



**МЕТАБОЛИЗМ. ОБМЕН ЭНЕРГИЕЙ.  
ТЕРМОРЕГУЛЯЦИЯ.**

**Лекция для студентов дневного отделения  
МБФ РНИМУ (весна 2013 г.)**

*Лектор: проф. Горбачева Любовь  
Руфэльевна*

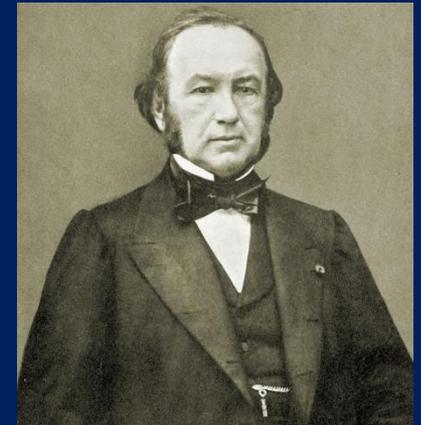
**Живой организм и среда образуют единую систему,  
так как между ними происходит непрерывный обмен  
веществом и энергией**

**В соответствии с теорией систем**

**Организм – это открытая система,**

**т.е. обменивающаяся с окружающей  
средой и веществом и энергией**

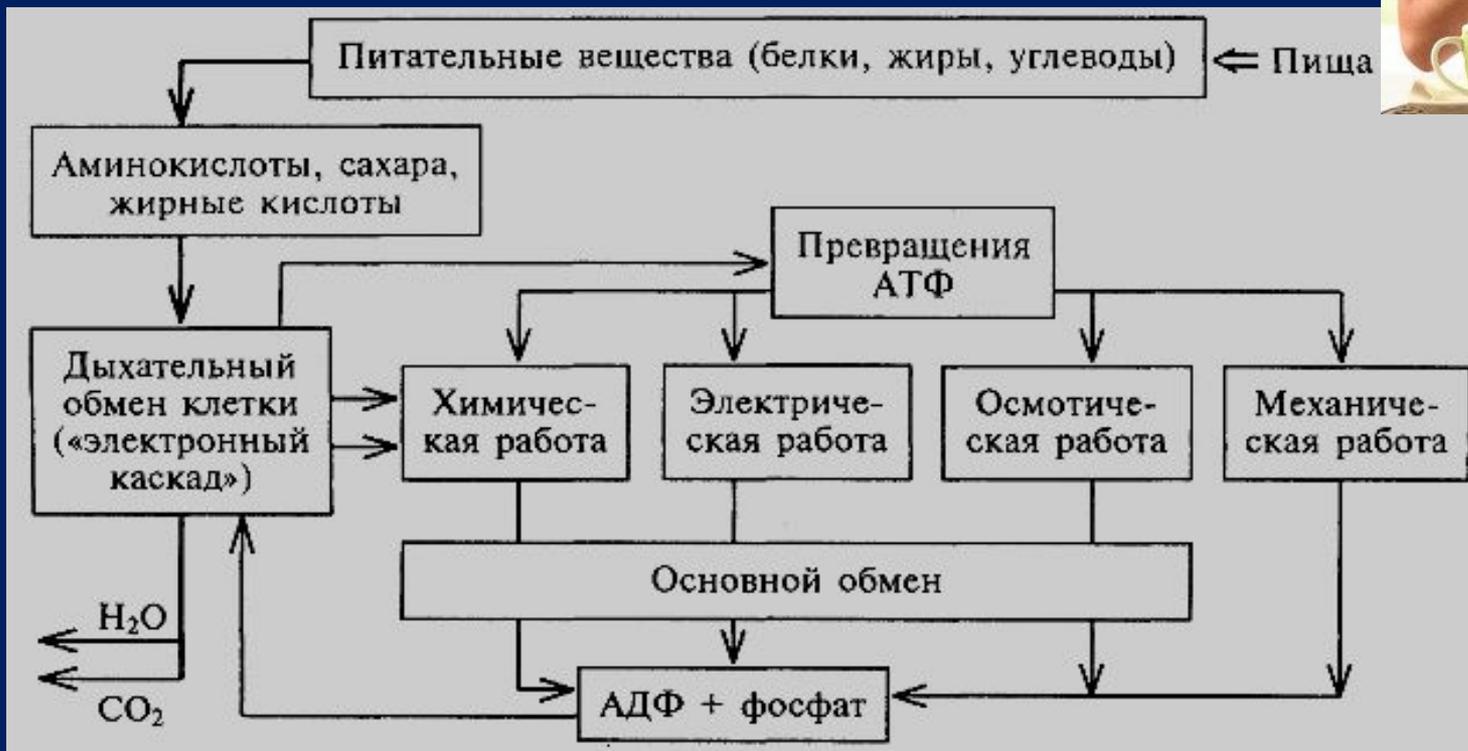
**Обмен веществ и энергии составляет  
основу жизнедеятельности и  
принадлежит к числу важнейших  
специфических признаков живой  
материи.**



**Клод Бернар (1813-1878)  
французский физиолог**

# Откуда берётся энергия

## для совершения работы в организме?



(по Леви А., Сикевича Г., 1971)

# Этапы обмена веществ

## Первый этап

Ферментативное расщепление белков, жиров и углеводов

## Второй этап

Транспорт питательных веществ кровью к тканям и клеточный метаболизм

## Третий этап

Выведение конечных продуктов метаболизма в составе мочи, кала, пота, через легкие в виде  $\text{CO}_2$  и т. д.

# Обмен веществ и энергии (метаболизм)

**Метаболизм** – совокупность протекающих в клетке химических превращений, обеспечивающих ее рост, жизнедеятельность, воспроизведение, обмен с окружающей средой

## Катаболизм

### Диссимиляция

Совокупность реакций расщепления и окисления органических веществ с выделением энергии и запасанием ее в виде АТФ (гликолиз, дыхание)

## Анаболизм

### Ассимиляция

Совокупность реакций синтеза органических веществ, протекающих с поглощением энергии. Источник энергии – АТФ (фотосинтез, биосинтез белка)

H<sub>2</sub>O и CO<sub>2</sub>

Энергия

АТФ

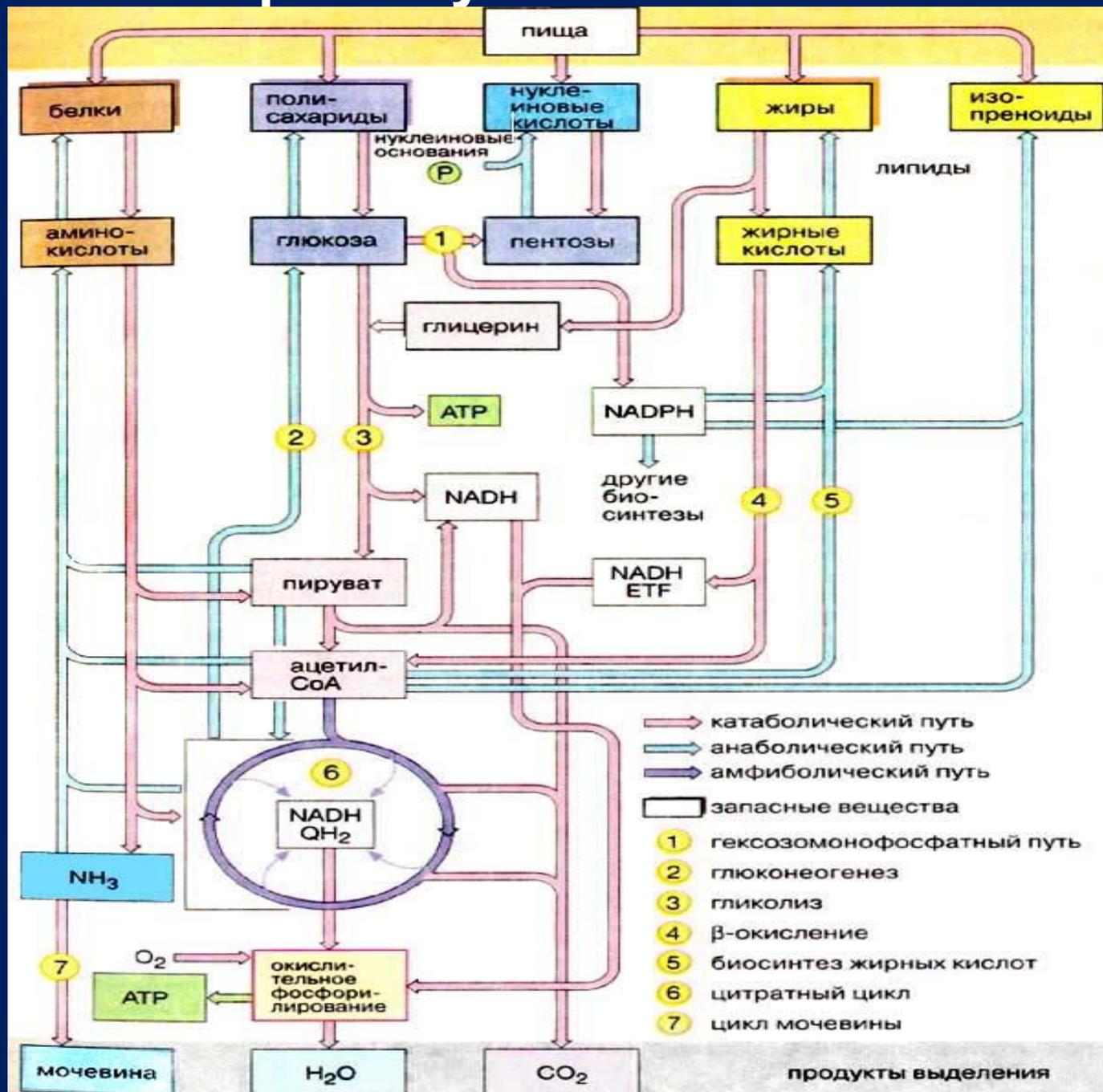
Тепловая,  
механическая (движение мышц),  
световая (бактерии)

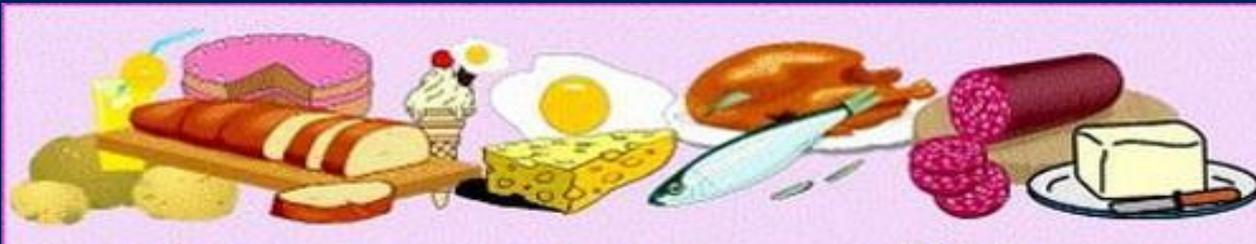
# Промежуточный обмен

**Промежуточный обмен** - совокупность химических превращений переваренных питательных веществ с момента поступления их в кровь до начала выделения конечных продуктов.

**Метаболиты** - результат химических превращений в организме.

Последовательная цепь реакций, обеспечивающих превращение одних веществ в другие носит название **метаболического пути**.

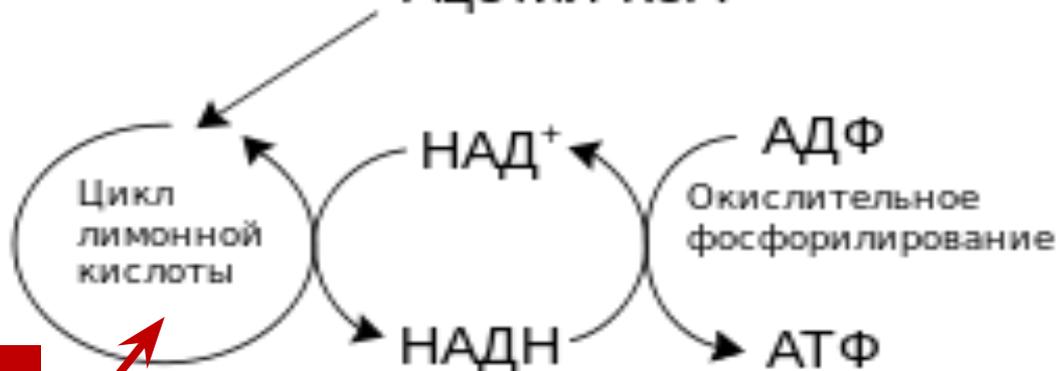




Белки, полисахариды и жиры

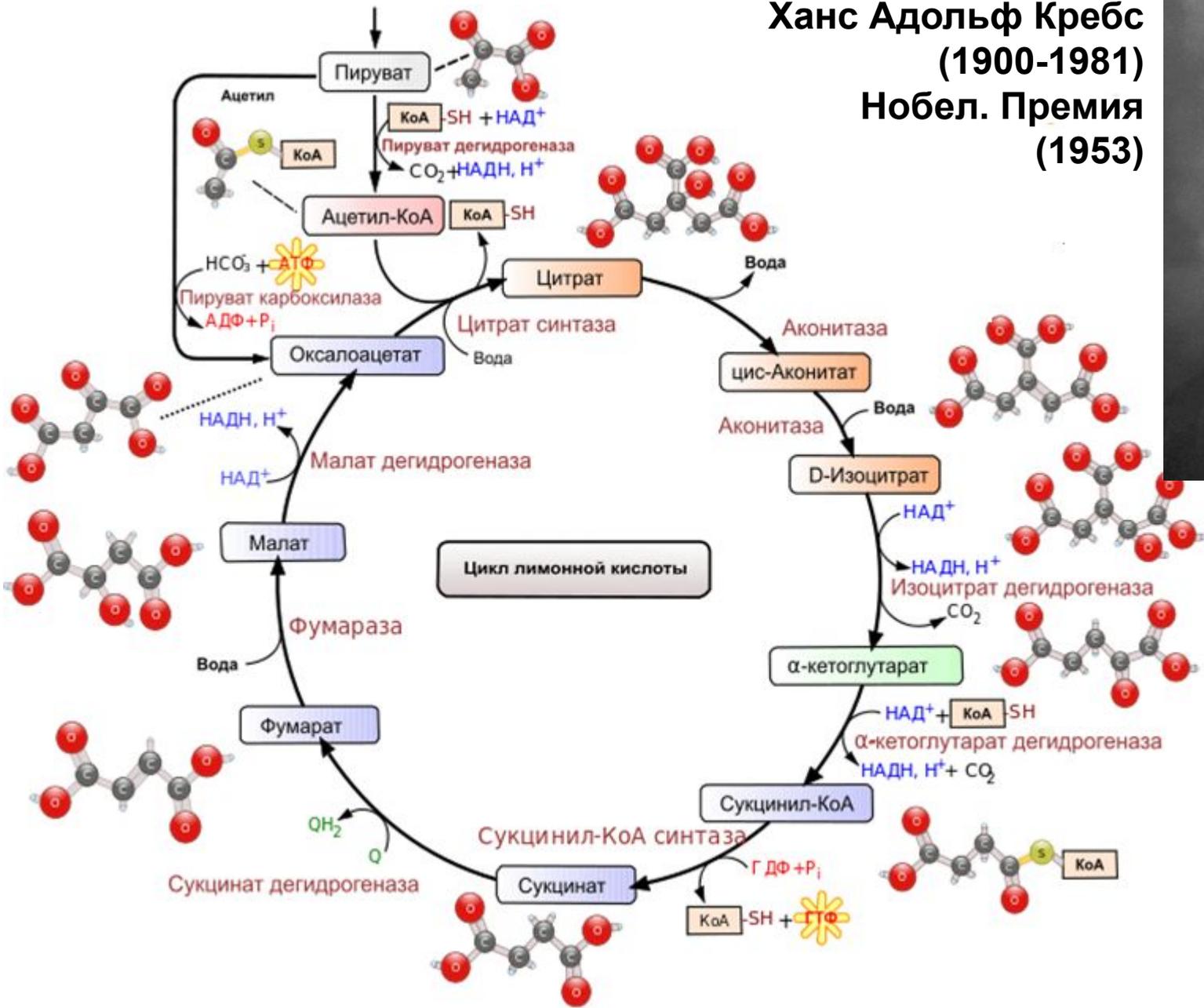
↓ ↓ ↓  
Аминокислоты, моносахариды, жирные кислоты

