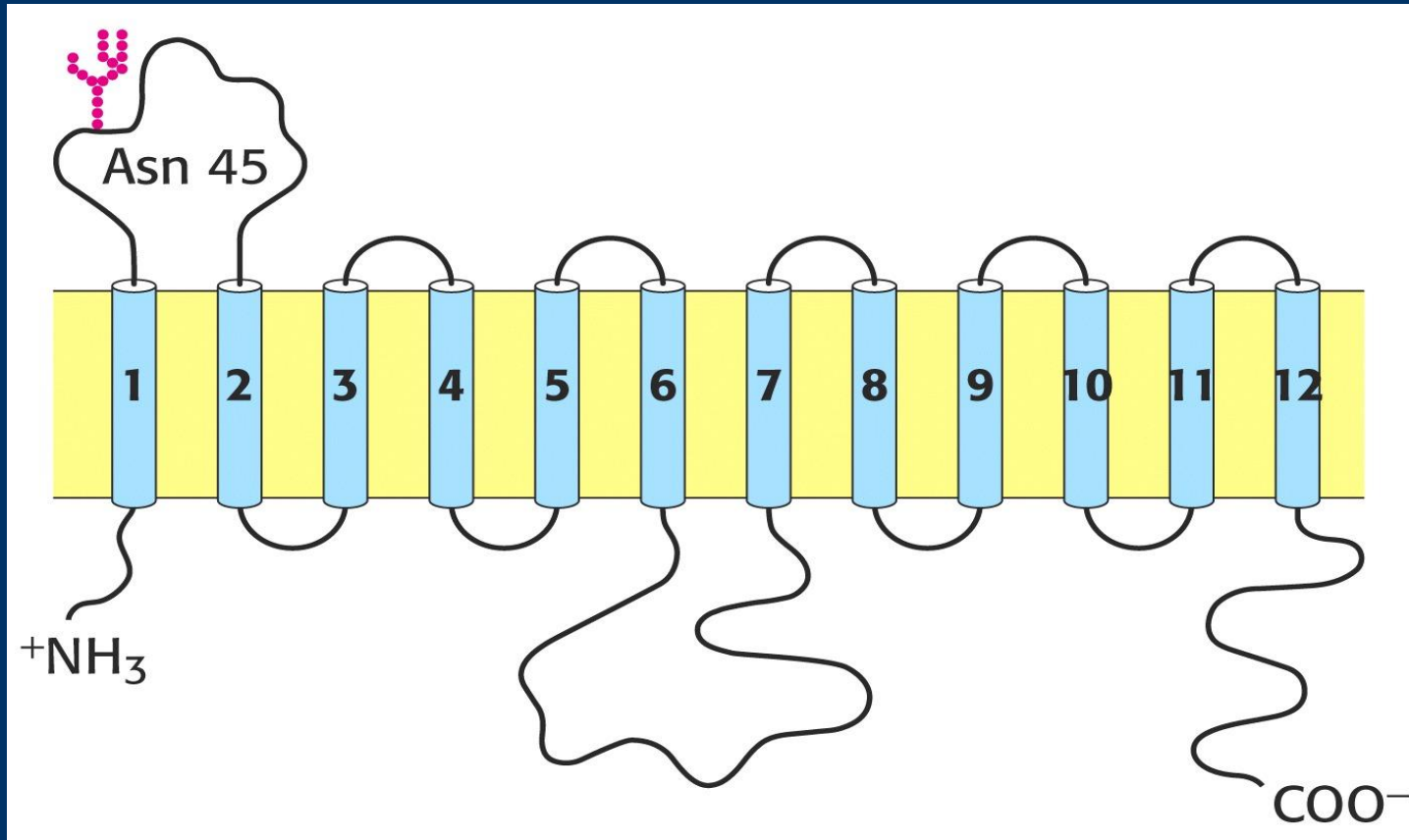
Всасывание моносахаридов в кишечнике



Всасывание моносахаридов в кишечнике



Глюкозный транспортер



Транспорт глюкозы из крови в клетки

Типы ГЛЮТ	Локализация в органах
ГЛЮТ-1	Преимущественно в мозге, плаценте, почках, толстом кишечнике
ГЛЮТ-2	Преимущественно в печени, почках, β -клетках островков Лангерганса, энтероцитах
ГЛЮТ-3	Во многих тканях, включая мозг, плаценту, почки
ГЛЮТ-4 (инсулинзависимый)	В мышцах (скелетной, сердечной), жировой ткани. Содержится в отсутствие инсулина почти полностью в цитоплазме
ГЛЮТ-5	В тонком кишечнике. Переносчик фруктозы