

Биоэнергетика, основной и общий обмен

Обмен веществ (метаболизм) – совокупность химических процессов, происходящих в клетках и тканях живого организма и обеспечивающих его жизнеспособность.

Обмен веществ

```
graph TD; A[Обмен веществ] --> B[Ассимиляция (анаболизм)]; A --> C[Диссимиляция (катаболизм)];
```

**Ассимиляция
(анаболизм)**

Анаболизм – это биосинтез сложных веществ из более простых молекул-предшественников

**Диссимиляция
(катаболизм)**

Катаболизм – это расщепление крупных органических молекул до простых соединений с одновременным выделением энергии, запасаемым, главным образом, в форме АТФ

Обмен веществ

```
graph TD; A[Обмен веществ] --- B[Обмен белков]; A --- C[Обмен жиров]; A --- D[Обмен углеводов];
```

Обмен белков

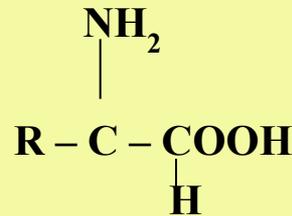
Обмен жиров

Обмен углеводов

Обмен белков – процесс усвоения (синтеза, распада и выведения) клетками и тканями организма азотсодержащих соединений, главным образом, белков и аминокислот.

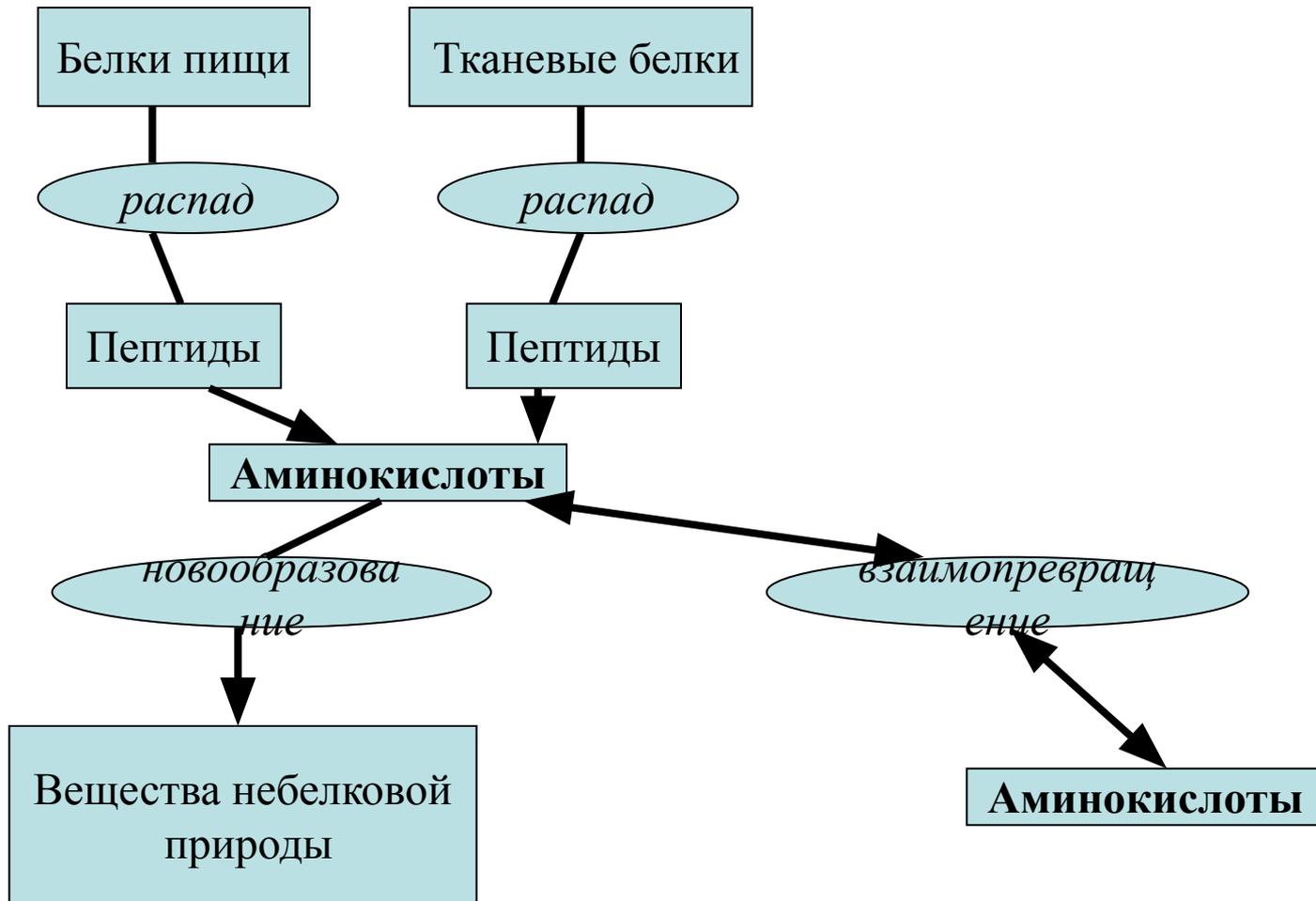
Белки (протеины) – высокомолекулярные органические соединения, построенные из аминокислот и играющие первостепенную роль в жизнедеятельности организма (структурная; транспортная – гемоглобин; регуляторная – гормоны, ферменты и др. функции).

