Обмен веществ и энергии в организме человека

1.Обмен веществ

окружающая среда

вещества

• питательные вещества

БЖУ

• **вода**
• **соли**
• **кислород**

химические превращения

синтез → **БЖУ**

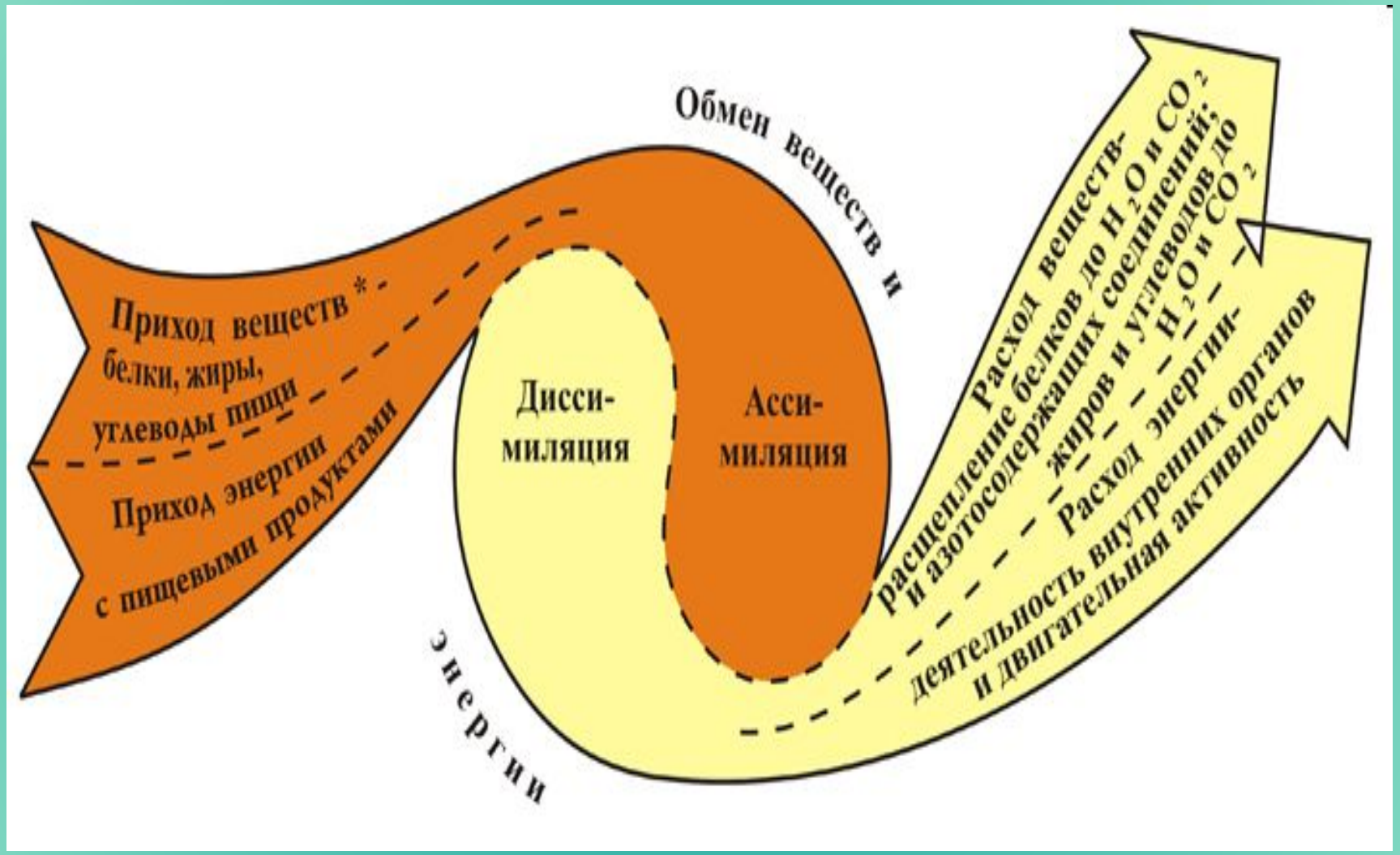
вещества для построения клеток

распад → **Е**

для осуществления процессов жизнедеятельности

вещества*

• **непереваренные остатки**
• **мочевина**
• соли
• **вода**
• **углекислый газ**


