

ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ И ПУТИ ЕЕ ПРЕВРАЩЕНИЙ В ОРГАНИЗМЕ

ТАМБОВЦЕВА Р.В.
Д.б.н., профессор
РГУФКСМиТ, Москва

Источники энергии

- Первоначальный источник энергии для всего живого –

СОЛНЦЕ, но

использовать его энергию организм не может

ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

- Зеленые растения поглощают энергию солнечных лучей и расходуют ее на синтез органических веществ – углеводов, жиров и белков.
- Главный «энергоноситель» всех живых систем – углеводы – растения создают, соединяя воедино молекулы углекислого газа и воды.
 - $6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$
- Побочным продуктом синтеза является кислород, обогащающий атмосферу земли.
- Растительноядные животные поедают растения и накапливают в своем теле органические вещества.
- В виде растительной и животной пищи эти вещества попадают в человеческий организм, и часть их организм расходует на получение энергии.
- Энергию солнца организм человека может только для поддержания температуры тела: запастись тепло или превращать его в механическую работу невозможно.
- Всю физическую работу человек выполняет исключительно за счет той энергии, которую получил с пищей.
- В человеческом организме превращение энергии происходит по 3 ступеням: химическая энергия \rightarrow механическая \rightarrow тепловая.
- По этому пути человеческий организм может направить только 20-25% энергии, содержащейся в пище в виде химических связей. Остальные 80-85% рассеиваются в виде тепал в окружающей среде.

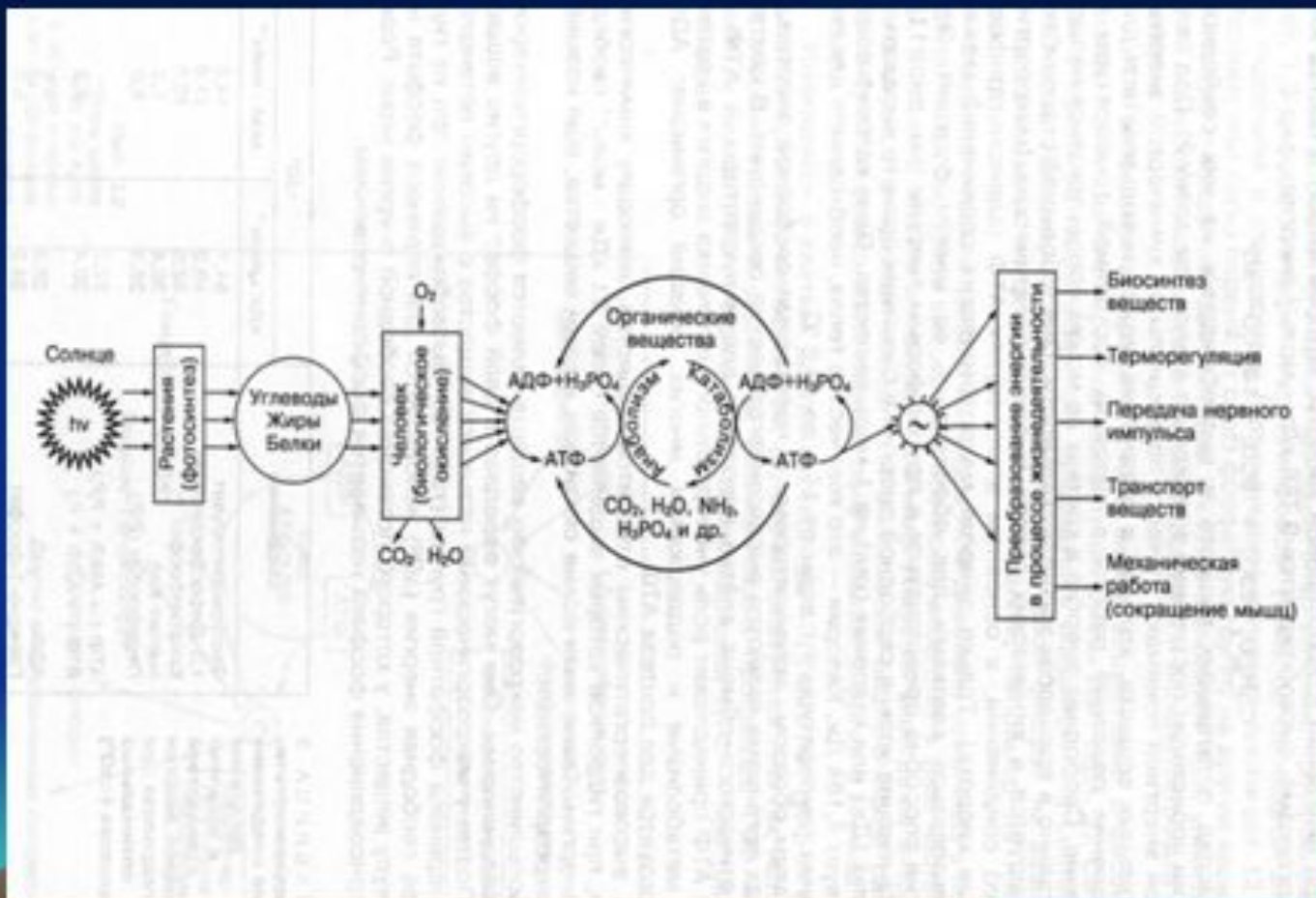
ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