Аминокислоты – органические (карбоновые) кислоты, содержащие в своем составе одну или две аминогруппы (-NH₂) и карбоксильные группы (-COOH). Все аминокислоты (20) делят на заменимые, которые человек может синтезировать самостоятельно, и незаменимые, которые синтезировать не в состоянии, а получает с пищей животного и растительного происхождения:

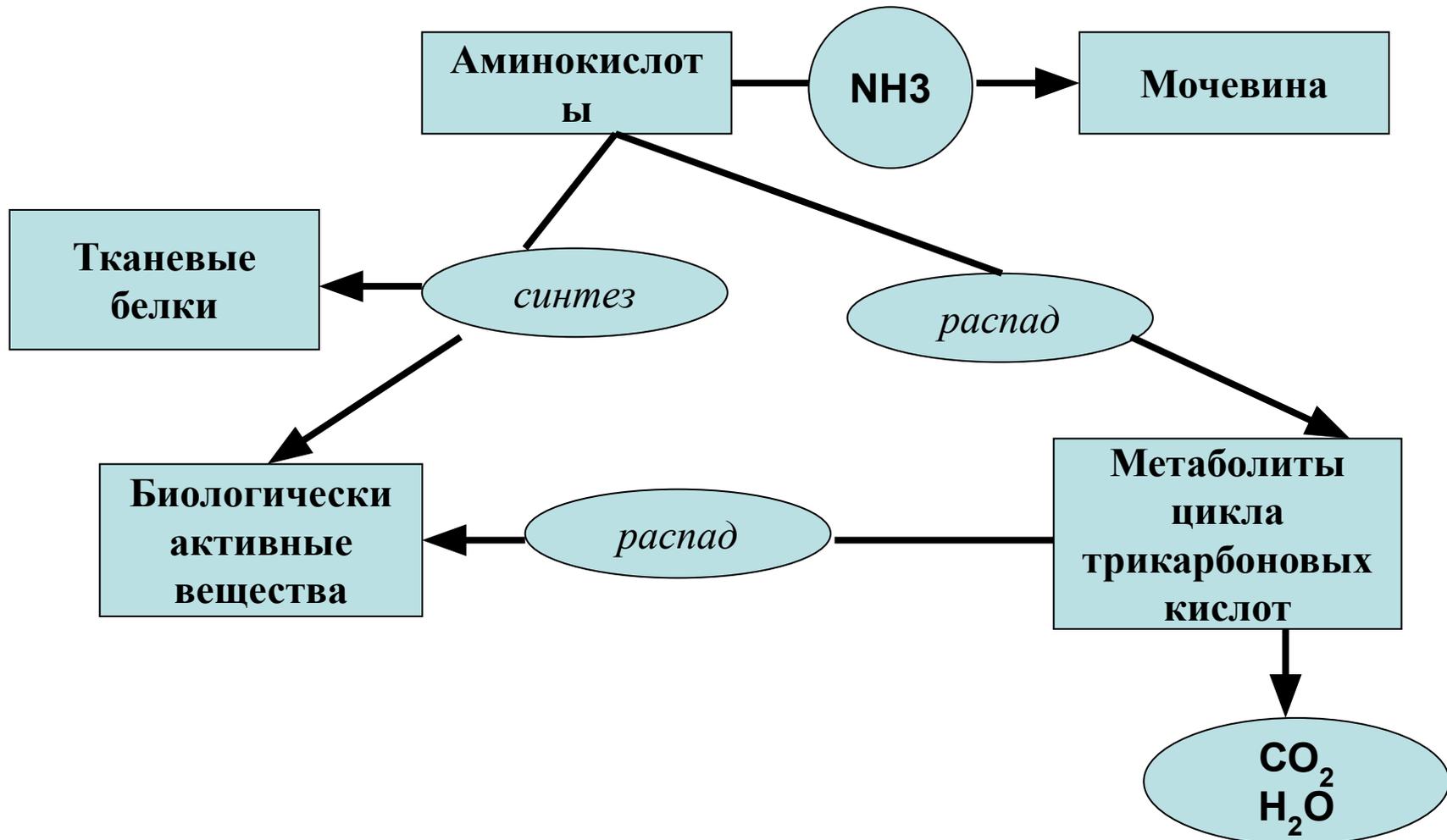


Аминокислоты в организме не запасаются.