Ацетил-КоА



центральная  
часть  
промежуточного  
метаболизма

Ханс Адольф Кребс  
(1900-1981)  
Нобел. Премия  
(1953)



# Пространственное распределение реакций синтеза и реакций распада.

Компартмент	Метаболический процесс
Цитозоль	Гликолиз Глюконеогенез Пентозофосфатный путь Биосинтез липидов Биосинтез пуринов и пиримидинов
Митохондрия	Цитратный цикл $\beta$ -окисление жирных кислот Синтез кетоновых тел Дыхательная цепь

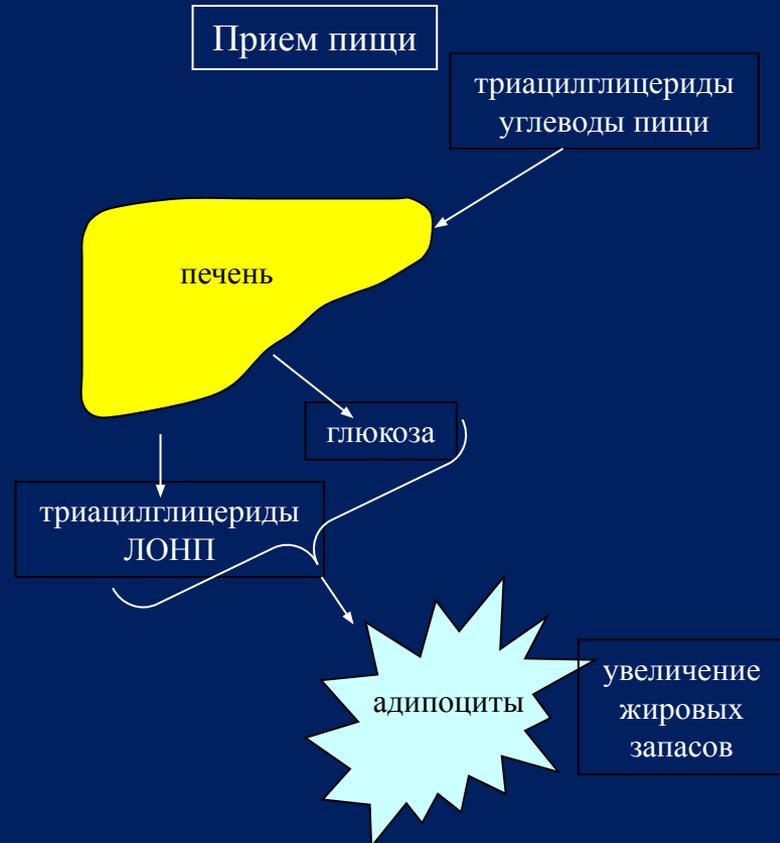
# Печень получает и перерабатывает метаболическую информацию



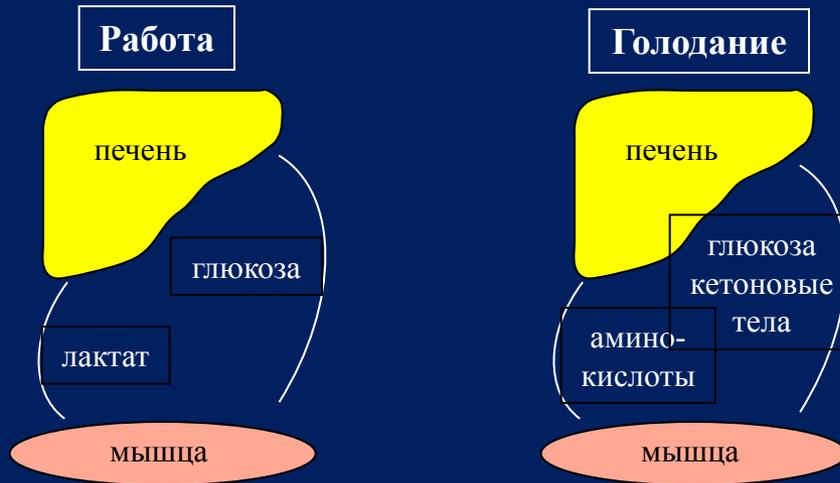
## Процессы, идущие исключительно или преимущественно в печени

Углеводы	Липиды	Азотистые соединения
галактоза } → глюкоза	холестерин → желчные кислоты	образование мочевины
фруктоза } → глюкоза	жиры → кетоновые тела	синтез белков сыворотки
глюкозо-6-Ф → глюкоза	липогенез	синтез гема
глюконеогенез	синтез холестерина	обмен ароматических а-к
		обмен нуклеотидов
		перенос метильных групп

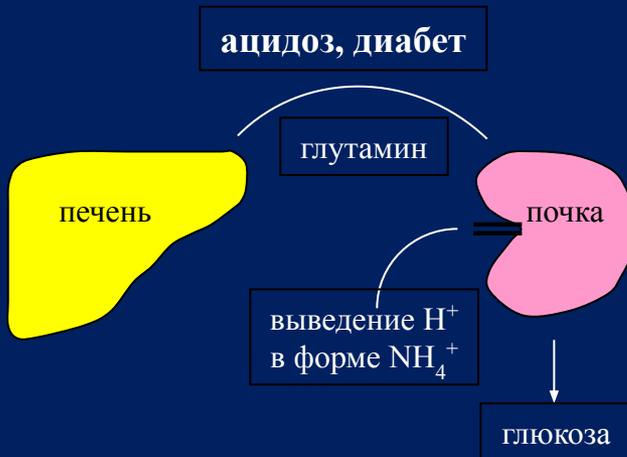
# Связи печени и жировой ткани



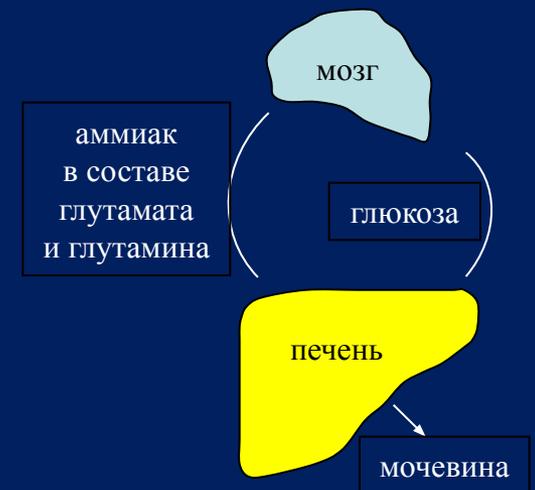
## Связи печени и мышечной ткани



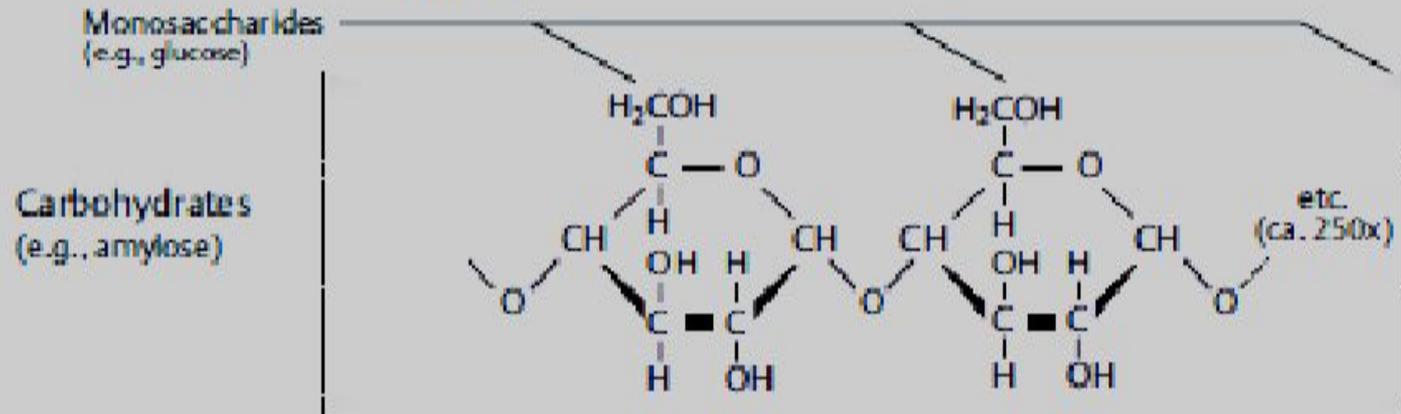
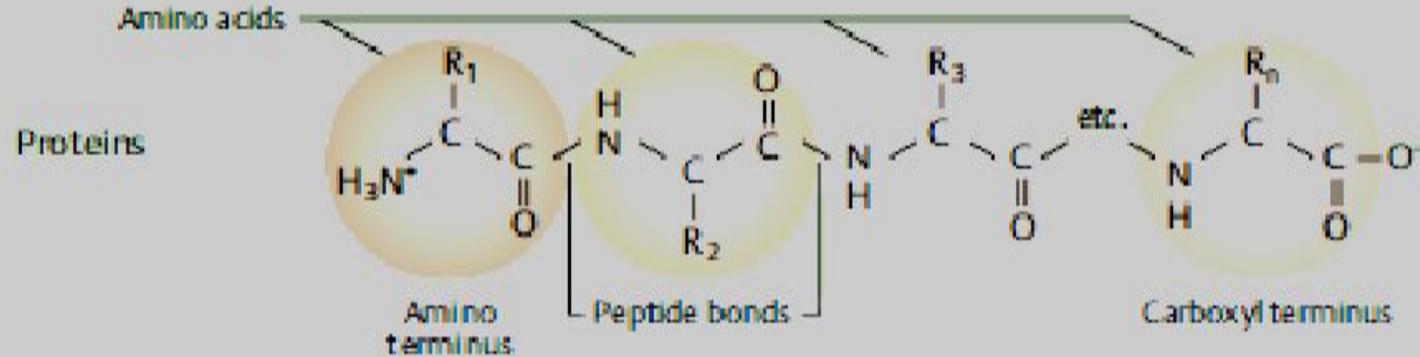
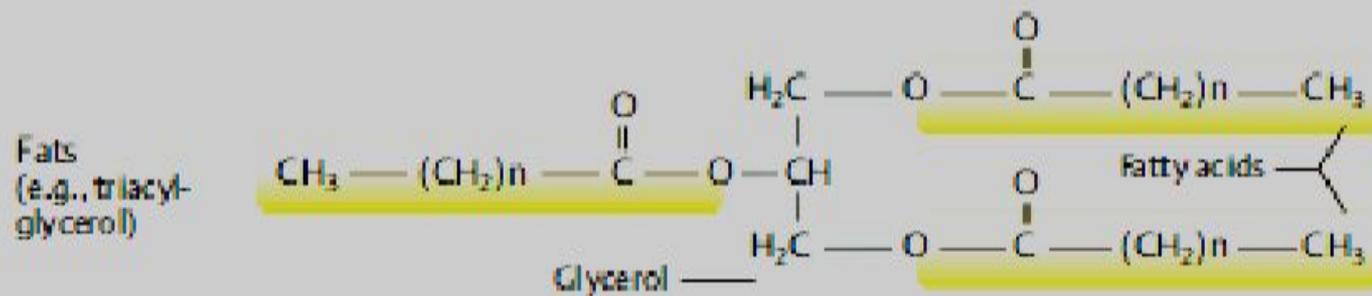
## Связь печени и почек



## Связи печени и мозга



## B. Chemical structure of fats, proteins and carbohydrates



# Обмен углеводов

Углеводы пищи

Фермент **птиалин, мальтаза** в ротовой полости

Фермент **амилаза** в тонком кишечнике

Пищеварительный канал

Глюкоза

Кровь

Печень (гликоген)  
Мышцы

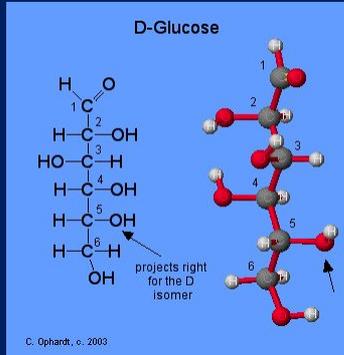
Глюкоза

Клетка

Окисление с выделением энергии

- 1г углевода при расщеплении дает 17,6 кДж (4,1 ккал)

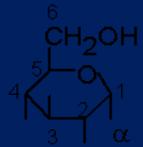
**50-60%**  
**энергетических**  
**потребностей**