Обмен веществ и энергии
Приход веществ *
белки, жиры, углеводы пищи
Приход энергии
с пищевыми продуктами
Дисси-миляция
Асси-миляция
Расход веществ-
расщепление белков до H_2O и CO_2
и азотосодержащих соединений;
жиров и углеводов до
H_2O и CO_2
Расход энергии-
деятельность внутренних органов
и двигательная активность

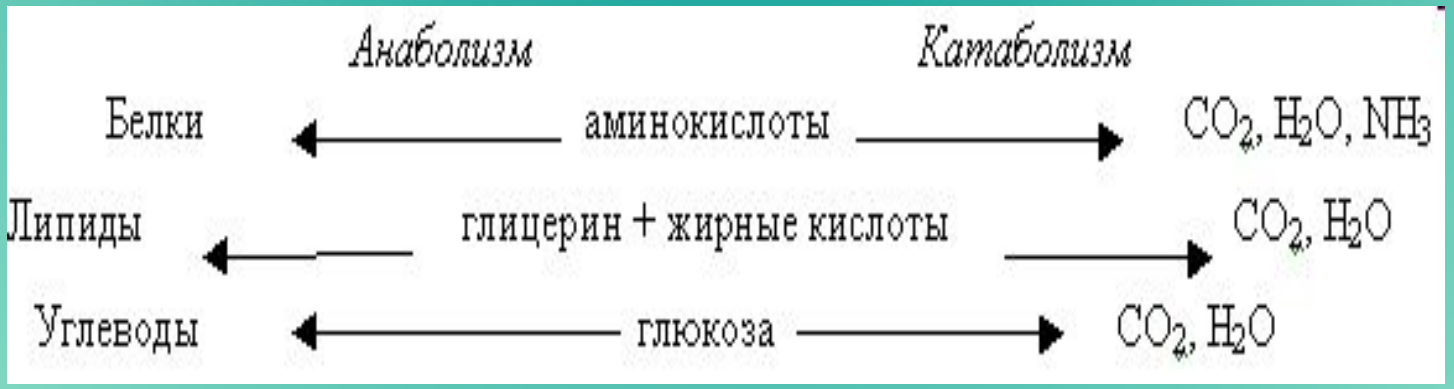
Метаболизм

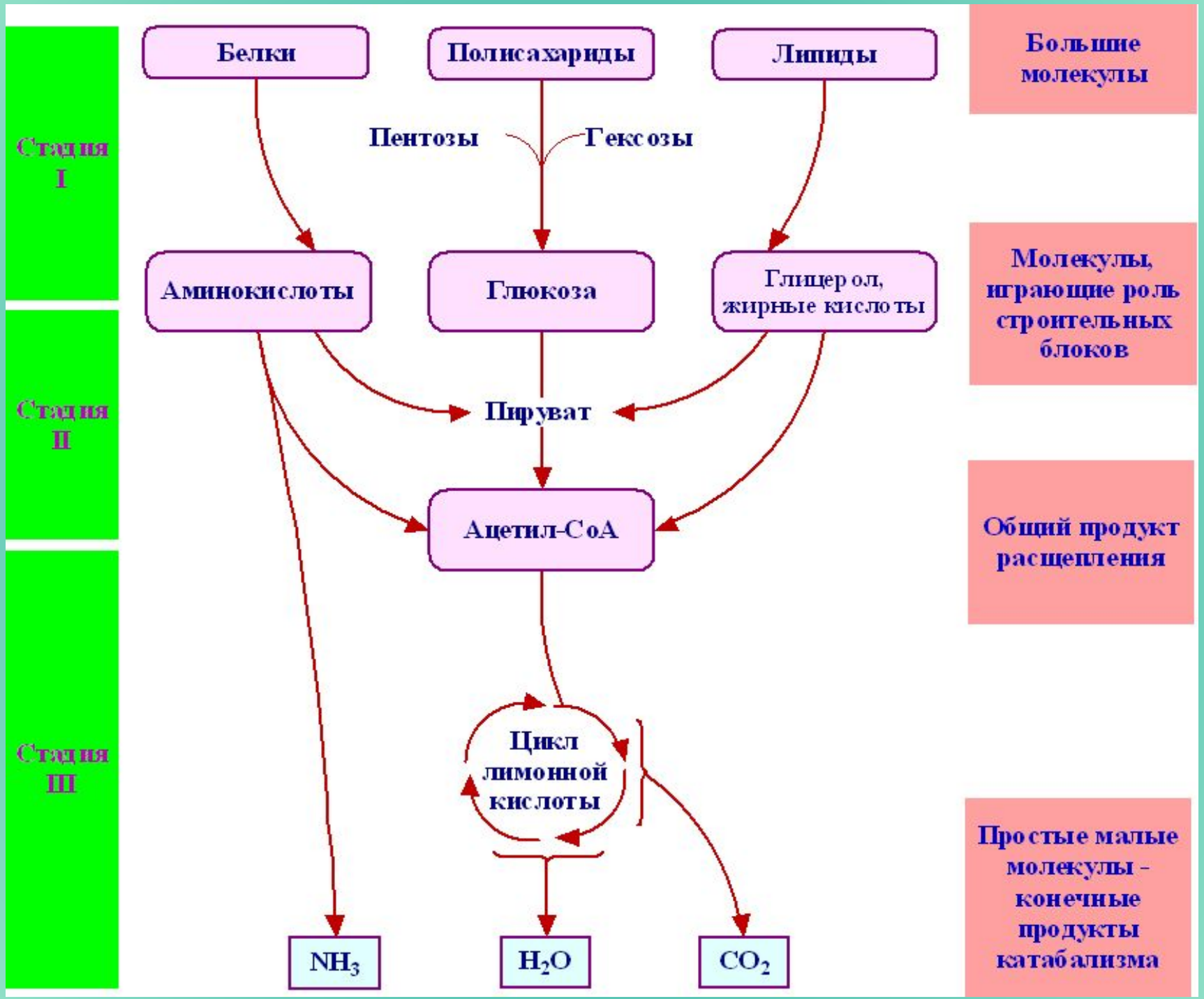
Катаболизм

- **Распад**
- **Большие молекулы – небольшие**
- **Освобождение энергии**