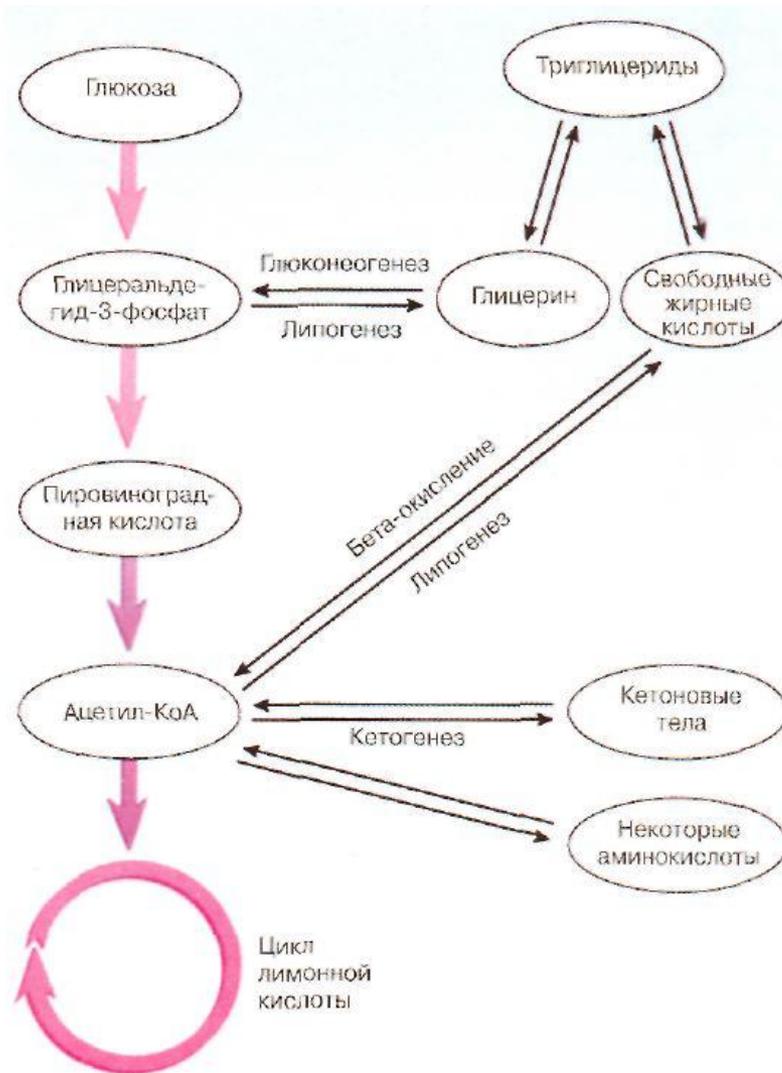
Обмен белков: пути использования аминокислот во внутриклеточном обмене