- Человеческий организм – это открытая энергетическая система, которая получает из окружающей среды энергию и туда же ее возвращает: получает в виде химических связей в молекулах пищевых веществ (белков, жиров, углеводов), а отдает в виде работы и тепла.
- Компоненты пищевых веществ, поступающие из ЖКТ в кровь (глюкоза, жирные кислоты, аминокислоты) неспособны непосредственно передавать энергию своих химических связей ее потребителям, в том числе – актину и миозину.
- Между пищевыми энергоносителями и мышцами - потребителями энергии есть универсальный посредник аденозинтрифосфат (АТФ).
- АТФ – служит непосредственным источником энергии для мышечного сокращения.
- АТФ – это соединение аденина, рибозы и трех фосфатных групп.
- Молекула АТФ существует в течение долей секунды, после чего отдает энергию тканям, например сократительным белкам скелетных мышц.
- Под действием фермента АТФазы разрушается макроэргическая связь (богатая энергией), образуется АДФ.
- Когда с пищей поступает новая порция энергии, организм использует ее для превращения АДФ в АТФ, а молекула АТФ снова расщепляется и передает энергию мышцам.

Использование энергии пищевых веществ для синтеза АТФ



СХЕМА ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ



Свободная энергия в клетках не может использоваться непосредственно в жизнедеятельности. Она аккумулируется в химических связях высокоэнергетических (макроэргических) соединений, в основном в молекулах АТФ

АТФ – это универсальный источник энергии в клеточном метаболизме и поддержании многих функций организма. АДФ используется для синтеза АТФ.

К высокоэнергетическим относятся вещества, имеющие химические связи, при гидролизе которых выделяется более $21 \text{ кДж} \times \text{моль}^{-1}$ свободной энергии. Такие связи называются макроэргическими. Большинство макроэргических веществ являются фосфорорганическими соединениями. Они могут передавать свой фосфат на другие вещества. Поэтому макроэргическими называют вещества с высоким потенциалом переноса фосфатной группы. Высвобождаемая при их гидролизе свободная энергия (ΔQ°) используется для переноса фосфата на молекулу вещества, у которого потенциал свободной энергии ниже. Реакция присоединения фосфата называется фосфорилированием.