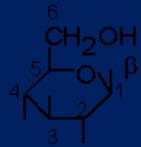
# Углеводы $[C(H_2O)]_n$

## Моносахариды

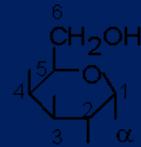
### Гексозы



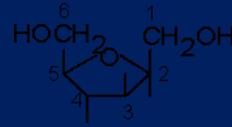
$\alpha$ -Глюкоза



$\beta$ -Глюкоза

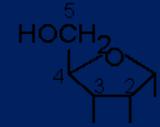


$\alpha$ -Галактоза

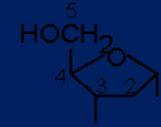


Фруктоза

### Пентозы



Рибоза



2-Дезоксирибоза

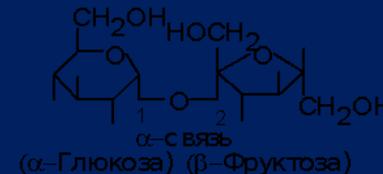
## Дисахариды



Мальтоза

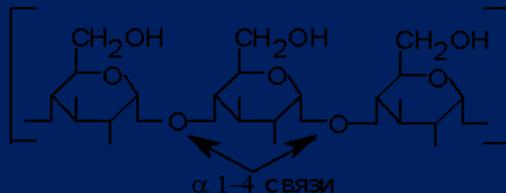


Лактоза

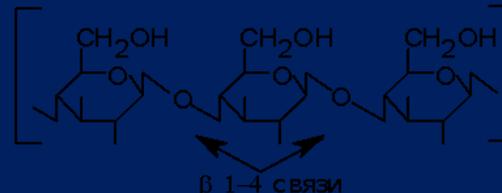


Сахароза

## Полисахариды



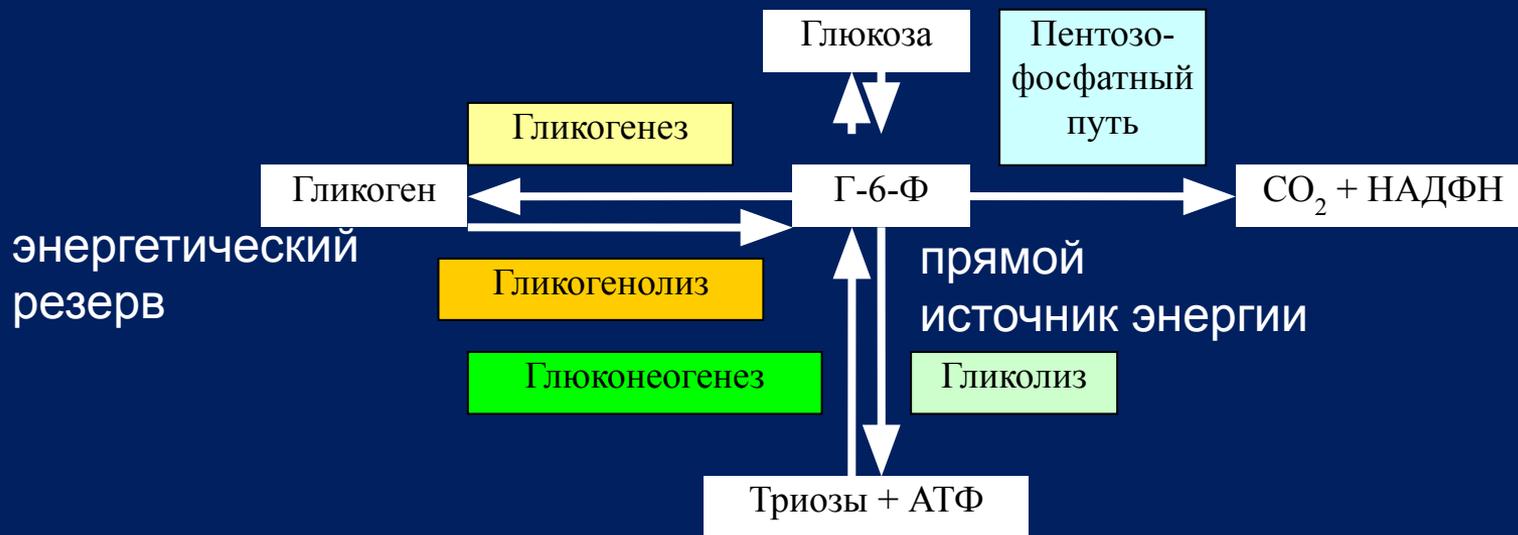
Крахмал, гликоген



Целлюлоза

**Растительная пища**  
**Суточная**  
**потребность**  
**500 г**  
**Минимальная**  
**потребность**  
**100-150 г**

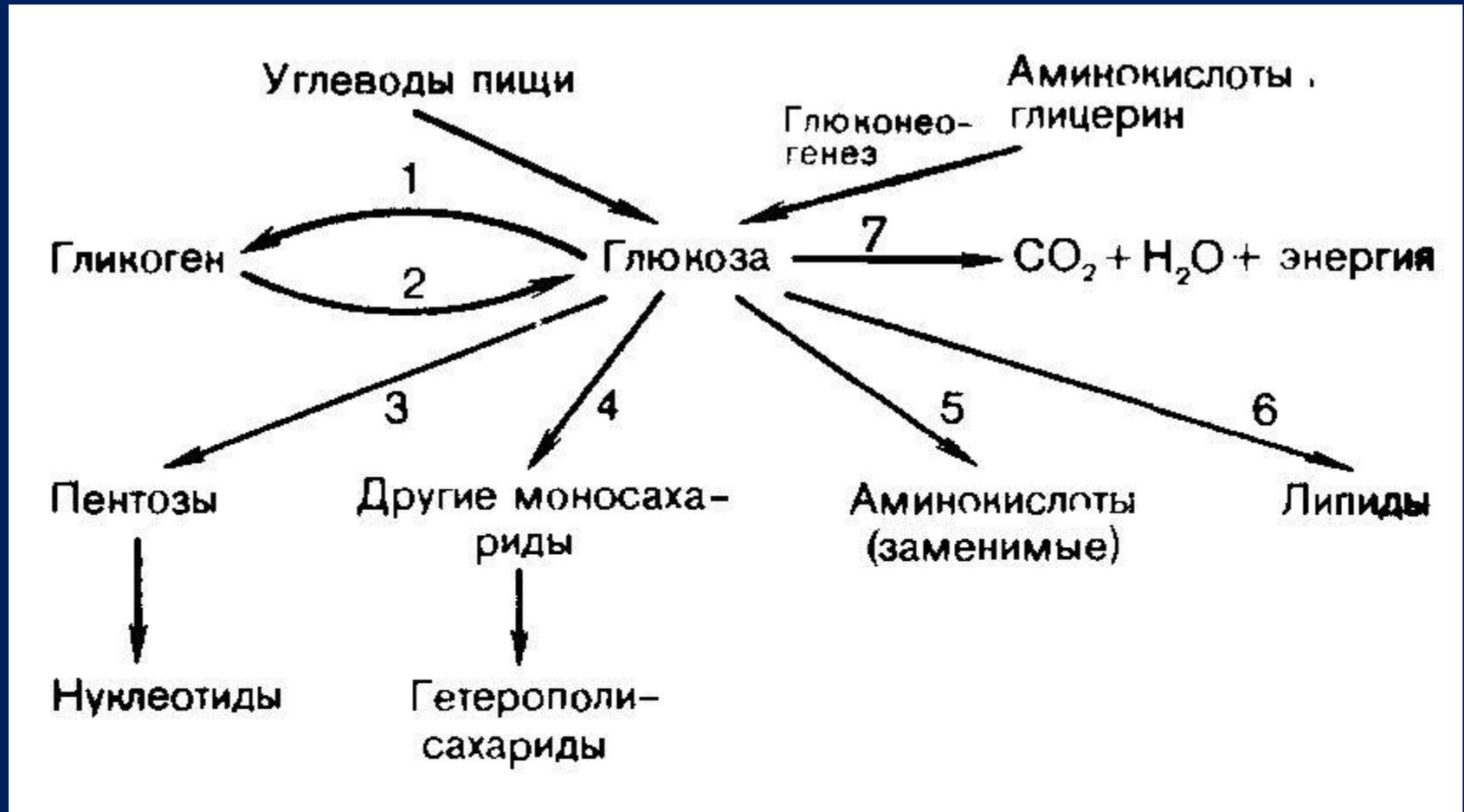
# Распределение глюкозы между путями обмена



**Гликолиз** - это серия реакций, в результате которых глюкоза распадается на две молекулы пирувата (аэробный гликолиз 8 моль АТФ) или две молекулы лактата (анаэробный гликолиз 2 моля АТФ *источником энергии для скелетных мышц и зрелых эритроцитов*).

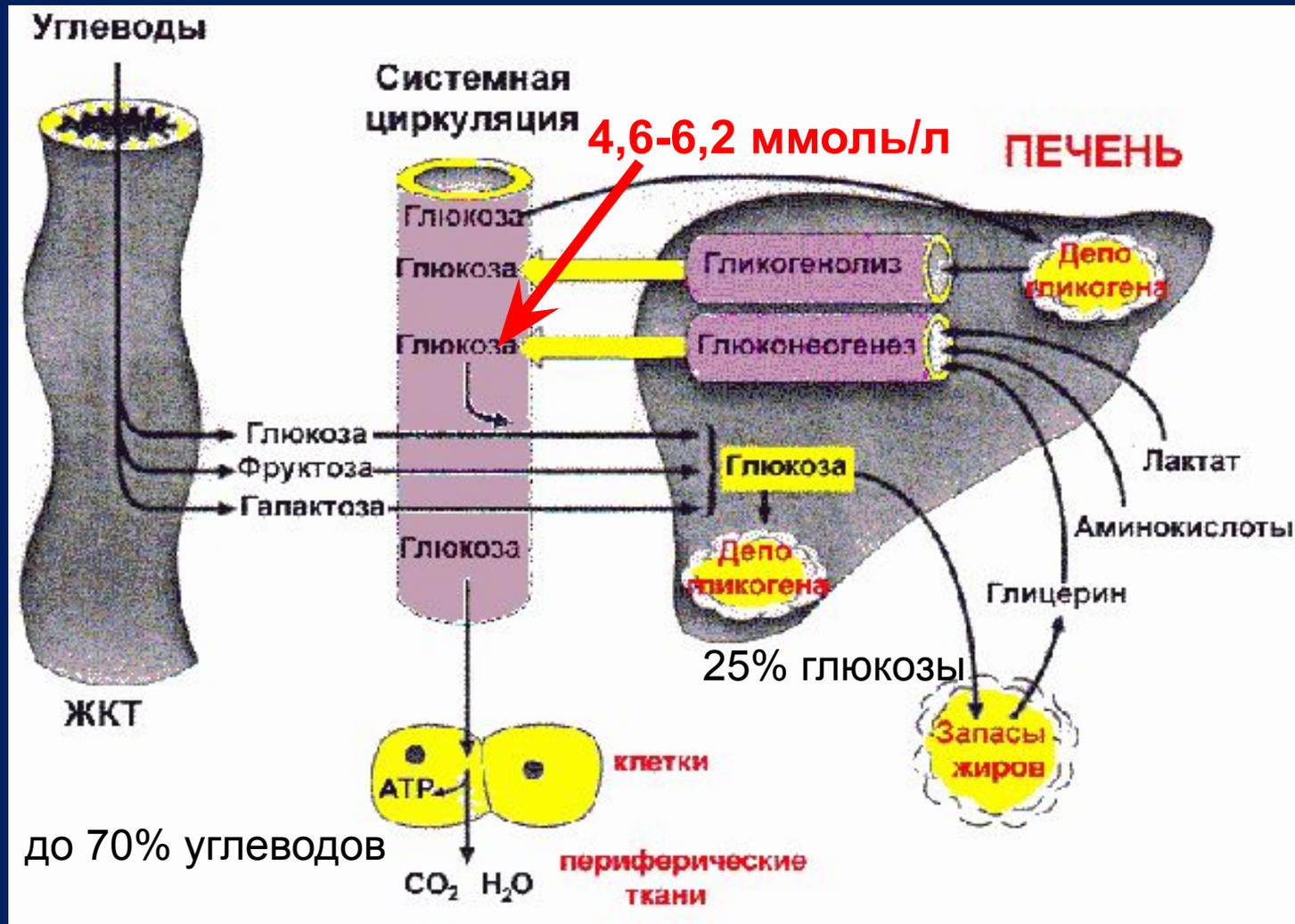
**Аэробный распад глюкозы** включает реакции аэробного гликолиза и последующее окисление пирувата в реакциях катаболизма. Таким образом, аэробный распад глюкозы - это предельное ее окисление до СО<sub>2</sub> и Н<sub>2</sub>О **38 моль АТФ**

# Общая схема метаболизма глюкозы



# Печень – «глюкостат»

При избытке глюкозы печень накапливает её в виде гликогена, а при дефиците глюкозы - поставляет её за счёт процессов гликогенолиза и глюконеогенеза

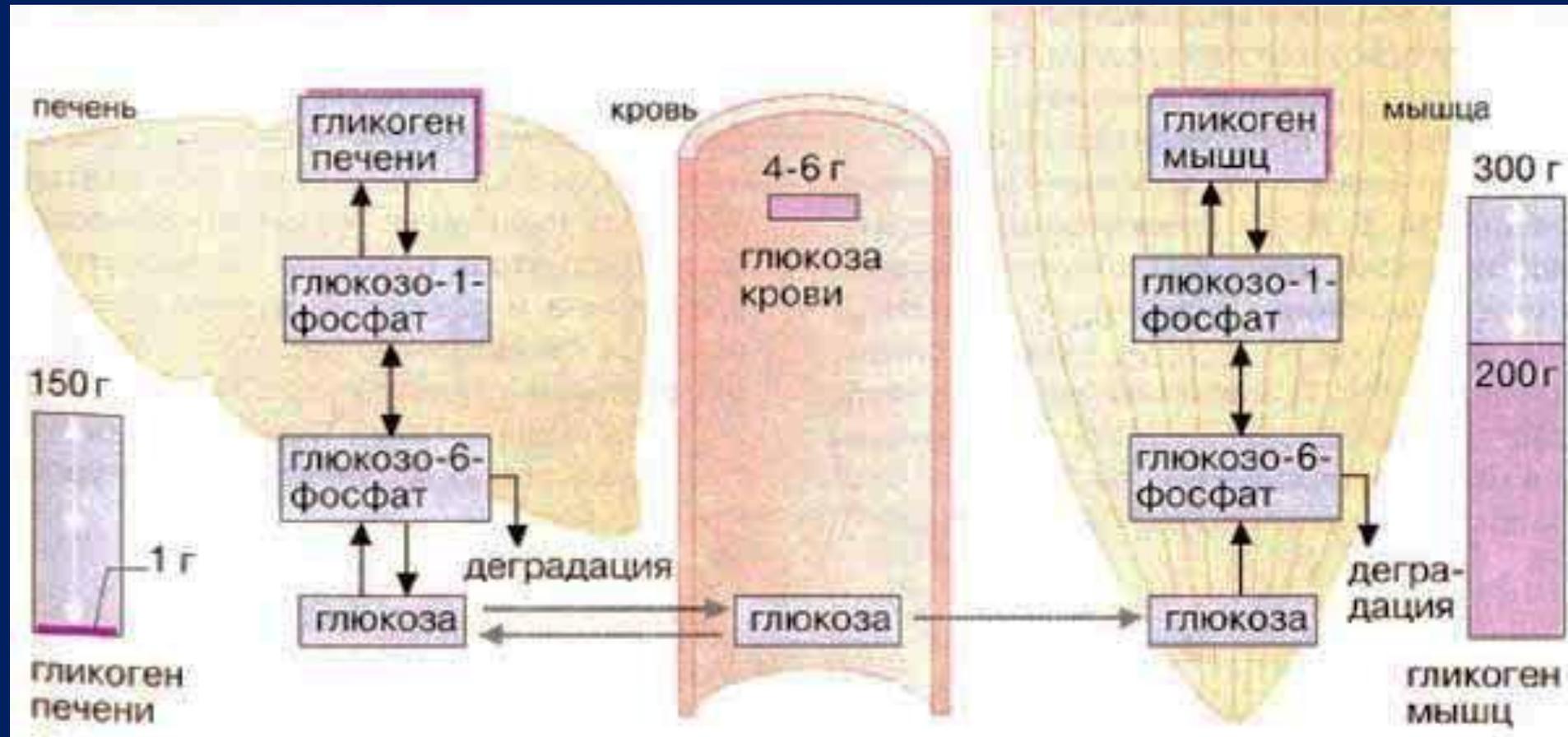


2-5% глюкозы откладывается в виде гликогена в печени и в мышцах, В печени 150-200 г (до 20% от её массы), в мышцах 1-2% от их массы.

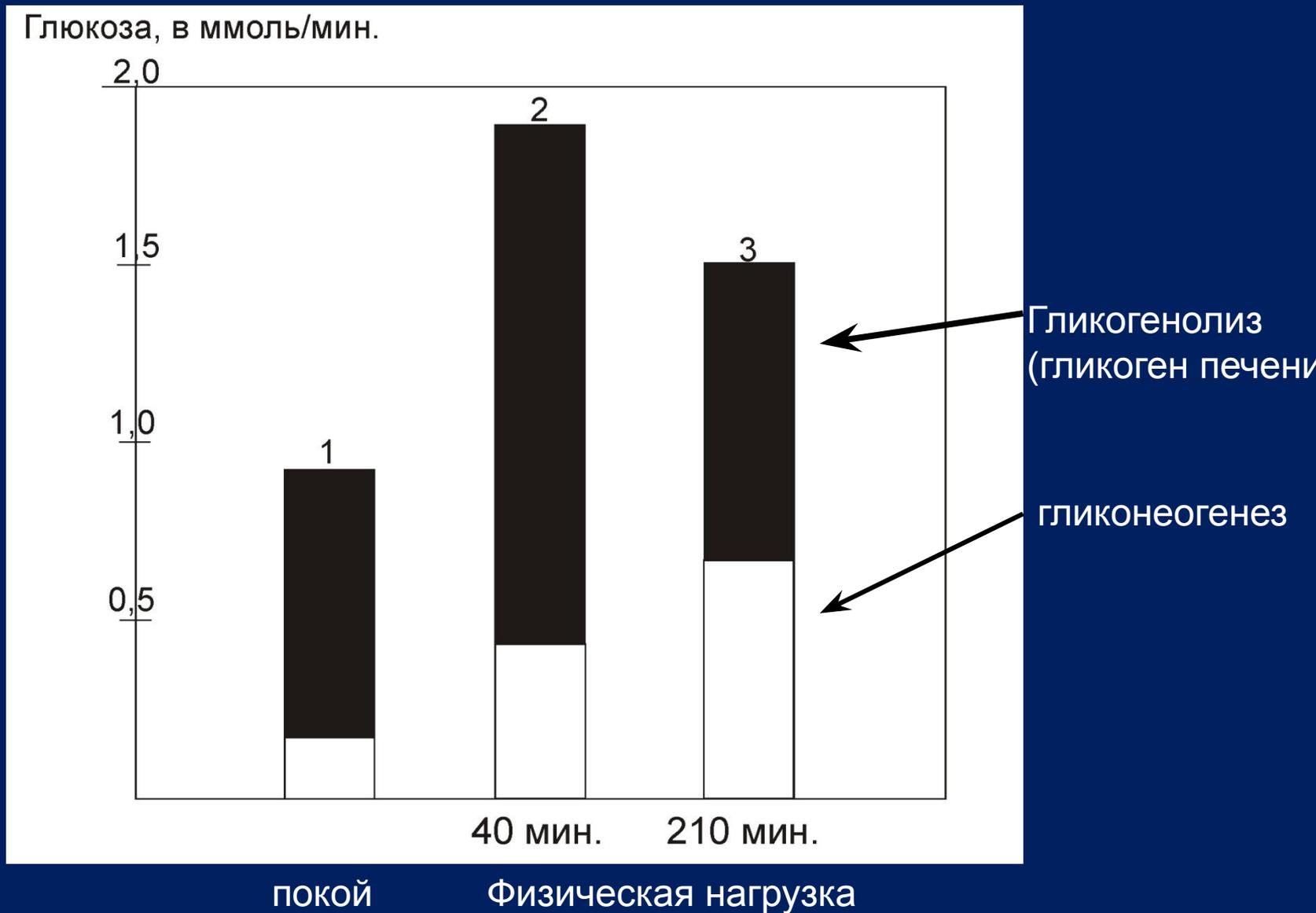


# Баланс гликогена.

В организме содержится до 450 г гликогена (печень 150-200 г, мышцы 250-300 г)