Обмен белков: пути использования аминокислот во внутриклеточном обмене

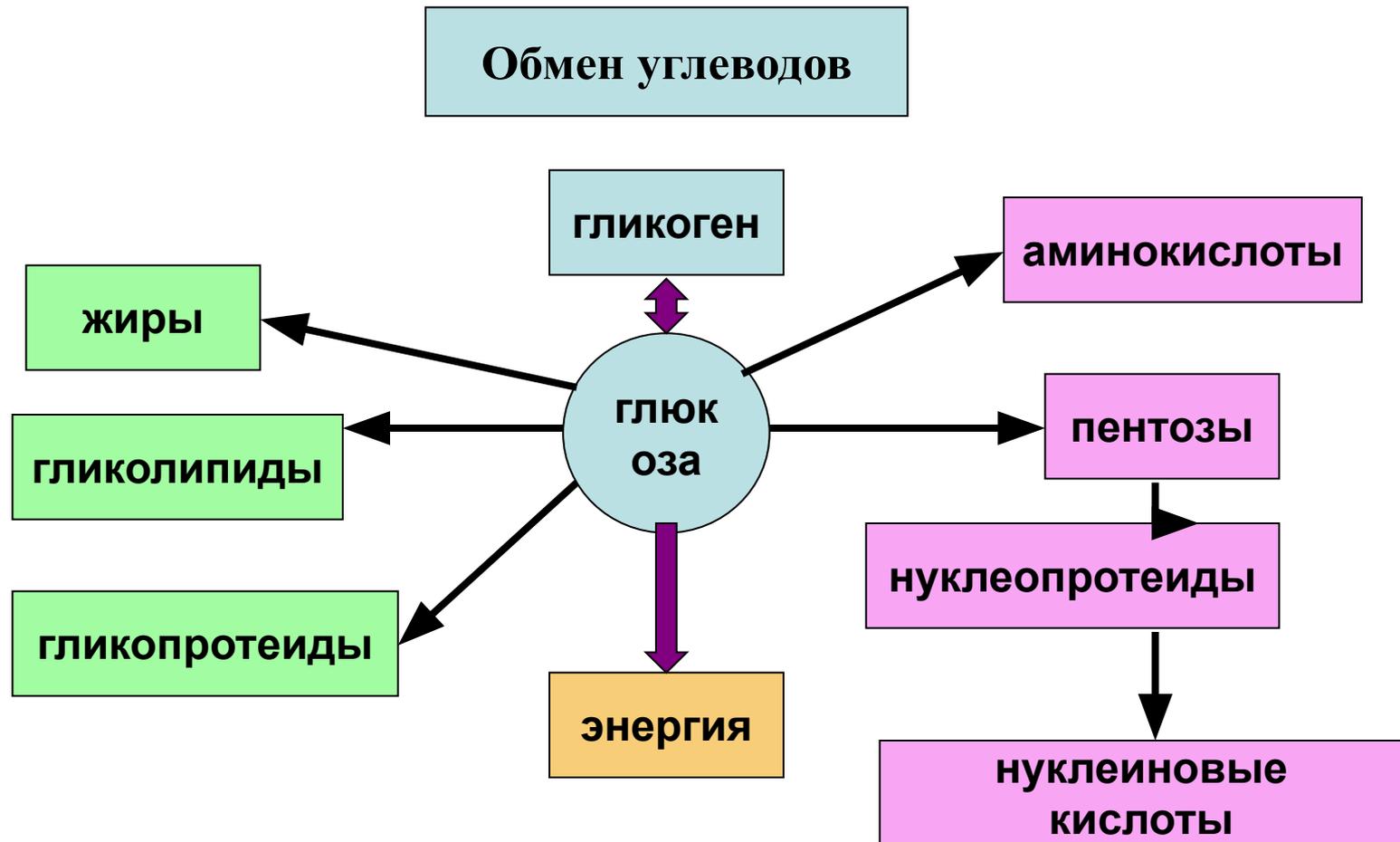


Жиры – химические соединения, представляющие собой триглицериды, полные сложные эфиры глицерина и жирных кислот



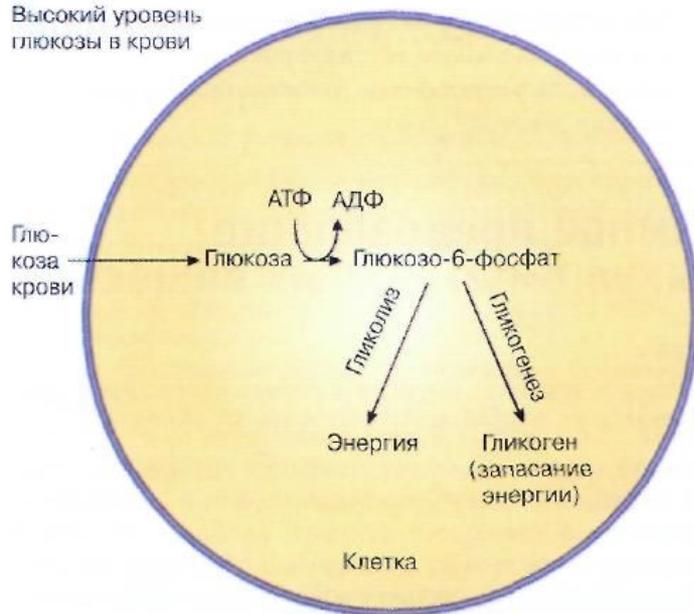
Триглицерид расщепляется на глицерин и жирные кислоты. Глицерин включается в процесс гликолиза, образуя АТФ. Жирные кислоты расщепляются путем бета-окисления до ацетил-КоА, который включается в цикл лимонной кислоты, образуя АТФ. Ацетил-КоА может также использоваться для образования кетоновых тел (кетогенез). Липогенез — это образование липидов. Глюкоза конвертируется в глицерин, а аминокислоты — в молекулы ацетил-КоА. Молекулы ацетил-КоА могут синтезировать жирные кислоты. Глицерин и жирные кислоты соединяются, образуя триглицериды

Углеводы – сахара и их производные, в т.ч. полимерные. Различают моно-, олиго- и полисахариды.