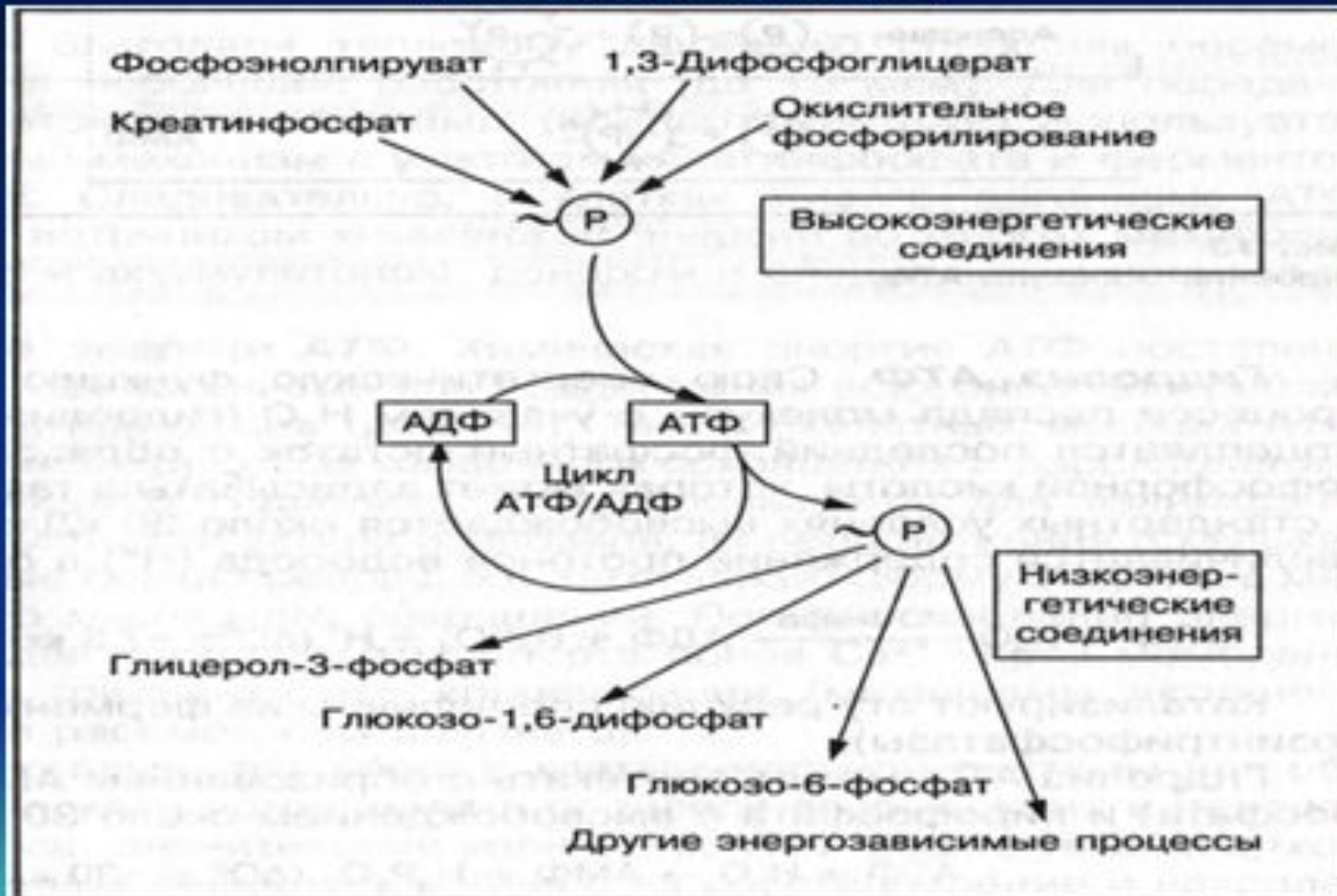
ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ ОРГАНИЗМА И ВЕЛИЧИНА СТАНДАРТНОЙ СВОБОДНОЙ ЭНЕРГИИ ИХ ГИДРОЛИЗА ПРИ ОПТИМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ (- ΔQ°)

Соединение	$-\Delta Q^\circ$	
	кДж · моль ⁻¹	ккал · моль ⁻¹
Фосфоэнолпируват	61,7	14,8
1,3-Дифосфоглицерат	49,2	11,8
Креатинфосфат	42,5	10,3
Ацетил-КоА	30,4	7,3
Пирофосфат (P,P _i)	28,3	8,0
АТФ (→ АМФ + P,P _i)	32,2	—
АТФ (→ АДФ + P _i)	30,4	7,3
АДФ	28,3	7,3
Глюкозо-1-фосфат	24,2	5,0

- Самый высокий потенциал свободной энергии имеют фосфоенолпируват, 1,3-дифосфоглицерат и креатинфосфат. Свободная энергия их гидролиза в стандартных условиях достигает 12 ккал. Поэтому они легко переносят свою фосфатную группу на другие вещества (на АДФ), которая в клетке выполняет роль универсального акцептора высокоэнергетического фосфата и используется для образования АТФ.
- АТФ находится в середине шкалы между веществами с высоким и низким потенциалом переноса фосфатной группы. Свободная энергия ее гидролиза – 7-8 ккал. Поэтому АТФ может переносить свой фосфат на вещества с более низким энергетическим потенциалом, например на глюкозу.
- **Макроэргические связи АТФ довольно устойчивы в водной среде, тогда как более высокоэнергетические вещества в воде нестабильны.** В связи с этим в молекулах АТФ накапливается свободная энергия и используется в нужный момент для выполнения биологической работы. Поэтому АТФ принадлежит главная роль в обмене энергии в клетках организма.
- Имеющиеся в клетке другие нуклеотиды - ГТФ, УТФ, ЦТФ – также высокоэнергетические вещества, однако используются они как источники энергии только в отдельных биохимических процессах: ГТФ – при синтезе белка, УТФ – при синтезе полисахаридов, ЦТФ – при синтезе липидов.