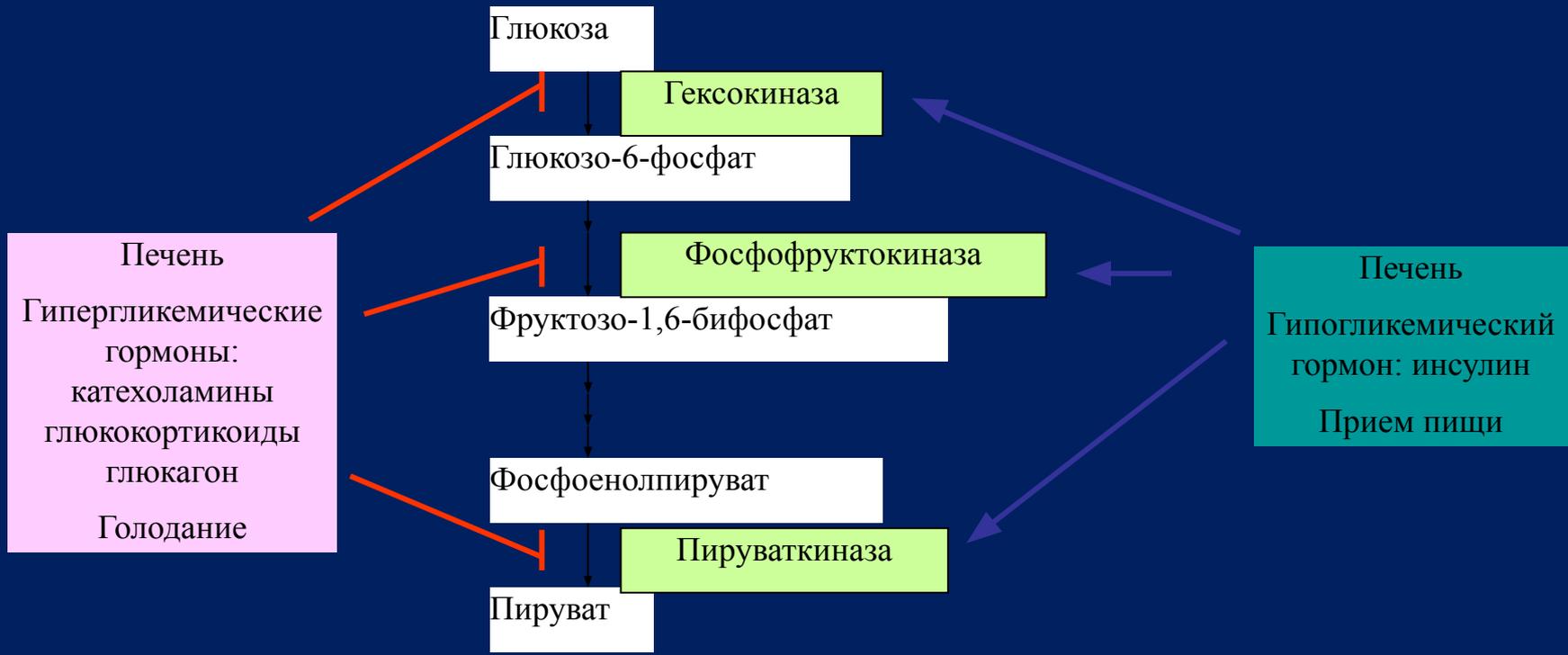


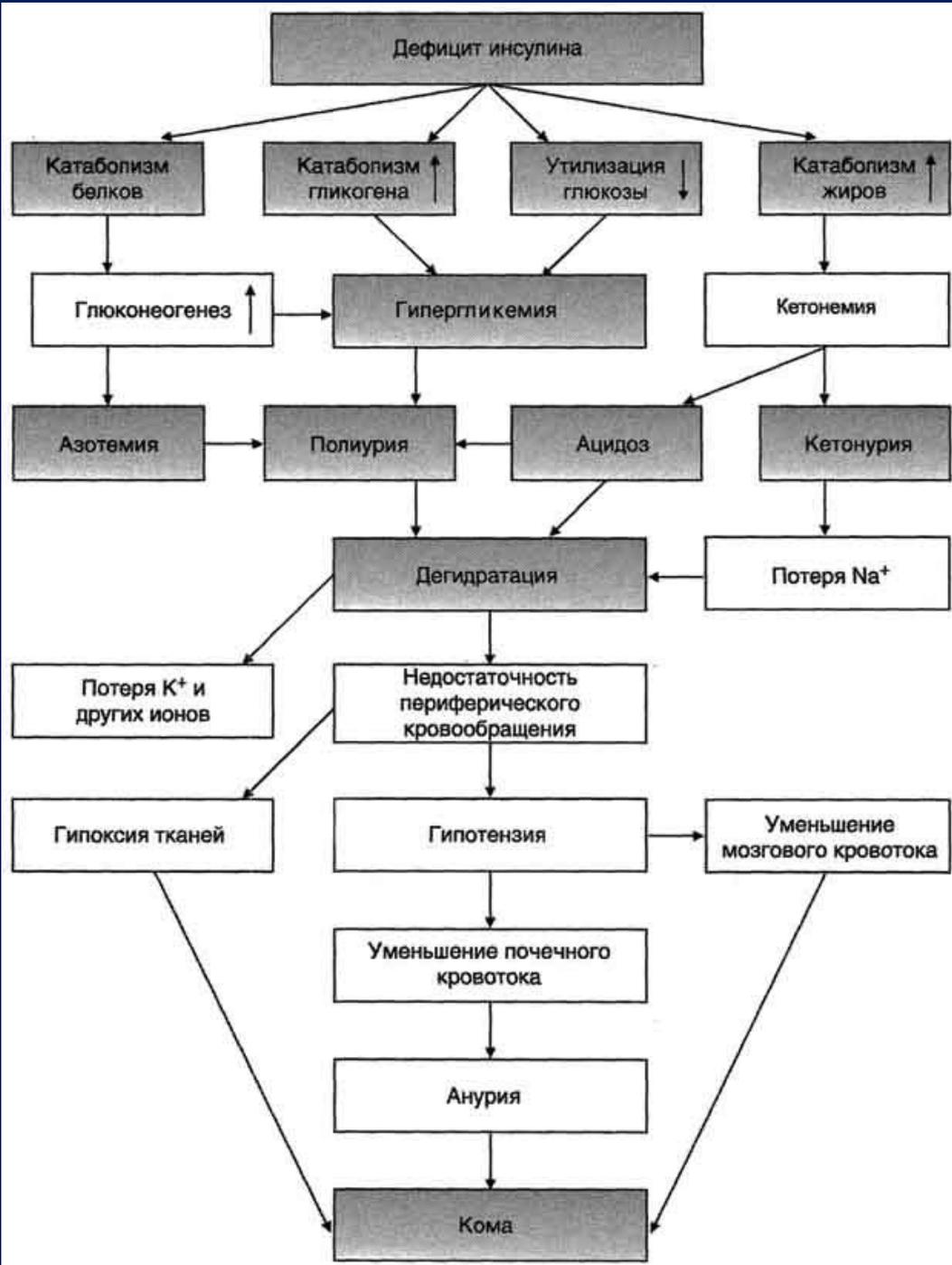
# Источники глюкозы в покое и при мышечной нагрузке



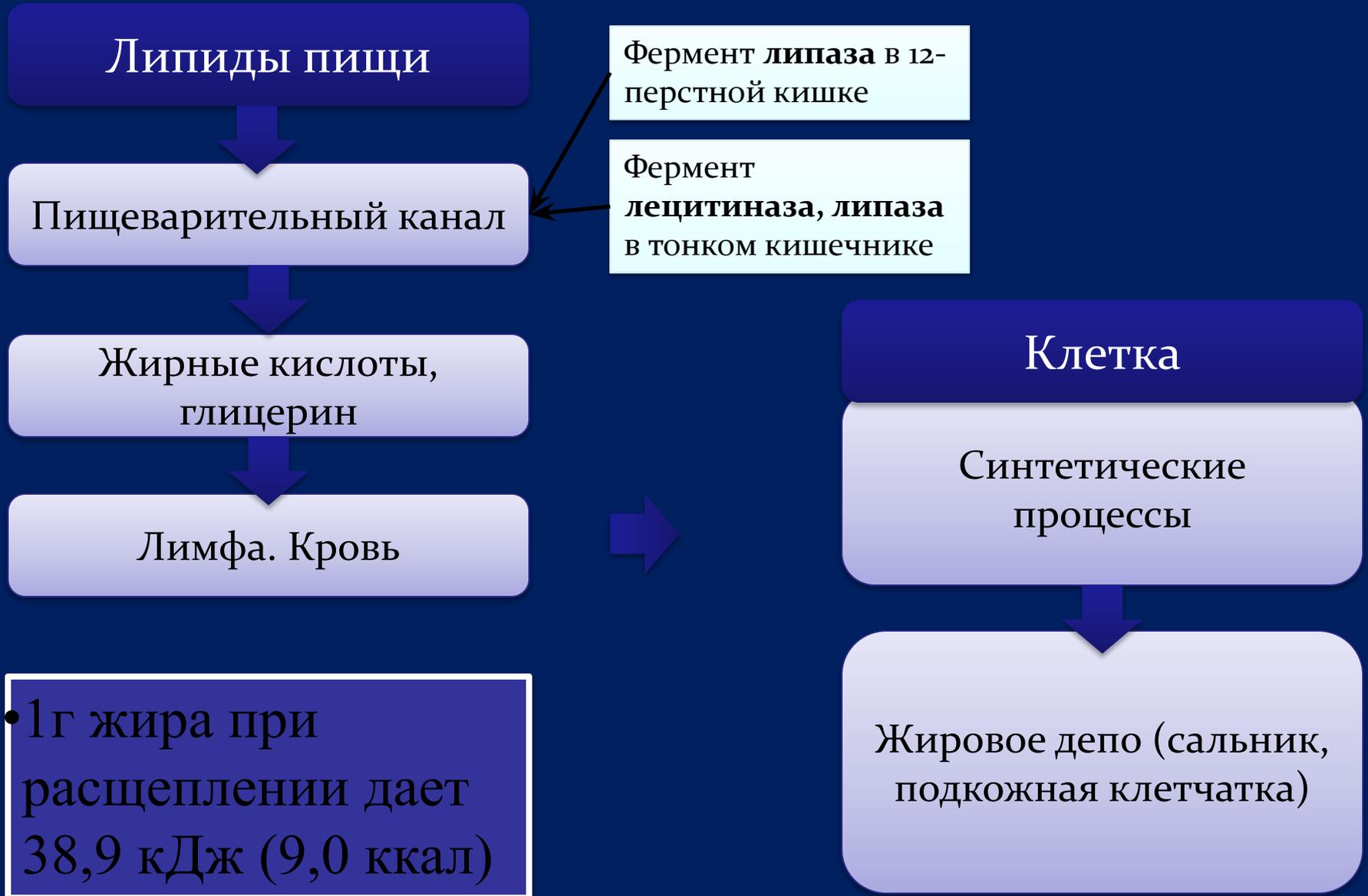
# Регуляция углеводного обмена

## Лимитирующие ферменты гликолиза





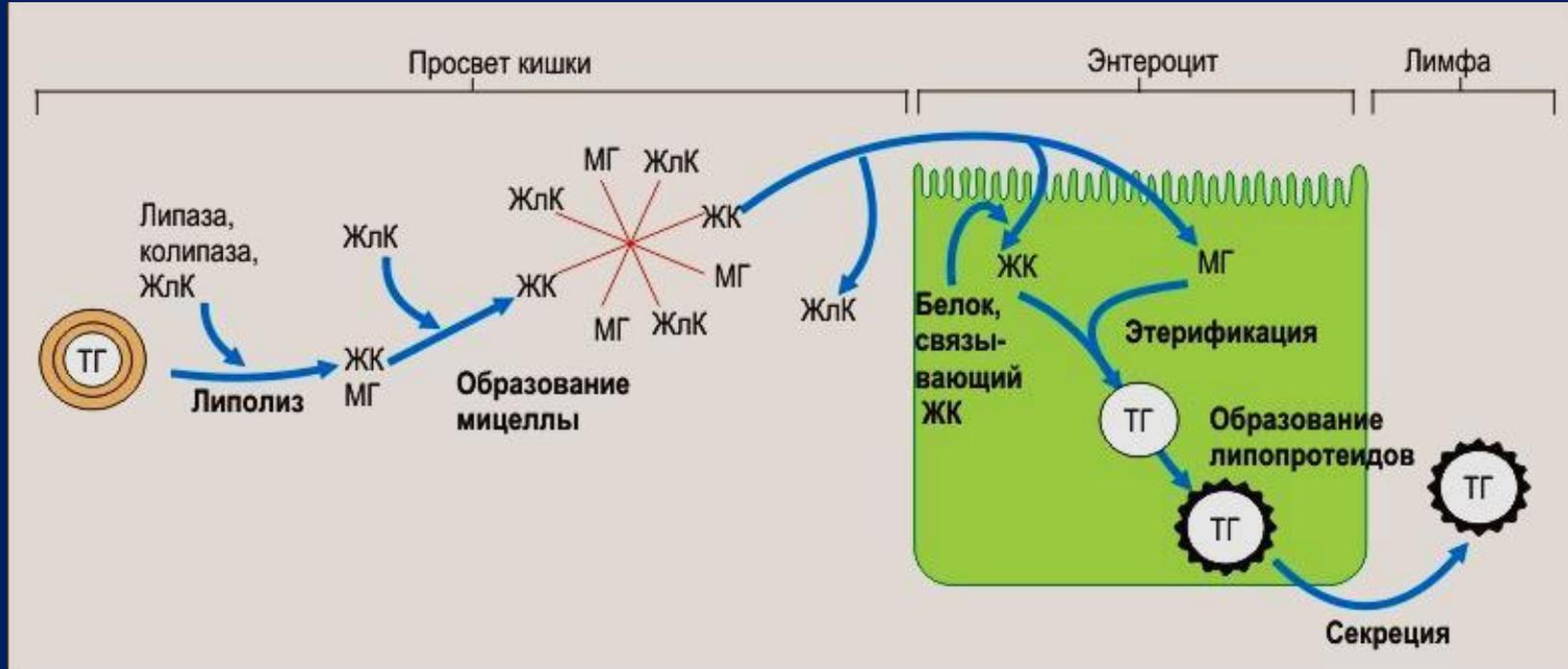
# Обмен жиров



**Жиры, поступающие с пищей под действием липаз распадаются в ЖКТ на глицерин и жирные кислоты.**

**Суточная потребность 70—80 г**

**Суммарное количество жиров в организме человека составляет 10—20 % массы тела.**



### Функции:

- **энергетическая** (37,7 кДж (9,0 ккал)/г).
- **пластическая**
- **регуляторная**
- **источник эндогенной воды** (100г жира дает 107г воды).
- **терморегуляторная**
- **защитная**

# Некоторые представители липидов

Липиды (40-50% энергообмена)

## Жирные кислоты

$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{14}-\text{COOH}$  Пальмитиновая кислота (16:0)

$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{16}-\text{COOH}$  Стеариновая кислота (18:0)

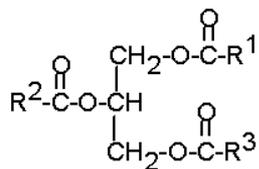
$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_7-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_7-\text{COOH}$  Олеиновая кислота (18:1)

$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_4-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_7-\text{COOH}$  Линолевая кислота (18:2)