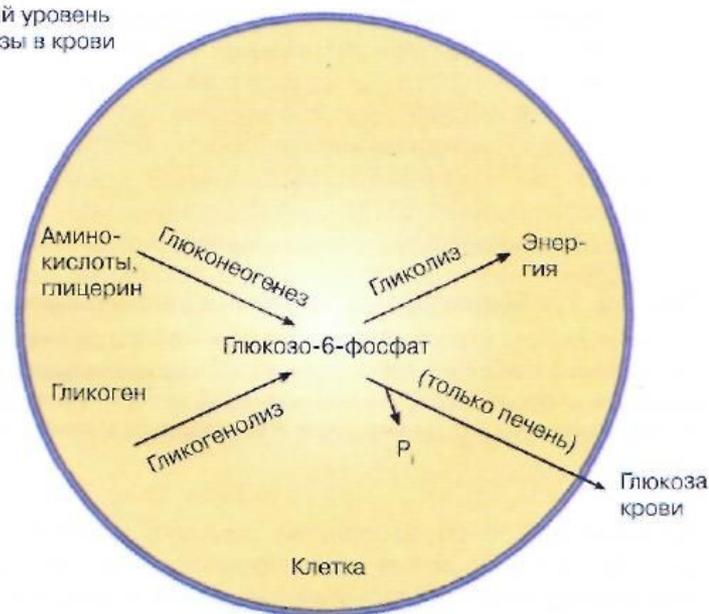


Взаимное превращение молекул питательных веществ

Высокий уровень
глюкозы в крови



Низкий уровень
глюкозы в крови



При высоких уровнях глюкозы в крови глюкоза поступает в клетку и фосфорилируется, образуя глюкозо-6-фосфат, который может вступать в процесс гликолиза или гликогенеза

При снижении уровней глюкозы в крови глюкозо-6-фосфат может быть образован в результате гликогенолиза или глюконеогенеза. Глюкозо-6-фосфат может вступить в процесс гликолиза или же дефосфорилироваться в ткани печени; в последнем случае глюкоза выделяется в кровь

Свободная энергия – это общее количество энергии, высвобождаемой в результате полного катаболизма пищи.

Этапы высвобождения свободной энергии из питательных веществ

Этап	Содержание процесса	Высвобождаемая энергия, %
1	<i>Гидролиз</i> (разложение органических соединений с участием воды) <i>пищи в желудочно-кишечном тракте</i> . Энергия не аккумулируется макроэргами и лишь превращается в тепловую энергию (т.н. <i>первичная теплота</i>), используемую для поддержания температурного гомеостаза	Менее 0,5%
2	<i>Анаэробное окисление</i> . Энергия аккумулируется макроэргом (АТФ) и используется на совершение полезной работы (мышечное сокращение и т.п.). Во время этой работы она также превращается в теплоту (т.н. <i>вторичная теплота</i>)	Около 5% энергии при окислении глюкозы до молочной кислоты
3	<i>Аэробное окисление</i> в цикле Кребса (окисление пировиноградной кислоты – продукт окисления глюкозы и ацетилкоэнзима А – продукт окисления аминокислот и жирных кислот). Процесс идет постепенно, поэтому в значительной мере энергия аккумулируется макроэргом (АТФ) и используется на совершение полезной работы, при которой также выделяется вторичная теплота.	До 94,5%, из которой 52-55% аккумулируется АТФ

Калорический эквивалент – количество энергии, высвобождаемой при сжигании 1 г органического вещества (белка, углевода или жира) в атмосфере кислорода до конечных продуктов (вода и углекислый газ).

Вещество	Калорический эквивалент, ккал	
	в калориметрической бомбе	в организме
Белки	5,4	4,1
Углеводы	9,3	9,3
Жиры	4,1	4,1

Энергия, высвобождаемая при сжигании в 1 л кислорода 1 г вещества, называется *калорическим коэффициентом кислорода*, или *калорическим эквивалентом кислорода* (КЭК)

Отношение объемов углекислого газа и кислорода при сжигании в 1 л кислорода 1 г вещества называется *дыхательным коэффициентом* (ДК)

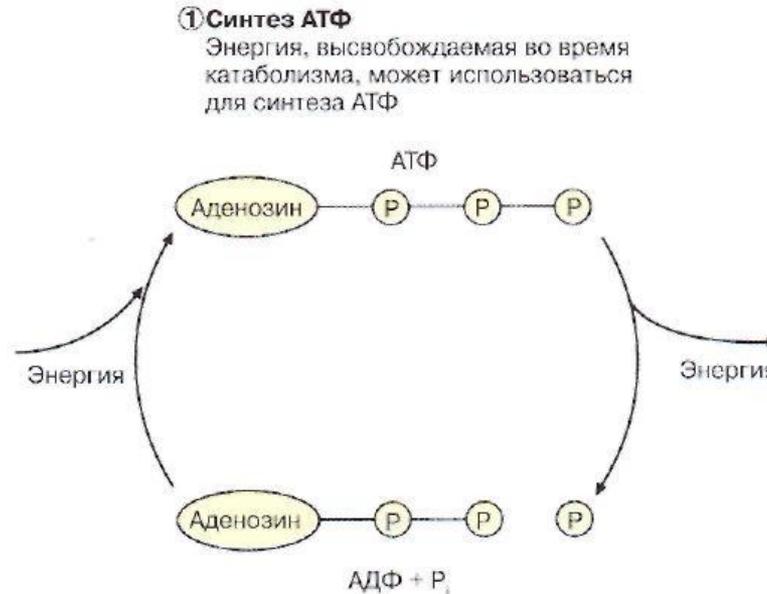
Реакция	ДК
1 г белка + 0,966 л O ₂ = 4,1 ккал + 0,777 л CO ₂	0,8
1 г углеводов + 0,833 л O ₂ = 4,1 ккал + 0,830 л CO ₂	1,0
1 г жира + 2,019 л O ₂ = 9,3 ккал + 1,413 л CO ₂	0,7