Анаболизм

- **Биосинтез**
- **Небольшие молекулы – большие**
- **Потребление энергии**



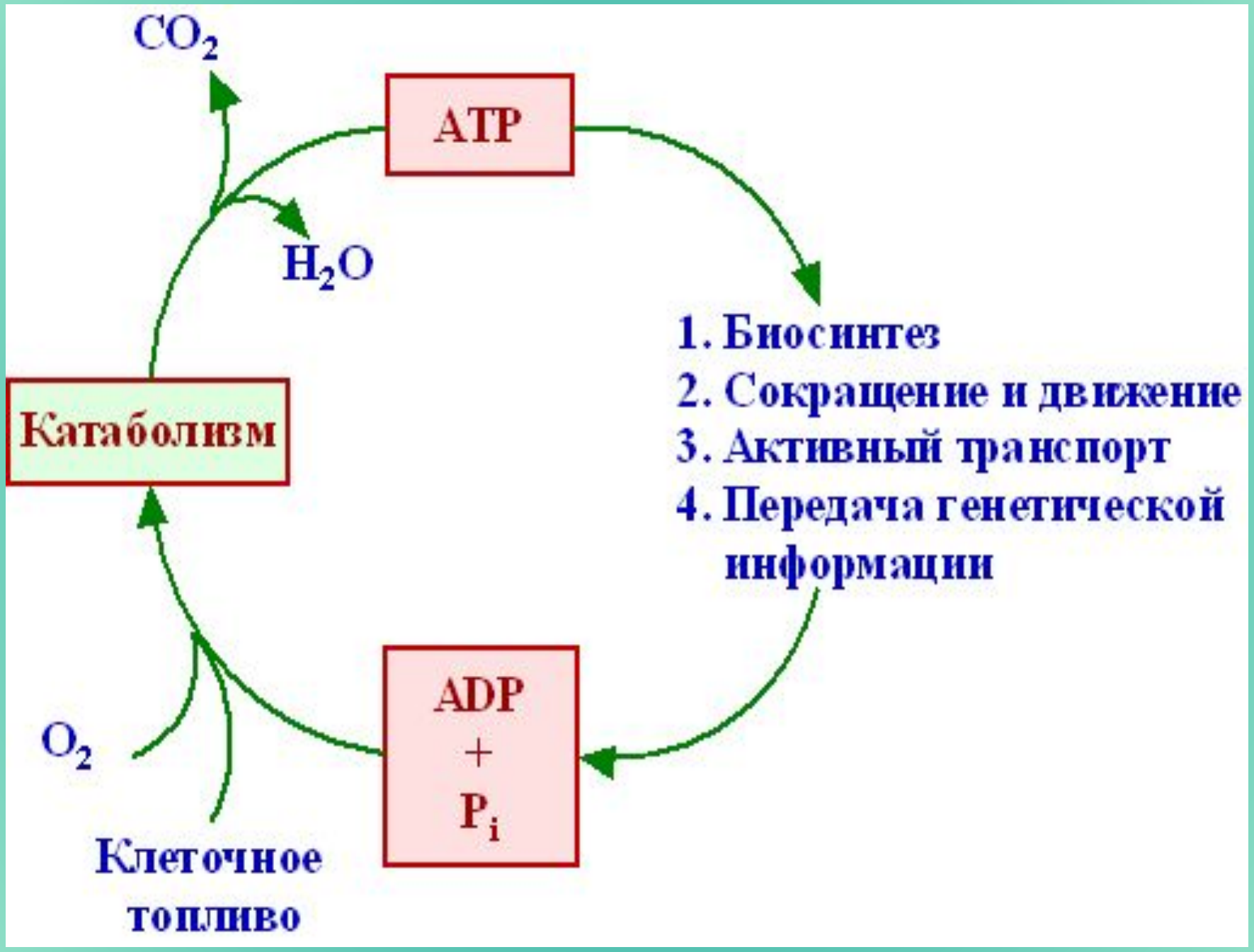

Стадия I
Стадия II
Стадия III
Белки
Полисахариды
Липиды
Пентозы
Гексозы
Аминокислоты
Глюкоза
Глицерол, жирные кислоты
Пируват
Ацетил-CoA
Цикл лимонной кислоты
NH_3
H_2O
CO_2
Большие молекулы
Молекулы, играющие роль строительных блоков
Общий продукт расщепления
Простые малые молекулы - конечные продукты катабализма

Анаболизм

- **Анаболизм** - это совокупность процессов биосинтеза органических веществ (компонентов клетки и других структур органов и тканей). Он обеспечивает рост, развитие, обновление биологических структур, а также накопление энергии (синтез макроэргов). Анаболизм заключается в химической модификации и перестройке поступающих с пищей молекул в другие более сложные биологические молекулы. Например, включение аминокислот в синтезируемые клеткой белки в соответствии с инструкцией, содержащейся в генетическом материале данной клетки.