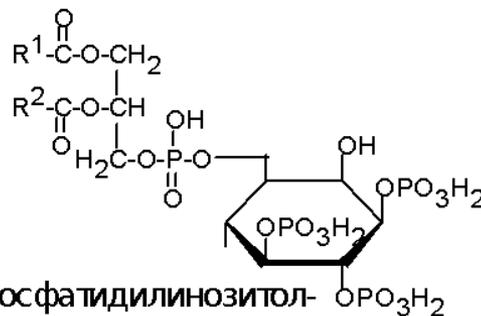
$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_7-\text{COOH}$  Линоленовая кислота (18:3)

$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_4-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_3-\text{COOH}$  Арахидоновая кислота (20:4)

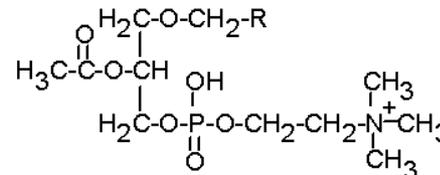
незаменимые  
ЖК



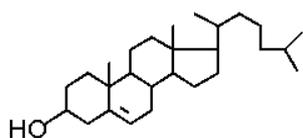
Триглицериды



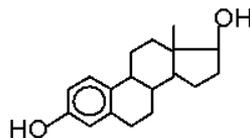
Фосфатидилинозитол-  
3,4,5-трифосфат



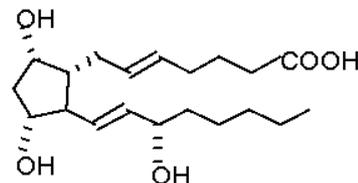
Фактор, активирующий тромбоциты



Холестерин



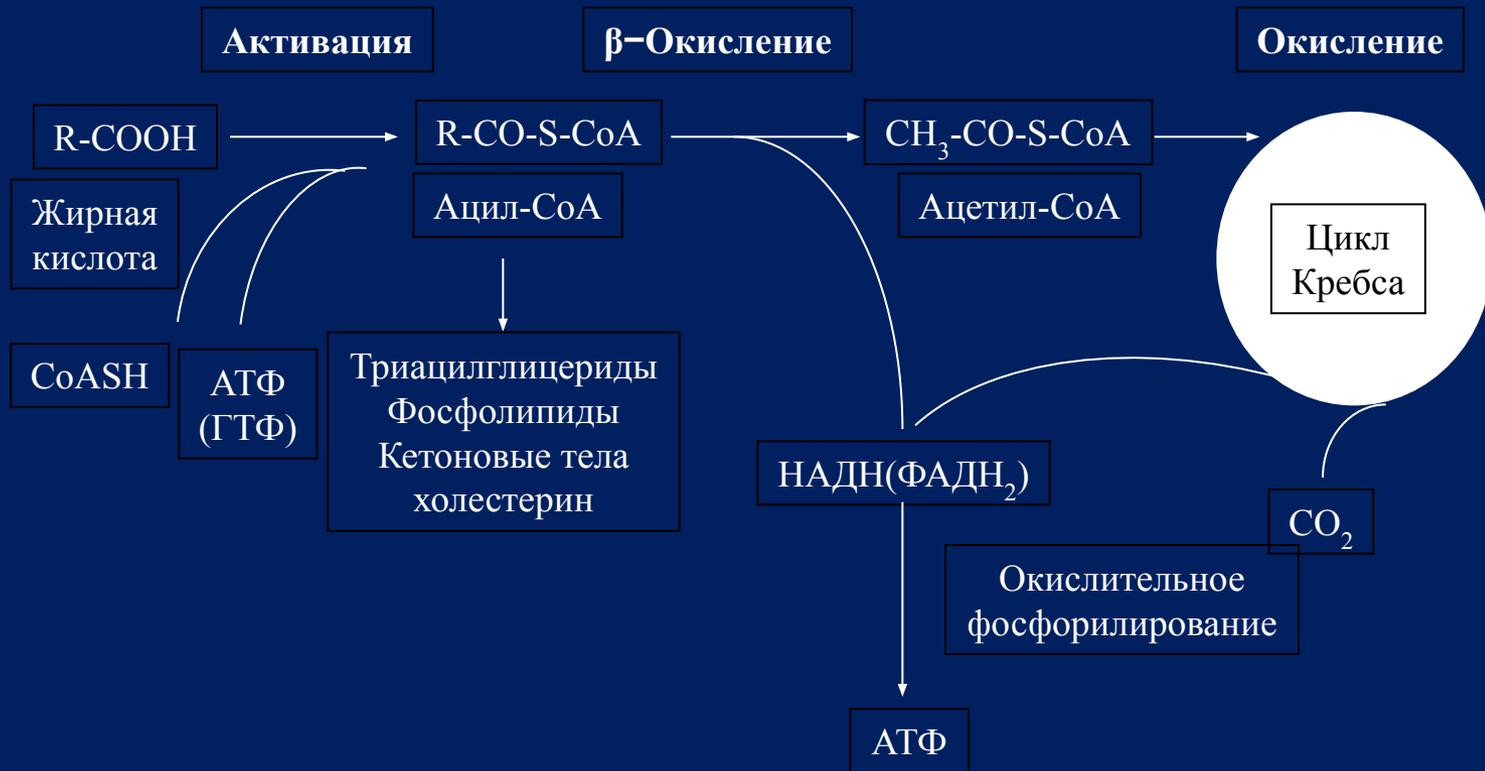
Эстрадиол



Простагландин F<sub>2α</sub>

Потребность в экзогенном холестероле составляет 400 мг/сут. Эндогенно (в самом организме) синтезируется около 1000 мг/сут. Из них 500 мг образуется в печени.

# Этапы окисления жирной кислоты



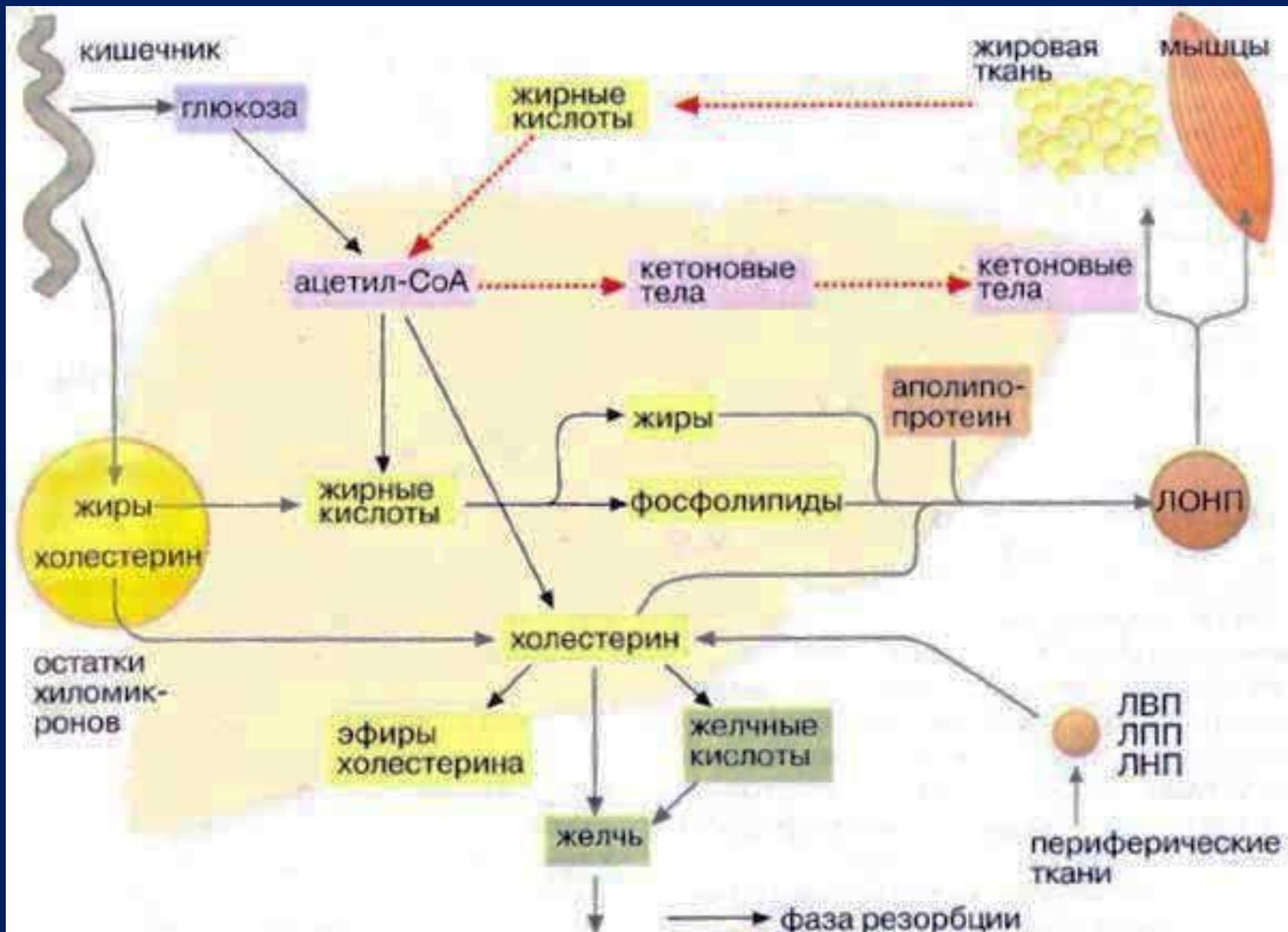
# Бурый жир – термогенный орган у новорожденных и грудных детей.

теплопродукция бурого жира в 20 и более раз превышает таковую обычной жировой ткани.

В митохондриях бурой жировой ткани почти вся энергия (а не 30—40 %, как в обычных митохондриях) окисления превращается в тепло. Происходит разобщение процессов окисления и фосфорилирования (образования АТФ).

В небольшом количестве (0,1—0,2 % от общей массы тела) бурый жир имеется и у взрослого человека.

# Обмен липидов



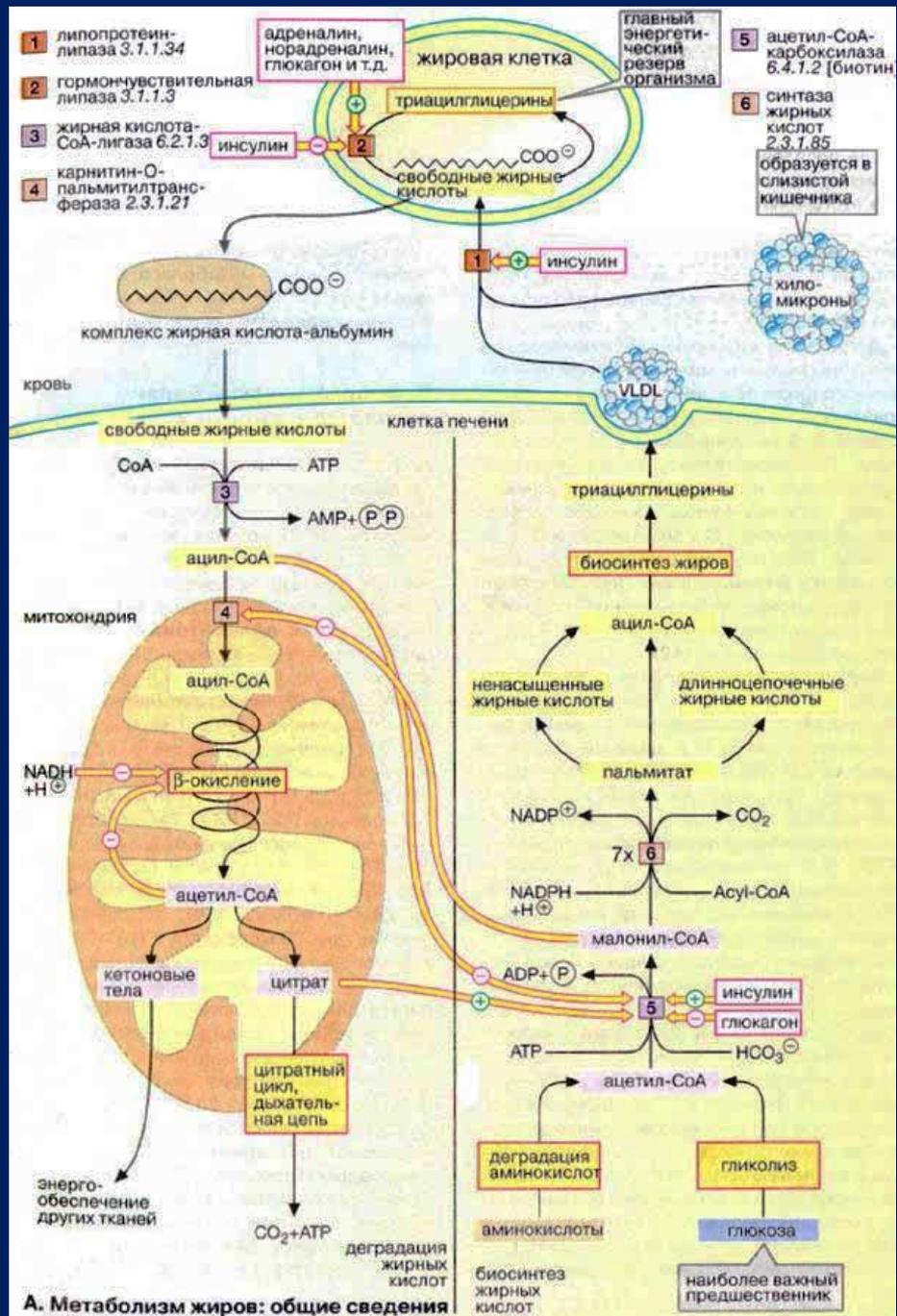
# Виды липопротеинов

Вид	Размеры	Функция
Липопротеины высокой плотности (ЛПВП)	8-11 нм	Транспорт холестерина от периферийных тканей к печени
Липопротеины низкой плотности (ЛПНП)	18-26 нм	Транспорт холестерина, триацилглицеридов и фосфолипидов от печени к периферийным тканям
Липопротеины промежуточной (средней) плотности ЛППП (ЛПСР)	25-35 нм	Транспорт холестерина, триацилглицеридов и фосфолипидов от печени к периферийным тканям
Липопротеины очень низкой плотности (ЛПОНП)	30-80 нм	Транспорт холестерина, триацилглицеридов и фосфолипидов от печени к периферийным тканям
Хиломикроны	75-1200 нм	Транспорт холестерина и жирных кислот, поступающих с пищей, из кишечника в периферические ткани и печень

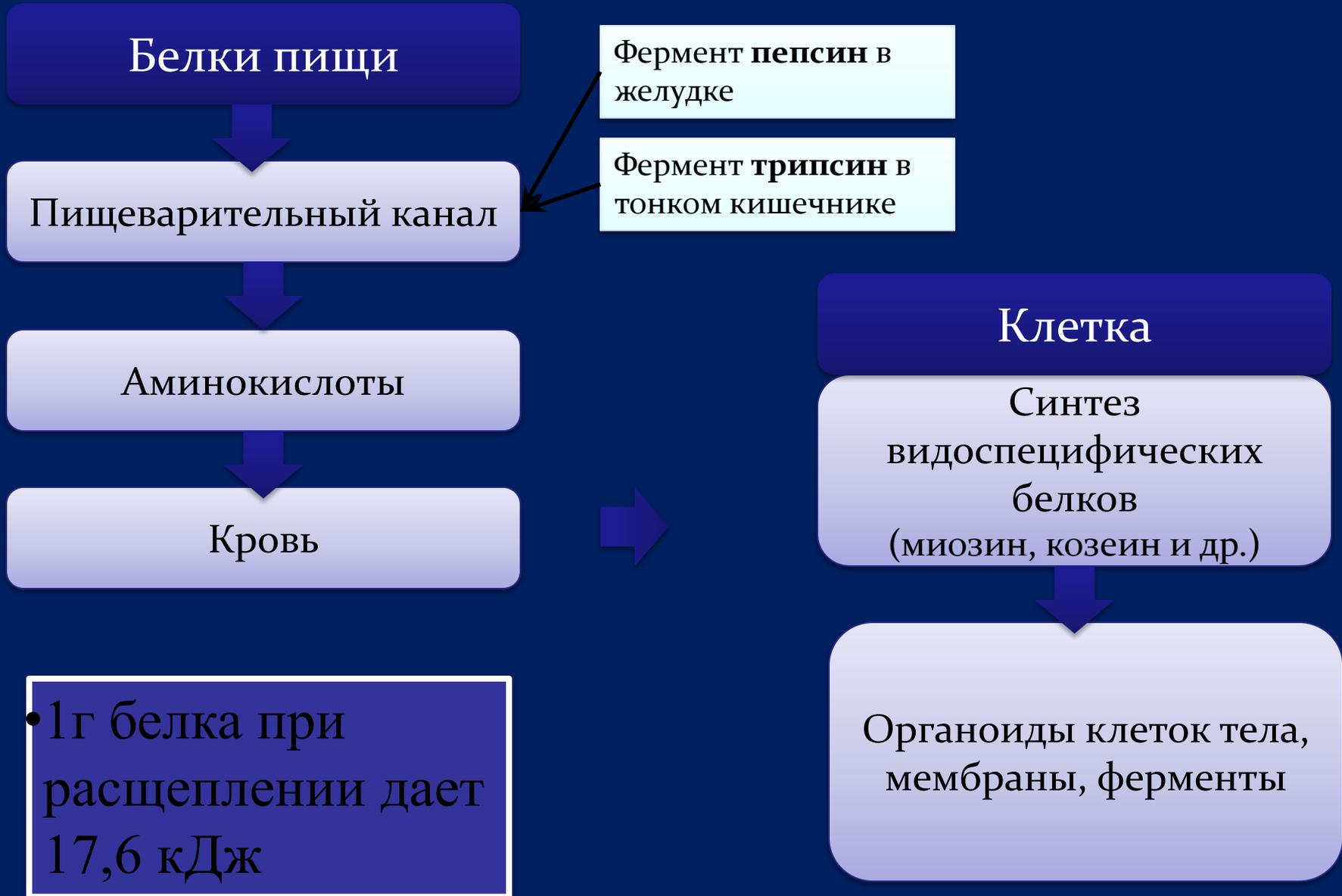
Нековалентная связь в липопротеинах между белками и липидами имеет важное биологическое значение. Она обуславливает возможность свободного обмена липидов и модуляцию свойств липопротеинов в организме.