При одновременном сжигании в организме белков, жиров и углеводов ДК в среднем составляет 0,85. При ДК = 0,85 при сжигании 1 л кислорода высвобождается 4,862 ккал.

Участие АТФ в катаболических и анаболических реакциях

Катаболизм

Катаболизм представляет собой совокупность реакций, ведущих к высвобождению энергии, которые возникают в результате расщепления более крупных молекул на более мелкие. Потребленная пища служит источником молекул, используемых в катаболических реакциях



Анаболизм

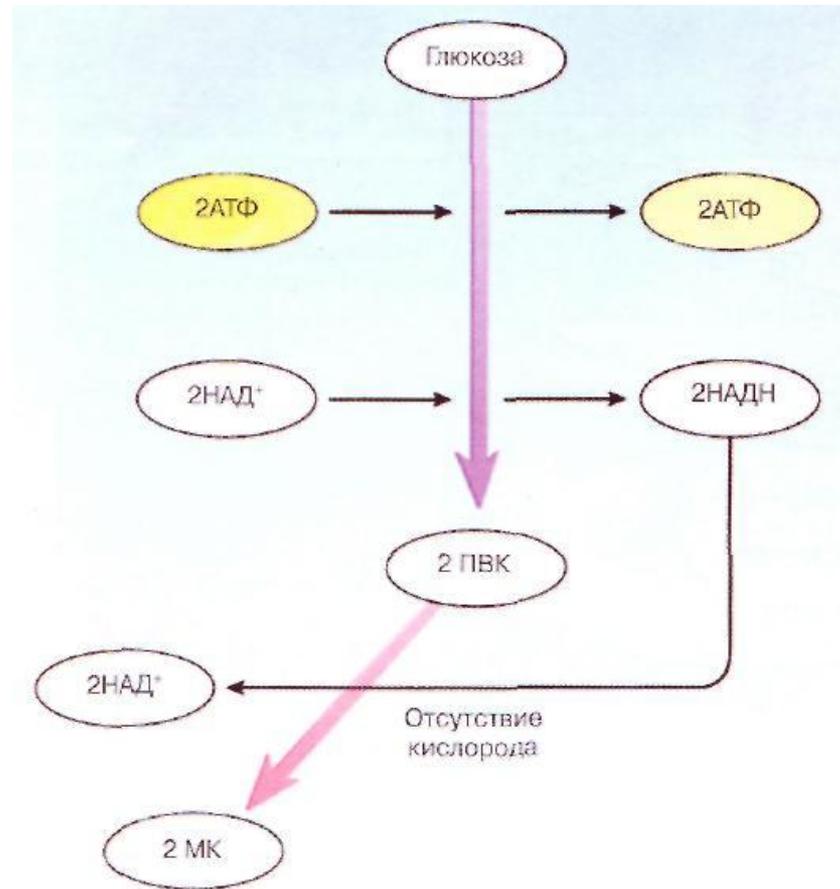
Анаболизм представляет собой совокупность реакций, протекающих с поглощением энергии. В результате реакций из более мелких молекул образуются более крупные