Катаболизм

- **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. К конечным продуктам метаболизма относятся вода (у человека примерно 350 мл в день), двуокись углерода (около 230 мл/мин), окись углерода (0,007 мл/мин), мочевина (около 30 г/день), а также другие вещества, содержащие азот (примерно б г/день). Катаболизм обеспечивает извлечение химической энергии из содержащихся в пище молекул и использование этой энергии на обеспечение необходимых функций. Например, образование свободных аминокислот в результате расщепления поступающих с пищей белков и последующее окисление этих аминокислот в клетке с образованием CO_2, и H_2O, что сопровождается высвобождением энергии. Процессы анаболизма и катаболизма находятся в организме в состоянии динамического равновесия. Преобладание анаболических процессов над катаболическими приводит к росту, накоплению массы тканей, а преобладание катаболических процессов ведет к частичному разрушению тканевых структур. Состояние равновесного или неравновесного соотношения анаболизма и катаболизма зависит от возраста (в детском возрасте преобладает анаболизм, у взрослых обычно наблюдается равновесие, в старческом возрасте преобладает катаболизм), состояния здоровья, выполняемой организмом физической или психоэмоциональной нагрузки.


CO_2
ATP
H_2O
1. Биосинтез
2. Сокращение и движение
3. Активный транспорт
4. Передача генетической информации
Катаболизм
ADP + P_i
O_2
Клеточное топливо

Энергетика катаболизма и анаболизма

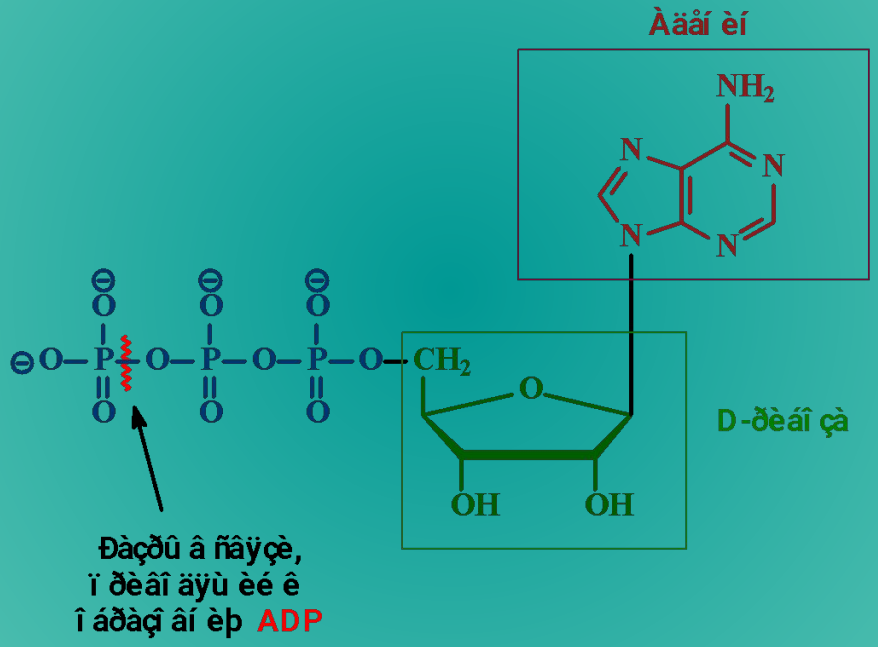
- **АТР поставляет энергию для химической работы биосинтеза.**
- **АТР служит источником энергии для процессов движения и сокращения.**
- **За счет энергии АТР происходит перенос питательных веществ через мембраны против градиента концентрации.**
- **Энергия АТР используется в очень тонких механизмах, обеспечивающих передачу генетической информации при биосинтезе ДНК, РНК и белков; сама информация есть, в сущности, одна из форм энергии.**

Превращение и использование энергии

- В процессе обмена веществ постоянно происходит превращение энергии: энергия сложных органических соединений, поступивших с пищей, превращается в тепловую, механическую и электрическую. Человек и животные получают энергию из окружающей среды в виде потенциальной энергии, заключенной в химических связях молекул жиров, белков и углеводов. Все процессы жизнедеятельности обеспечиваются энергией за счет анаэробного и аэробного метаболизма. Получение энергии без участия кислорода, например, гликолиз, (расщепление глюкозы до молочной кислоты) называется анаэробным обменом. В ходе анаэробного расщепления глюкозы (гликолиза) или ее резервного субстрата гликогена (гликогенолиза) превращение 1 моля глюкозы в 2 моля лактата приводит к образованию 2 молей АТФ. Энергии, образующейся в ходе анаэробных процессов, недостаточно для осуществления активной жизни, реакции, происходящие с участием кислорода, энергетически более эффективны. Все процессы, генерирующие энергию с участием кислорода, называются аэробным обменом. При окислении сложных молекул химические связи разрываются, сначала органические молекулы распадаются до трехуглеродных соединений, которые включаются в цикл Кребса (цикл лимонной кислоты), а далее окисляются до CO2 и H2O.