# Липолиз

Активация в адипоцитах осуществляется опосредованно через гормон-чувствительную липазу (адреналин, норадреналин, глюкагон и др.) Высвободившиеся в крови жирные кислоты образуют комплекс с альбумином и транспортируются в гепатоциты, где в митохондриальном матриксе подвергаются окислению.



# Обмен белков

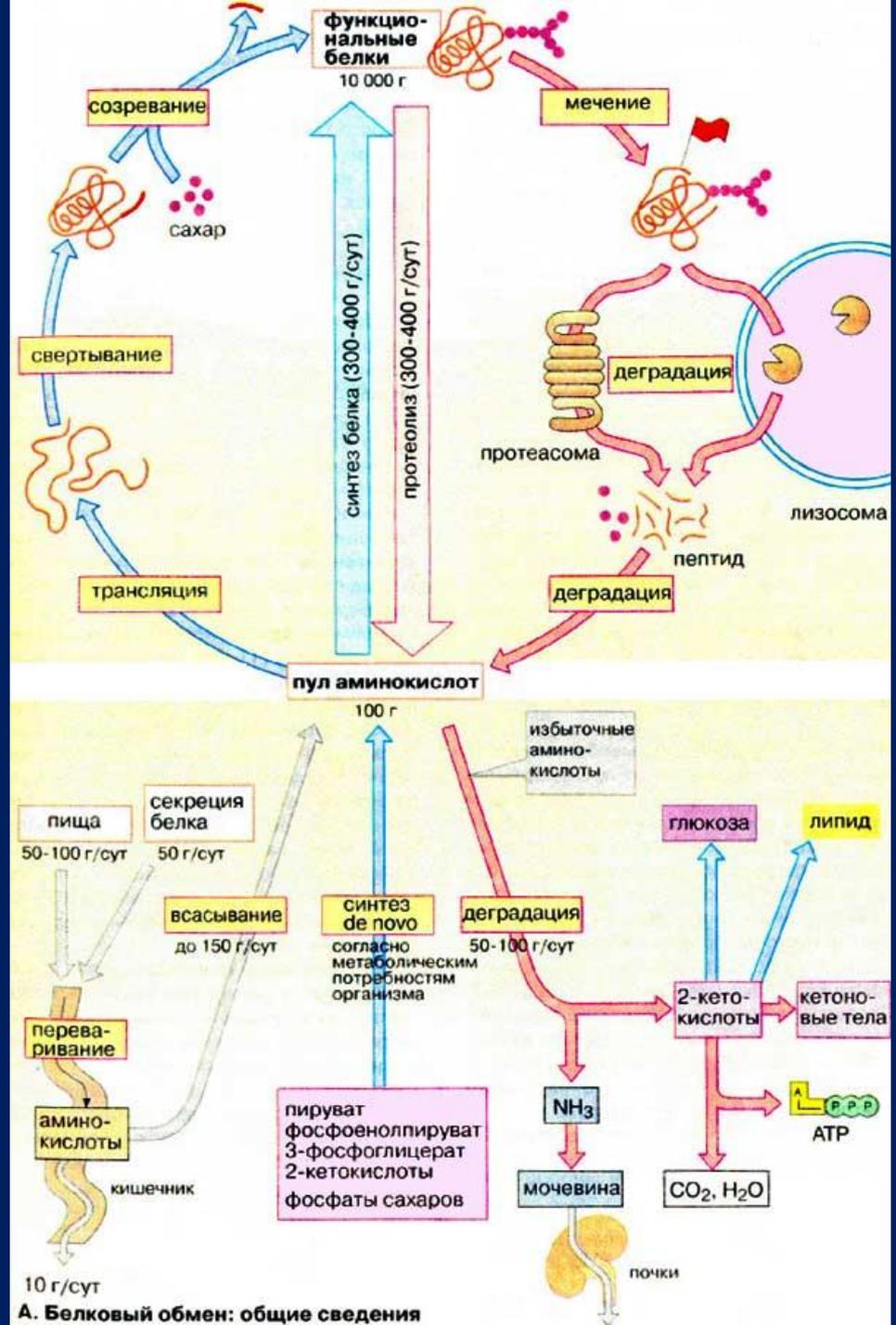


# Белковый обмен.

На долю белков приходится 50% сухой массы клетки или 17% от массы тела

## Функции:

- пластическая (структурная),
- каталитическая (ферментативная),
- защитная,
- транспортная функция
- энергетическая (16,7 кДж (4,0 ккал)/г).



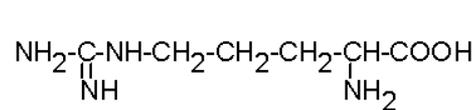
# Биологическая ценность белков

полноценные белки  
животного  
происхождения

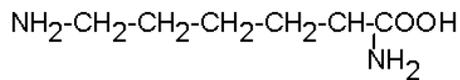
состав  
разные комбинации  
20 аминокислот

неполноценные белки  
растительного  
происхождения

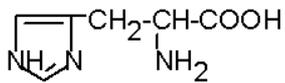
## Незаменимые аминокислоты



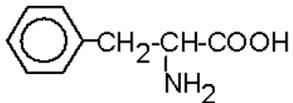
**Аргинин**



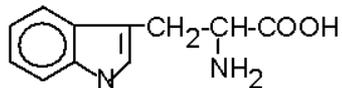
**Лизин**



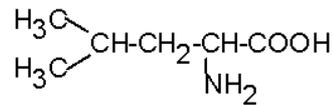
**Гистидин**



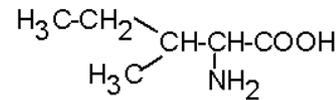
**Фенилаланин**



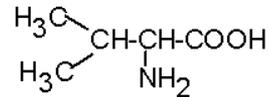
**Триптофан**



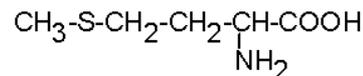
**Лейцин**



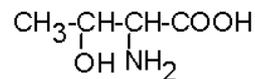
**Изолейцин**



**Валин**

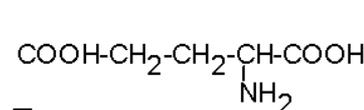


**Метионин**

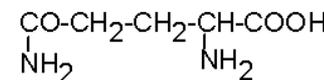


**Треонин**

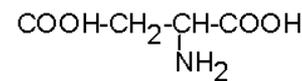
## Заменимые аминокислоты



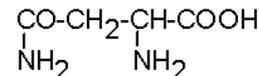
**Глутамат**



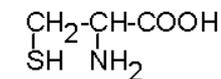
**Глутамин**



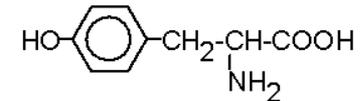
**Аспарат**



**Аспарагин**



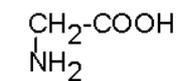
**Цистеин**



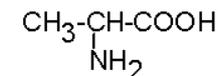
**Тирозин**



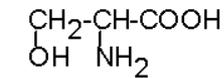
**Пролин**



**Глицин**



**Аланин**

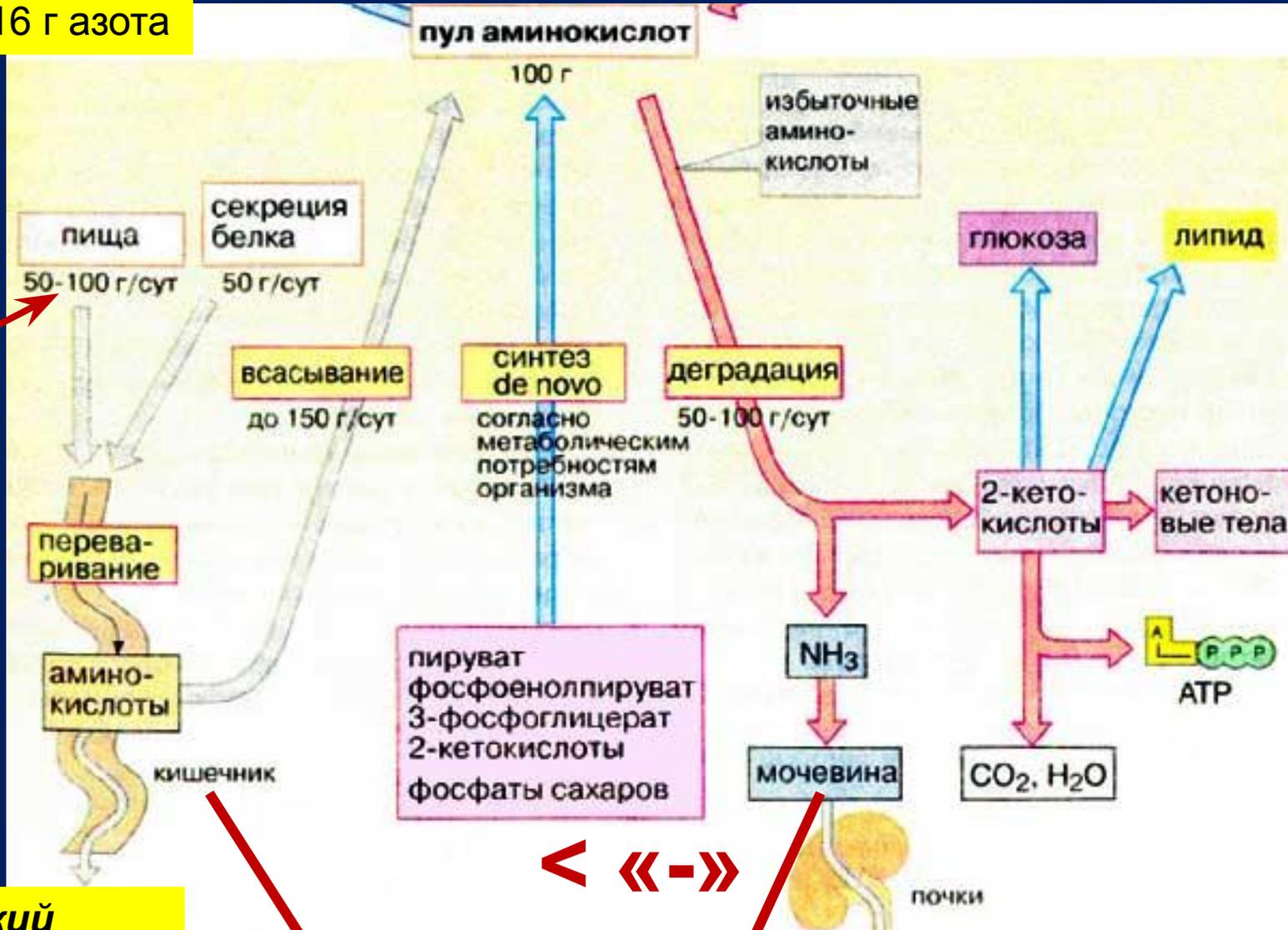


**Серин**

# Значение азотистого баланса для белкового обмена

В 100г белка - 16 г азота

суточная  
потребность  
белка



**Физиологический минимум** белка - 30—45 г животного белка в сутки.

< «-»

> «+»

**аминокислоты взаимопревращаются: образуются метаболиты, которые включаются в цикл трикарбоновых, или в случае образования кетоновых тел включаются в глюконеогенез**



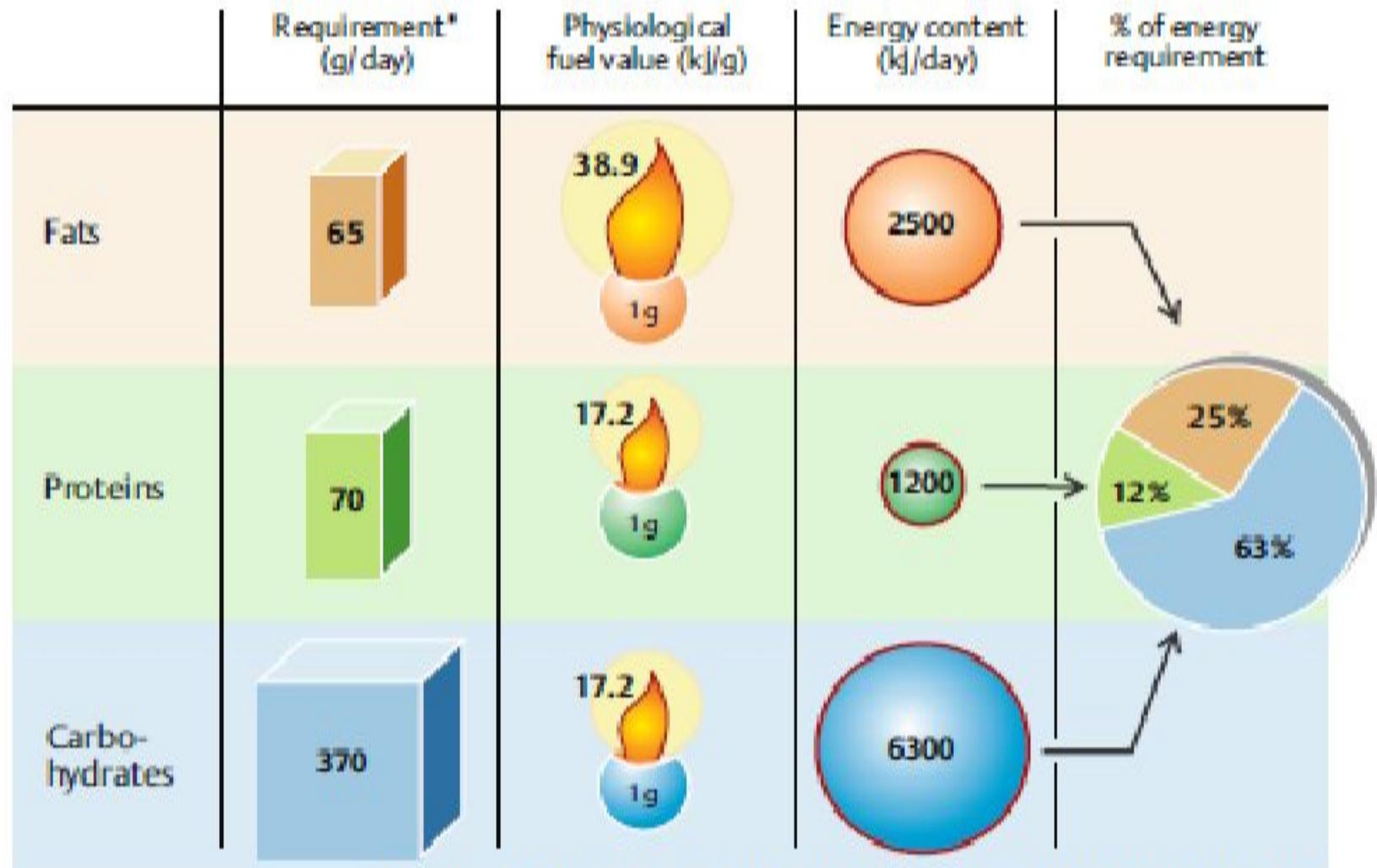
# Порочный круг при квашиоркоре



## Гормоны с анаболической и катаболической направленностью действия

Анаболические гормоны	Катаболические гормоны
СТГ (но: липолиз)	Катехоламины
Инсулин	Глюкагон
ИФР	Глюкокортикоиды (но: анаболизм в печени)
Тироксин (но: липолиз)	Резистин
Андрогены, эстрогены	
Адипонектин	