② Расщепление АТФ

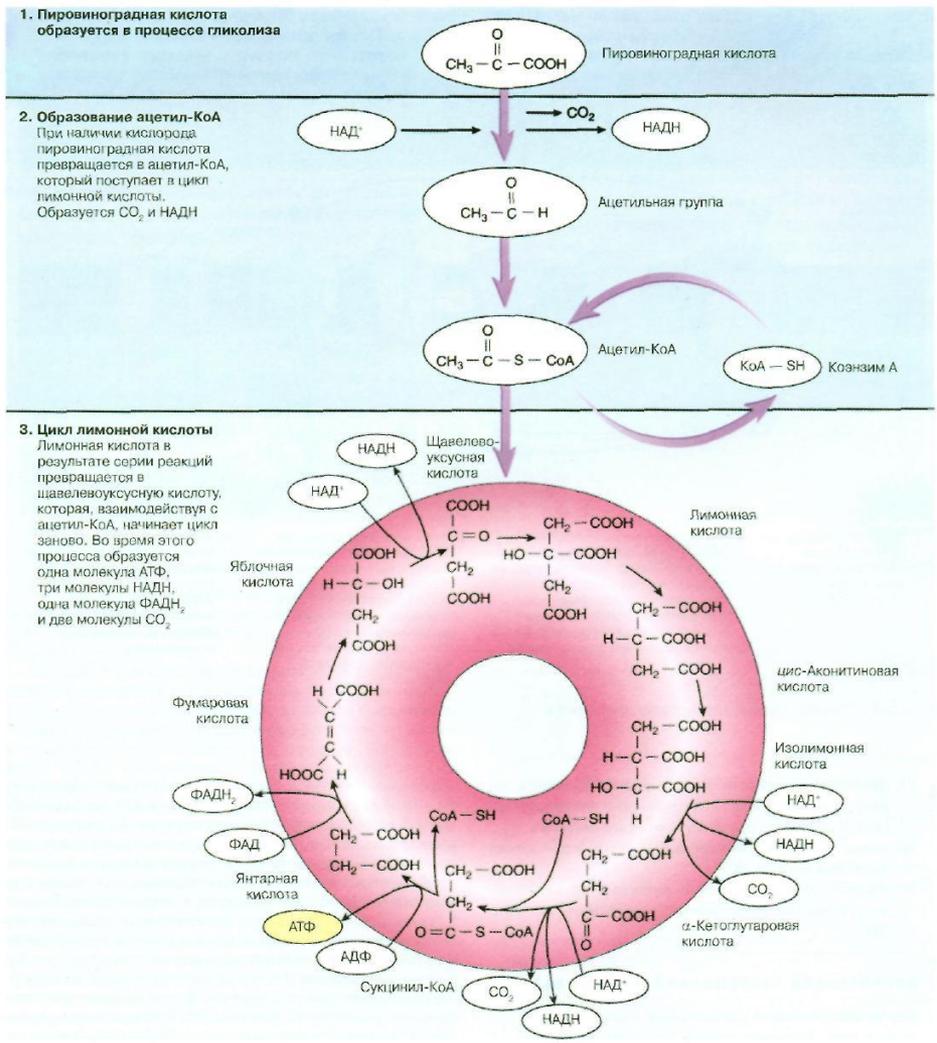
Энергия, высвобождаемая в результате расщепления АТФ, может использоваться во время анаболизма для синтеза других молекул и обеспечения энергии для клеточного процесса, такого, как активный транспорт и мышечное сокращение

Энергия, высвобождаемая в результате катаболических реакций, используется для образования АТФ, который выделяет энергию для использования во время анаболических реакций

Анаэробное дыхание – это расщепление глюкозы при отсутствии кислорода с образованием 2 молекул молочной кислоты и 2 молекул ГЛЮКОЗЫ



Аэробное дыхание – расщепление глюкозы при участии кислорода, ведущее к образованию CO_2 , H_2O и 38 молекул АТФ



Основной обмен – это количество тепла, которое образуется при минимальной интенсивности процессов обмена веществ у человека в условиях полного покоя (ккал/мин; ккал/час; ккал/сут; ккал/кг·час; ккал/м²·час).

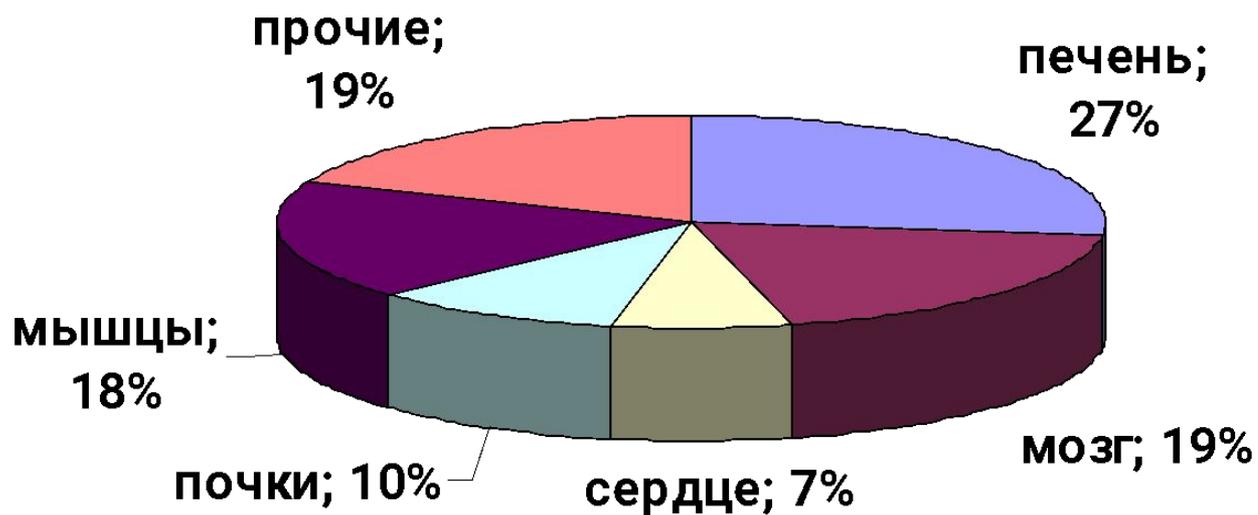
Условия измерения основного обмена:

- **положение лежа;**
- **натощак (спустя 12-14 часов после приема пищи);**
- **температурный комфорт (+18...+20⁰ С);**
- **эмоциональный покой.**

Факторы, определяющие величину основного обмена:

- **пол;**
- **возраст;**
- **размеры тела (масса, площадь поверхности);**
- **состояние здоровья.**

Расходы энергии, выделяемой организмом в условиях физиологического покоя



Должные величины основного обмена (ДВОО)

В среднем, ОО составляет 1600-1700 ккал/м²·час. ДВОО ≈ 1 ккал/мин.

Возраст	ДВОО (ккал/м ² ·час)	
	Мужчины	Женщины
14-16	46,0	43,0
16-18	43,0	40,0
18-20	41,0	38,0
20-30	39,5	37,0
30-40	39,5	36,5
40-50	38,5	36,0
50-60	37,5	35,0
60-70	36,0	34,0
70-80	35,5	33,0

Допустимы отклонения ± 15%

Должные величины основного обмена (ДВОО)

Возраст	ДВОО (ккал/сут)	
	Мужчины	Женщины
0-3	60,9 МТ – 54	61,0 МТ – 51
3-10	22,7 МТ + 495	22,5 МТ + 499
10-18	17,5 МТ + 651	12,2 МТ + 746
18-30	15,3 МТ + 679	14,7 МТ + 496
30-60	11,6 МТ + 879	8,7 МТ + 829
Более 60	13,5 МТ + 487	10,5 МТ + 596

МТ – масса тела, кг;

Допустимы отклонения $\pm 15\%$

Общий обмен – это энерготраты организма в реальной жизни

Общий обмен = основной обмен + рабочая прибавка – специфико-динамическое действие пищи

Специфико-динамическое действие пищи – увеличение основного обмена при приеме пищи, особенно белков (на 30%, или до 1,3 ВОО)

Энерготраты человека при некоторых действиях (А.Н. Агаджанян и др., 1992):

- ходьба пешком, умывание, одевание, кратковременное стояние – 1,4 ВОО;**
- пение и танцы – 3,2 ВОО;**
- ходьба по дому – 2,5 ВОО;**
- медленная прогулка по улице – 2,8 ВОО;**
- повседневная уборка – 2,7 ВОО;**
- приготовление пищи – 1,8 ВОО;**
- конторские работы – 2,8 ВОО;**
- кладка кирпича – 3,3 ВОО;**
- погрузка мешков на тачку – 7,4 ВОО;**
- ручная дойка коров – 2,9 ВОО**

Энерготраты офисного работника за сутки (из доклада экспертов ФАО/ВОЗ, цит. по А.Н. Агаджанян и др., 1992)

Условия	Продолжительность, час	Энерготраты, ккал
В постели (ВОО)	8	560
Профессиональная активность, 1,7 ВОО	6	710
Самостоятельная активность (социально-желательная активность и домашняя работа), 3 ВОО	2	420
Физкультурзанятия для поддержания функции сердечно-сосудистой системы, 6 ВОО	0,33	140
Оставшееся время (различная деятельность), 1,4 ВОО	7,66	750
Всего	24	2580

Тяжесть труда в зависимости от энергозатрат (РФ)

Легкий	Средний	Тяжелый	Очень тяжелый
Суточные энергозатраты, ккал/сут			
2200	2350	2500	2900
3300	3500	3700	4200
Энергозатраты в минуту, ккал/мин			
2,5-5,0	5,1-7,5	7,6-10,0	Более 10,0

Тяжесть труда в зависимости от энергозатрат, ед. ВОО (ФАО/ВОЗ)

Пол	Легкий	Средний	Тяжелый
Мужчины	1,7	2,7	3,8
Женщины	1,7	2,2	2,8

Смертность населения (на 10 000 человек) от уровня физической активности (по Куперу, цит. по А.Н. Агаджанян и др., 1992)

Смертность	Низкая подвижность	Умеренная подвижность	Максимальная подвижность
От всех причин	64/140	26/16	20/7
От сердечно-сосудистых заболеваний	25/7	8/3	7/10
От рака	20/16	3/1	5/1

В числителе – данные о мужчинах, в знаменателе – о женщинах