- Высвободившиеся в этих реакциях протоны и электроны вступают в цепь переноса электронов, в которой кислород служит конечным акцептором электронов. Биологическое окисление в сущности представляет собой "сгорание" вещества при низкой температуре, часть энергии, высвобождающейся при окислении, запасается в высокоэнергетических фосфатных связях аденозинтрифосфата (АТФ). АТФ является аккумулятором химической энергии и средством ее переноса, диффундируя в те места, где она требуется. Общее количество молекул АТФ, образующихся при полном окислении 1 моля глюкозы до CO_2, и H_2O, составляет 25,5 молей. При полном окислении молекулы жиров образуется большее количество молей АТФ, чем при окислении молекулы углеводов.
  Динамика химических превращений, происходящих в клетках, изучается биологической химией. Задачей физиологии является определение общих затрат веществ и энергии организмом и того, как они должны восполняться с помощью полноценного питания. Энергетический обмен служит показателем общего состояния и физиологической активности организма.
  Единица измерения энергии, обычно применяемая в биологии и медицине, - калория (кал). Она определяется как количество энергии, необходимое для повышения температуры 1 г воды на 1°С. В Международной системе единиц (СИ) при измерении энергетических величин используется джоуль (1 ккал= 4,19 кДж).

Энергетика катаболизма и анаболизма



ADP

ATP

Энергетический эквивалент пищи

- Количество энергии, выделяемой при окислении какого-либо соединения, не зависит от числа промежуточных этапов его распада, т.е. от того, сгорело ли оно или окислилось в ходе катаболических процессов. Запас энергии в пище определяется в колориметрической бомбе - замкнутой камере, погруженной в водяную баню. Точно взвешенную пробу помещают в эту камеру, наполненную чистым O_2 и поджигают. Количество выделившейся энергии определяется по изменению температуры воды, окружающей камеру.
  При окислении углеводов выделяется 17,17 кДж/г (4,1 ккал/г), окисление 1 г жира дает 38,96 кДж (9,3 ккал). Запасание энергии в форме жира является наиболее экономичным способом длительного хранения энергии в организме. Белки окисляются в организме не полностью. Аминогруппы отщепляются от молекулы белка и выводятся с мочой в форме мочевины. Поэтому при сжигании белка в калориметрической бомбе выделяется больше энергии, чем при его окислении в организме: при сжигании белка в калориметрической бомбе выделяется 22,61 кДж/г 5,4 ккал/г), а при окислении в организме - 17,17 кДж/г 4,1 ккал/г). Разница приходится на ту энергию, которая выделяется при сжигании мочевины,