## A. Energy content of foodstuffs and energy requirement



\* Recommended values for an adult male weighing 70 kg, during light physical activity



# Обмен веществ и его регуляция

• Превращения веществ идут на ферментных системах клеток печени

Взаимное превращение веществ в организме



Регуляция обмена веществ

Нервная

Гипоталамус

Регуляция обмена белков, жиров, углеводов, воды, солей, обмена тепла и потребление пищи

Гуморальная

Эндокринные железы

Гормоны участвуют в регуляции ОВ и Е, влияя на проницаемость мембран, активируя ферментные системы организма

# ОБМЕН ЭНЕРГИИ. ТЕРМОДИНАМИКА ЖИВЫХ СИСТЕМ.

В основе процессов обмена энергии лежат законы термодинамики

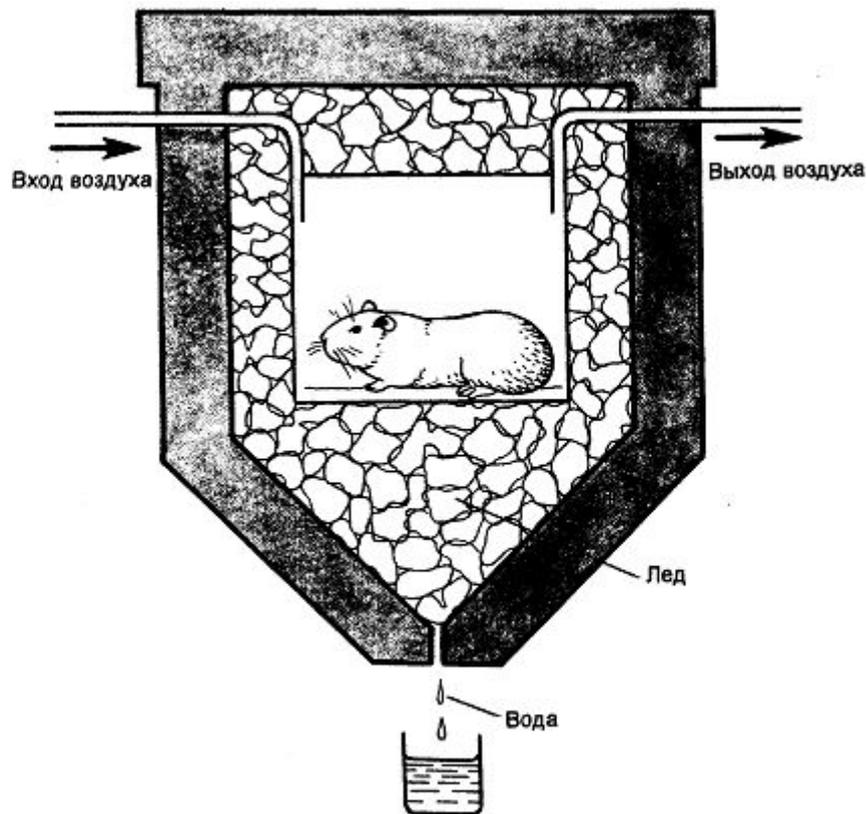
***Первый закон термодинамики — закон сохранения и превращения энергии*** [Ломоносов М.В., 1748]: Энергия не исчезает и не творится вновь, а только переходит из одной формы в другую: механическая работа, кинетическая энергия и теплота могут превращаться друг в друга.

*В 1783 г. А. Лавуазье и П. Лаплас показали, что первый закон термодинамики применим к живым организмам.*

***Второй закон термодинамики [Больцман, 1880]*** : любой вид энергии можно трансформировать в эквивалентное количество тепла, но в случае обратного превращения полная трансформация невозможна в меру термодинамической неупорядоченности системы, называемую энтропией.

Когда физическая работа не совершается, вся химическая энергия переходит в тепло, что позволяет использовать теплопродукцию в качестве показателя интенсивности энергетического обмена.

## Первый калориметр Лавуазье



**334 кДж/1л воды при таянии льда**

**расчёт теплопродукции животного на основе измерения количества талой  
ВОДЫ**

**Количество поступившей в организм энергии =  
весь объем питательных веществ – не усвоившиеся  
питательные вещества**



## Энергетическая ценность питательных веществ

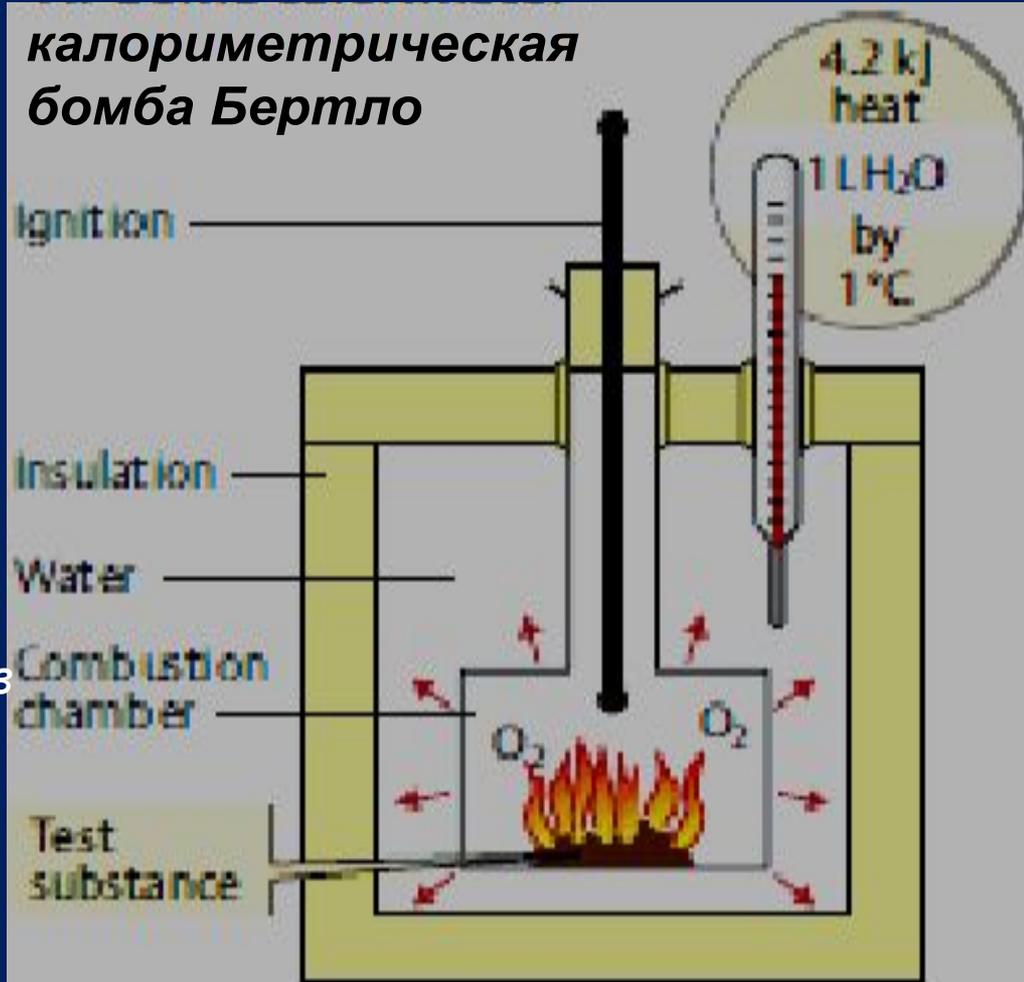
Вещество	Окисление 1 г вещества		Калорический эквивалент O <sub>2</sub> , ккал/л	Дыхательный коэффициент (CO <sub>2</sub> /O <sub>2</sub> )
	энергия, ккал	потребление O <sub>2</sub> , л		
Углеводы	4,1	0,83	5,0	1,0
Жиры	9,3	2,0	4,7	0,7
Белки	4,1	0,97	4,6	0,8

**закон Гесса:** количество энергии, выделяемое при распаде какого-либо вещества до конечных продуктов, не зависит от числа промежуточных этапов его трансформации

При сжигании в калориметрической бомбе 1 г белка выделяется 5,6 ккал тепла; 1 г углеводов — 4,1 ккал; 1 г жиров — 9,3 ккал

Теплотворная же способность белка в организме составляет 4,1 ккал. Это связано с тем, что белки (в отличие от углеводов и жиров) окисляются в организме не полностью

### калориметрическая бомба Бертоло



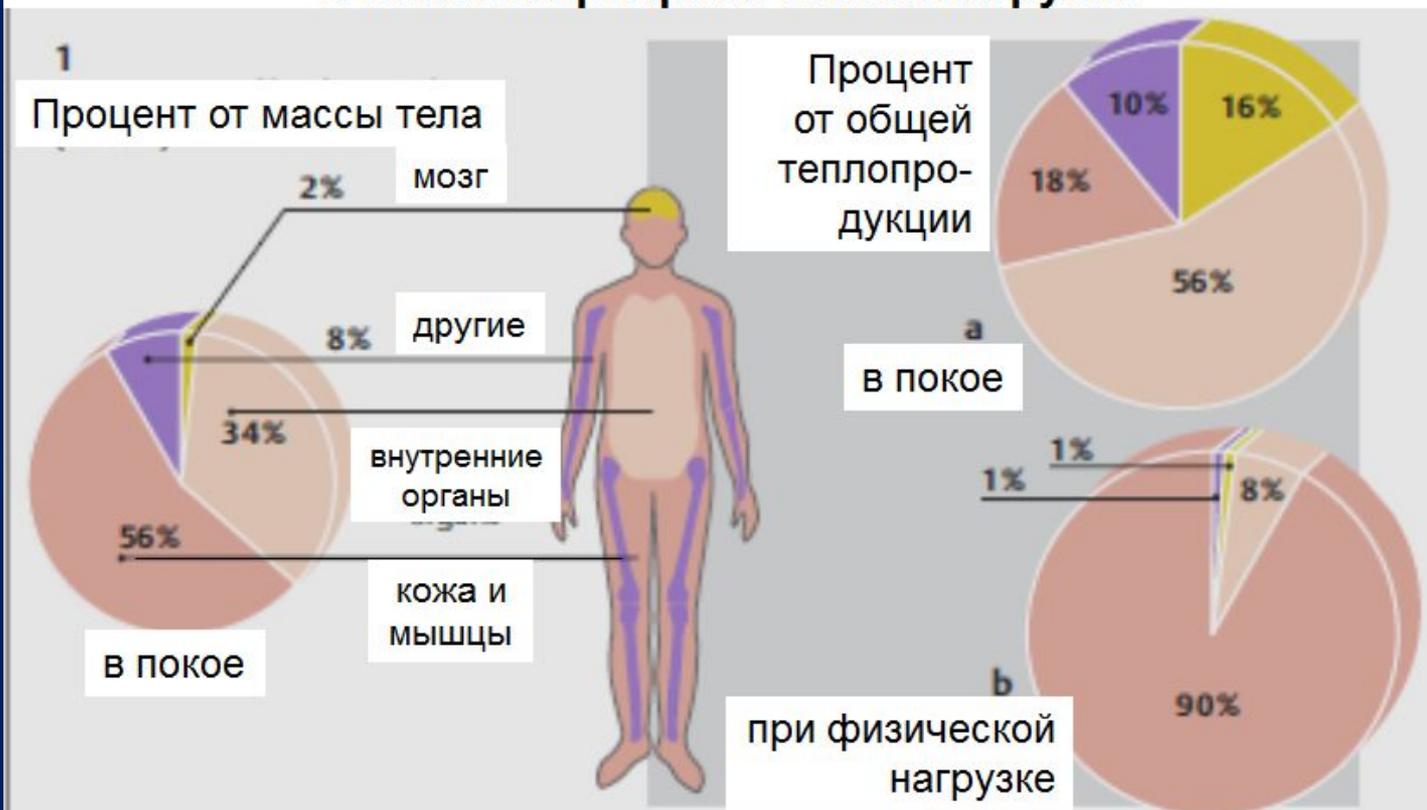
**Вследствие энтропии КПД живых организмов всегда очень низок.**

КПД аэробного окисления = 40%, 60% энергии рассеивается в виде тепла – это первичная теплота.

Вторичная теплота выделяется при совершении организмом любой работы с затратой энергии АТФ

**Вся свободная энергия, которая поступает в наш организм, в конечном счете, превращается в тепловую энергию**

### Вклад разных органов в теплопродукцию организма в покое и при физической нагрузке





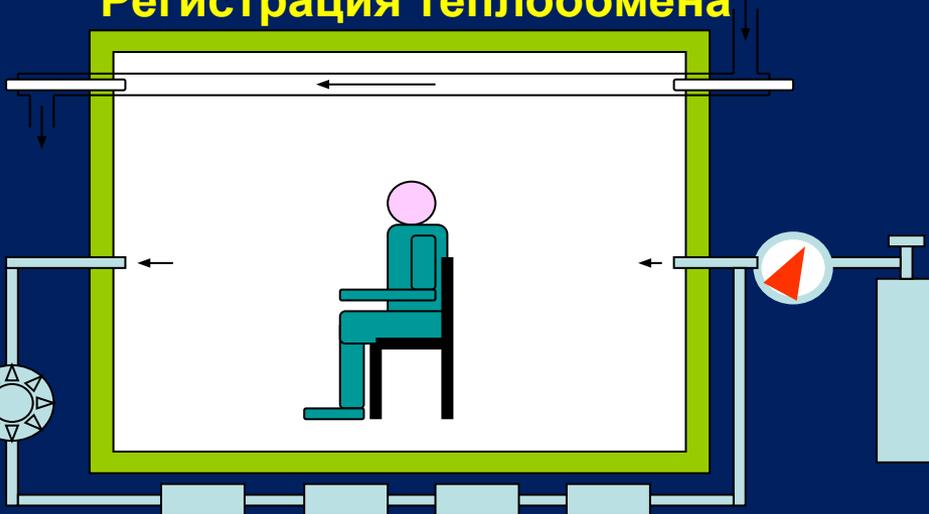
# Количество тепла рассчитывают методами

## Непрямая калориметрия

определение газометрических показателей обмена — количества потребленного кислорода и выделенной двуокиси углерода за определенный отрезок времени (полный газовый анализ) или в условиях относительного покоя — только количества поглощенного кислорода (неполный газовый анализ) с последующим расчетом теплопродукции.

$$\dot{Q} = KЭК \times \dot{V}O_2$$

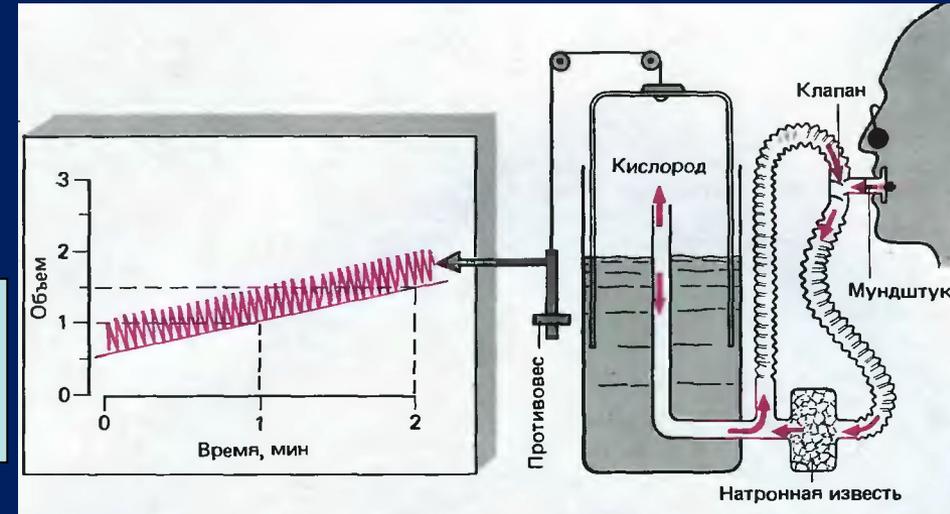
## Регистрация теплообмена



## Регистрация газообмена и выделения $H_2O$

## Прямая калориметрия

непосредственный и полный учет количества выделенного организмом тепла. Измерения проводят в специальных камерах — **биокалориметрах**



## Закрытая система для измерения поглощения кислорода

## Дыхательный коэффициент

*Отношение объема выделенной двуокиси углерода к объему поглощенного кислорода  $DK = CO_2 (л)/O_2 (л)$*

DK характеризует тип питательных веществ, преимущественно окисляемых в организме на момент его определения.