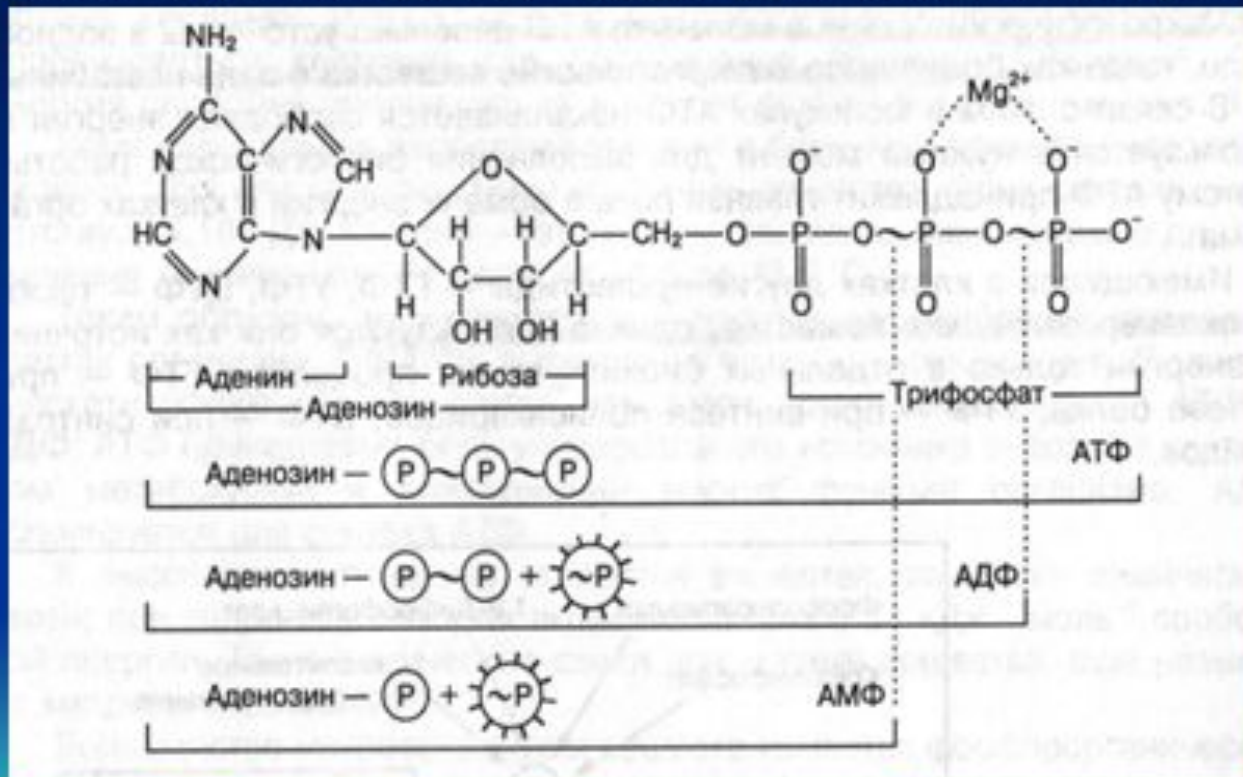


РОЛЬ ЦИКЛА АТФ $\leftarrow \dots \rightarrow$ АДФ В ОБМЕНЕ ЭНЕРГИИ В КЛЕТКАХ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА



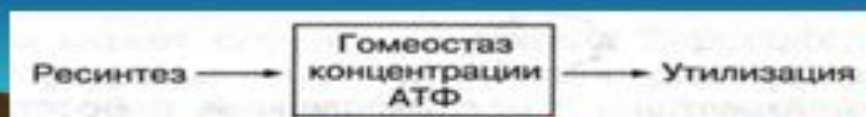
АТФ – универсальный источник энергии в организме

- АТФ – аденозинтрифосфорная кислота является нуклеотидом.
- АТФ состоит из азотистого основания – аденина, углевода – рибозы, 3х остатков H_3PO_4