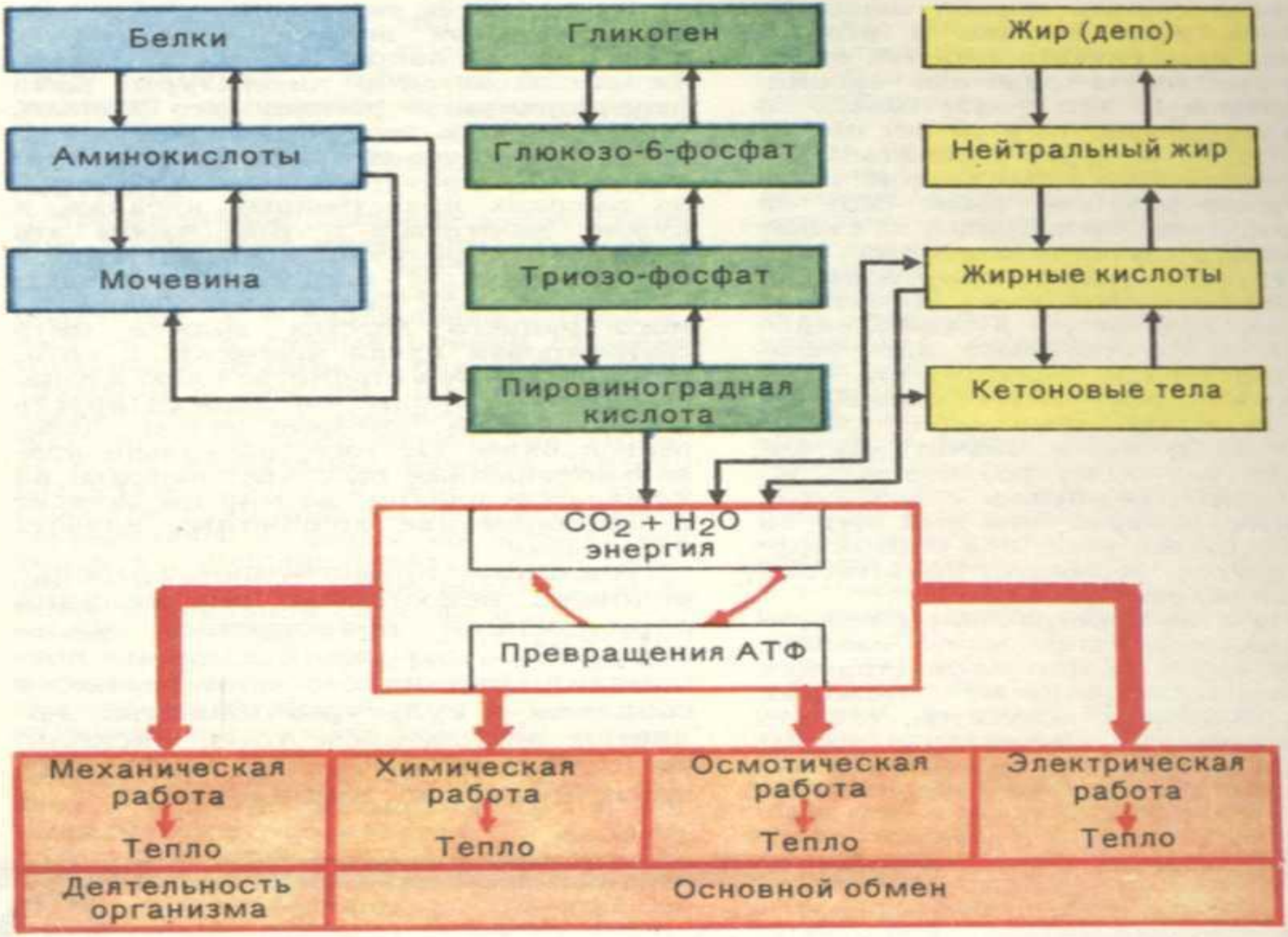


Схема превращения веществ и энергии в организме.

Определение уровня метаболизма

- Почти половина всей энергии, получаемой в результате катаболизма, теряется в виде тепла в процессе образования молекул АТФ. Мышечное сокращение - процесс еще менее эффективный. Около 80% энергии, используемой при мышечном сокращении, теряется в виде тепла и только 20% превращается в механическую работу (сокращение мышцы). Если человек не совершает работу, то практически вся генерируемая им энергия теряется в форме тепла (например, у человека, лежащего в постели). Следовательно, величина теплопродукции является точным выражением величины обмена в организме человека.
  Для определения количества затрачиваемой организмом энергии применяют прямую и непрямую калориметрию. Первые прямые измерения энергетического обмена провели в 1788 г. Лавуазье и Лаплас.
  Прямая калориметрия заключается в непосредственном измерении тепла, выделяемого организмом. Для этого животное или человек помещается в специальную герметическую камеру, по трубам, проходящим через нее, протекает вода. Для вычисления теплопродукции используются данные о теплоемкости жидкости, ее объеме, протекающем через камеру за единицу времени, и разности температур поступающей в камеру и вытекающей жидкости.
  Непрямая калориметрия основана на том, что источником энергии в организме являются окислительные процессы, при которых потребляется кислород и выделяется углекислый газ.

- Поэтому энергетический обмен можно оценивать, исследуя газообмен. Наиболее распространен способ Дугласа-Холдейна, при котором в течение 10-15 мин собирают выдыхаемый обследуемым человеком воздух в мешок из воздухонепроницаемой ткани (мешок Дугласа). Затем определяют объем выдохнутого воздуха и процентное содержание в нем O_2 и CO_2. По соотношению между количеством выделенного углекислого газа и количеством потребленного за данный период времени кислорода - дыхательному коэффициенту (ДК) - можно установить, какие вещества окисляются в организме. ДК при окислении белков равен 0,8, при окислении жиров - 0,7, а углеводов - 1,0. Каждому значению ДК соответствует определенный холерический эквивалент кислорода, т.е. то количество тепла, которое выделяется при окислении какого-либо вещества на каждый литр поглощенного при этом кислорода. Количество энергии на единицу потребляемого 0_2 зависит от типа окисляющихся в организме веществ. Калорический эквивалент кислорода при окислении углеводов равен 21 кДж на 1 л 0_2 (5 ккал/л), белков - 18,7 кДж (4,5 ккал), жиров - 19,8 кДж (4,74 ккал). Для косвенного определения интенсивности обмена могут быть использованы некоторые физиологические параметры, связанные с потреблением кислорода: частота дыханий и вентиляционный объем, частота сокращений сердца и минутный объем кровотока - все они отражают затраты энергии. Однако эти показатели недостаточно точны.

Основной обмен

Интенсивность энергетического обмена значительно варьирует и зависит от многих факторов. Поэтому для сравнения энергетических затрат у разных людей была введена условная стандартная величина - основной обмен. Основной обмен - это минимальные для бодрствующего организма затраты энергии, определенные в строго контролируемых стандартных условиях:

- при комфортной температуре (18-20 градусов тепла);
- в положении лежа (но обследуемый не должен спать);
- в состоянии эмоционального покоя, так как стресс усиливает метаболизм;
- натощак, т.е. через 12- 16 ч после последнего приема пищи.

Основной обмен зависит от пола, возраста, роста и массы тела человека. Величина основного обмена в среднем составляет 1 ккал в 1 ч на 1 кг массы тела. У мужчин в сутки основной обмен приблизительно равен 1700 ккал, у женщин основной обмен на 1 кг массы тела примерно на 10% меньше, чем у мужчин, у детей он больше, чем у взрослых, и с увеличением возраста постепенно снижается.

Обмен веществ

Обмен веществ начинается с поступления питательных веществ в желудочно-кишечный тракт и воздуха в легкие.
Первым этапом обмена веществ являются ферментативные процессы расщепления белков, жиров и углеводов до растворимых в воде аминокислот, моно- и дисахаридов, глицерина, жирных кислот и других соединений, происходящие в различных отделах желудочно-кишечного тракта, а также всасывание этих веществ в кровь и лимфу.
Вторым этапом обмена являются транспорт питательных веществ и кислорода кровью к тканям и те сложные химические превращения веществ, которые происходят в клетках. В них одновременно осуществляются расщепление питательных веществ до конечных продуктов метаболизма, синтез ферментов, гормонов, составных частей цитоплазмы. Расщепление веществ сопровождается выделением энергии, которая используется для процессов синтеза и обеспечения работы каждого органа и организма в целом.
Третьим этапом является удаление конечных продуктов распада из клеток, их транспорт и выделение почками, легкими, потовыми железами и кишечником.
Превращение белков, жиров, углеводов, минеральных веществ и воды происходит в тесном взаимодействии друг с другом. В метаболизме каждого из них имеются свои особенности, а физиологическое значение их различно, поэтому обмен каждого из этих веществ принято рассматривать отдельно.