АТФ – аккумулятор и носитель свободной энергии

- Молекула АТФ образуется за счет свободной энергии, выделяющейся в реакциях катаболизма:
 - $\text{АДФ} + \text{H}_2\text{PO}_4 + \text{Q} \rightarrow \text{АТФ}$
- Поэтому АТФ является аккумулятором (форма запасания) свободной энергии.
- АТФ – донор фосфатных групп, т.к. в клетках отдает высокоэнергетический фосфат другим веществам
- Практически все реакции энергетического обмена в клетках организма протекают посредством образования и распада молекул АТФ.
- Молекулы АТФ благодаря тепловому движению способны перемещаться в клетках на небольшие расстояния (до 10 мкм).
- Количество АТФ в тканях организма человека относительно невелико, поскольку она не запасается в тканях.
- В скелетных мышцах содержится 5 ммоль \times кг⁻¹ сырой ткани или 25 ммоль \times кг⁻¹ сухой мышечной ткани.
- В сердечной мышце и гладких мышцах АТФ составляет 2,6 и 1,4 ммоль \times кг⁻¹ сырой ткани.
- Всего в организме человека содержится около 50 г АТФ.
- Существенного снижения уровня АТФ в клетках не отмечается, так как АТФ быстро восстанавливается. Даже при напряженной мышечной деятельности, вызывающей утомление, запасы АТФ в мышцах могут снижаться только в течение нескольких секунд на 20-25%.
- При увеличении скорости использования АТФ автоматически активизируется механизм ее образования:



ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГИИ АТФ В ОРГАНИЗМЕ



ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

- *В крови человека содержится глюкоза:*
- - поступившая в чистом виде с пищей;
- - образовавшаяся при расщеплении крахмала пищи;
- - образовавшаяся при расщеплении гликогена пищи;
- - образовавшаяся при расщеплении запасов гликогена, содержащихся в самом теле человека;
- - образовавшаяся путем гликонеогенеза (белки □ аминокислоты □ глюкоза)

ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

- Энергию организм получает путем утилизации:
- - глюкозы (получаемой из всех выше 4х источников);
- - жирных кислот (образовавшихся при расщеплении пищевых или собственных жиров);
- - кетоновых тел (в которые превращаются жирные кислоты, когда в организме подходят к концу запасы гликогена, например, при выполнении длительной субмаксимальной физической нагрузки);
- - креатинфосфата (образующегося из креатина, который в свою очередь образуется при расщеплении собственных белков тела, и главным образом мышц).

ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЯ

- В физиологии в качестве единицы измерения энергии традиционно используется **килокалория (1 ккал)** – это то количество энергии, которое необходимо нагреть 1 кг чистой воды на 1 градус С (от 14,5 до 15,5 ° С).
- **1 ккал = 1000 кал.**
- В системе СИ энергия (в виде работы или тепла) измеряется в **джоулях (Дж)**.
- **1 кДж = 1000 Дж. 1 мегаджоуль 1 МДж = 1000000 Дж)**
- Мощность – это энергия, тепло или работа выделяемые (совершаемые) за единицу времени, система СИ измеряет в ваттах (1 Вт = 1 Дж/с).
- Практики по-прежнему для оценки энергии (работы, тепла) используют **ККАЛ**.
- Для оценки мощности – **ккал/мин; ккал/час; ккал/сут.**
- В физиологии спорта часто рассчитывают мощность на единицу массы тела (**ккал.кг⁻¹.мин⁻¹**)
- Работа измеряется в **килоджоулях, ккал, кг.м.**
- Мощность физической нагрузки, выполняемой спортсменом измеряется **КГ.М/МИН**

ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЯ

■ ФОРМУЛЫ ДЛЯ ПЕРЕСЧЕТА

■ - единицы энергии (в том числе и тепловой) и работы:

■ $1 \text{ кДж} = 0,24 \text{ ккал}$

■ $1 \text{ ккал} = 4,19 \text{ кДж}$

■ - единицы мощности:

■ $1 \text{ Вт} = 1 \text{ Дж/с} = 0,014 \text{ ккал/мин} = 0,86 \text{ ккал/ч} = 20,6 \text{ ккал/сут} = 6,12 \text{ кг. м/мин}$

■ $1 \text{ кДж/мин} = 0,24 \text{ ккал/мин} = 16,7 \text{ Вт}$

■ $1 \text{ кг.м/мин} = 0,163 \text{ Вт}$

■ Удельное теплообразование компонентов пищи, то есть количество энергии, содержащейся в пищевых веществах, измеряют а ккал/г или кДж/г:

■ $1 \text{ ккал/г} = 4,19 \text{ кДж/г}$

■ $1 \text{ кДж/г} = 0,24 \text{ ккал/г}$

■ Концентрацию различных веществ в крови оценивают в:

■ Моль/л или М

■ Ммоль/л или мМ. $1 \text{ мМ} = 0,001 \text{ М}$