*Примечание: белки в организме окисляются не полностью. Некоторое количество азота выводится в составе мочевины*

### **Соотношение энергетической ценности питательных веществ, калорического эквивалента кислорода и дыхательного**

Питательные вещества	При окислении 1 г вещества			Калорический эквивалент $O_2$ , ккал	Дыхательный коэффициент $CO_2/O_2$
	Поглощается $O_2$ , л	выделяется $CO_2$ , л	Освобождается тепла, ккал		
Белки	0,965	0,775	4,1	4,2	0,8
Жиры	1,990	1,420	9,3	4,7	0,7
Углеводы	0,830	0,830	4,1	5,05	1,0

# ОСНОВНОЙ ОБМЕН

минимальное количество энергии, необходимое для обеспечения нормальной жизнедеятельности в условиях относительного физического и психического покоя (1 ккал на 1 кг массы тела в час [1 ккал/(кг · ч)])

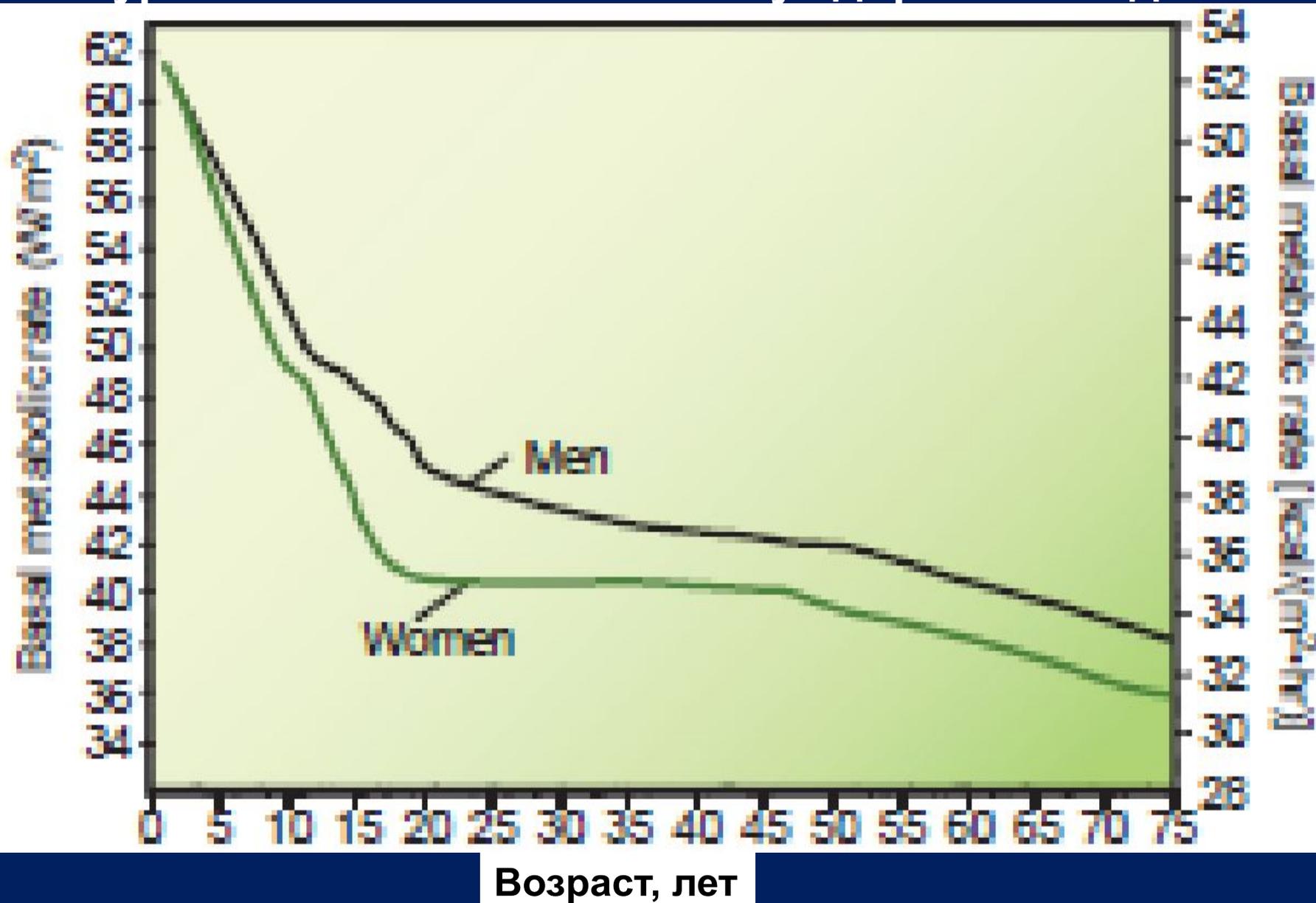
## Условия определения:

- *утром,*
- *натощак (через 12—14 ч после последнего приема пищи),*
- *в положении лежа на спине,*
- *при полном расслаблении мышц,*
- *в состоянии спокойного бодрствования,*
- *в условиях температурного комфорта (18—20 °С).*
- *За 3 сут до исследования из рациона исключают белковую пищу.*

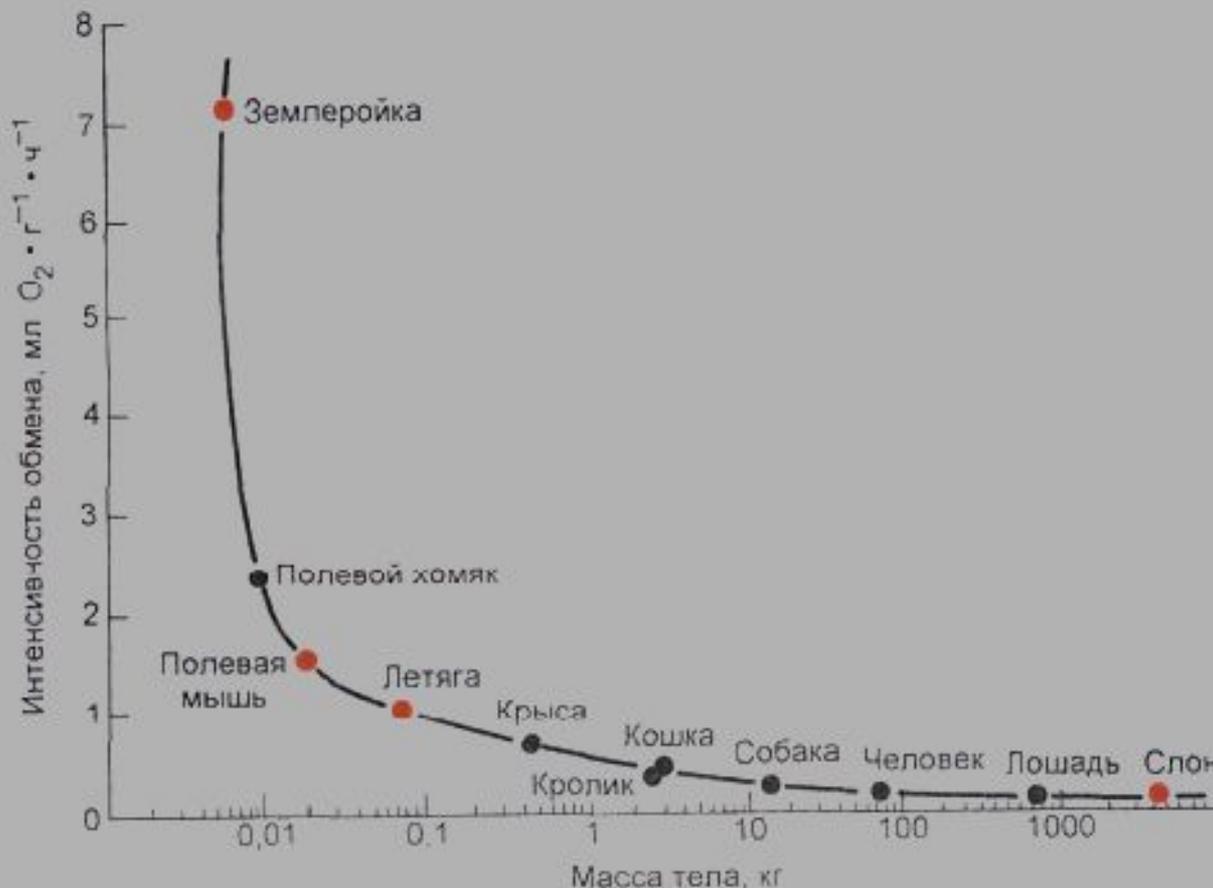
Печень потребляет 27 % энергии основного обмена, мозг — 19 %, мышцы — 18 %, почки — 10 %, сердце — 7 %, все остальные органы и ткани — 19 %.

*Самый интенсивный основной обмен у новорожденных — 53 ккал/кг в сутки, у детей первого года жизни — 42 ккал/кг. Средние величины основного обмена у взрослых здоровых мужчин составляют 1300—1600 ккал/сут; у женщин эти величины на 10 % ниже.*

# Влияние возраста и пола на уровень основного обмена у здоровых людей



**Закон поверхности тела Рубнера.: энергетические затраты теплокровного организма пропорциональны площади поверхности тела.**



**Зависимость между массой тела и интенсивностью обмена в состоянии покоя**

## Теплопродукция в расчете на массу и поверхность тела

Объект	Масса, кг	Теплопродукция, ккал за 24 часа	
		на 1 кг	на 1 м <sup>2</sup> поверхности
Мышь	0,018	654,0	1188
Курица	2,0	71,0	947
Гусь	3,5	66,7	967
Собака	15,2	51,5	1039
Человек	64,3	32,1	1042
Свинья	128,0	19,1	1078
Бык	391,0	19,1	1567

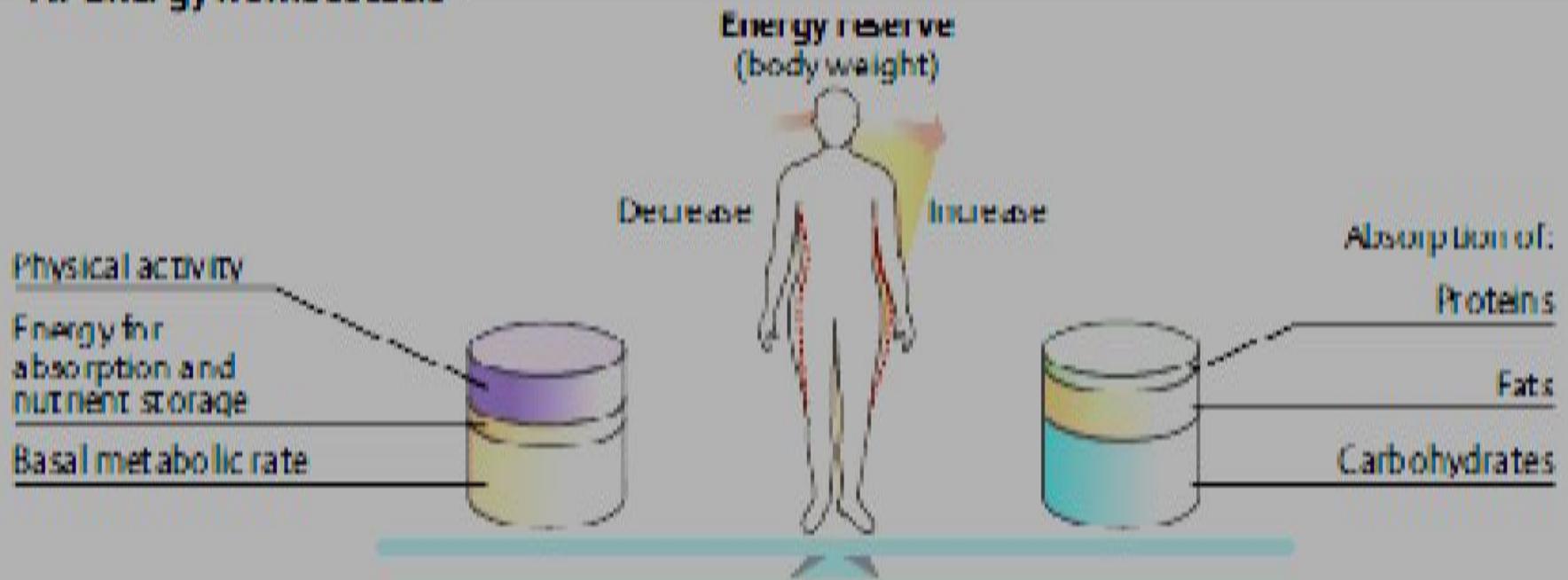
## Энергообмен человека

Основной обмен + рабочая прибавка = валовый обмен

валовый обмен + специфическое динамическое действие пищи = общий обмен

Характер деятельности	ккал/24 часа	
Покой (основной обмен)	1680	
Сидение	2350	} Рабочая прибавка
Стояние	2500	
Умственный труд	3000-4200	
Физический труд средней тяжести	4000-5700	
Тяжелый физический труд	5500-7000	

## A. Energy homeostasis



# Терморегуляция

Температура тела - важный параметр гомеостаза.

Нормальная внутренняя температура в среднем равна  $37^{\circ}\text{C} + 0,6^{\circ}\text{C}$ . Для гомойотермного организма поддержание этого оптимума температуры (вопреки колебаниям температуры окружающей среды) — необходимое условие эффективного функционирования физиологических систем. Преимущества гомойотермного (теплокровный) организма:

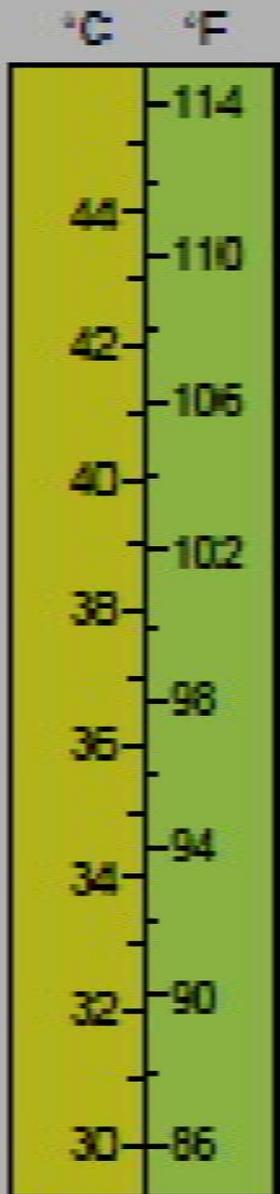
- стабильный уровень жизнедеятельности в оптимальных условиях существования,
- возможность приспособления к меняющимся условиям существования, включая экстремальные.

# Изменения температуры

тела

и

окружающей среды



выше уровня  
выживания

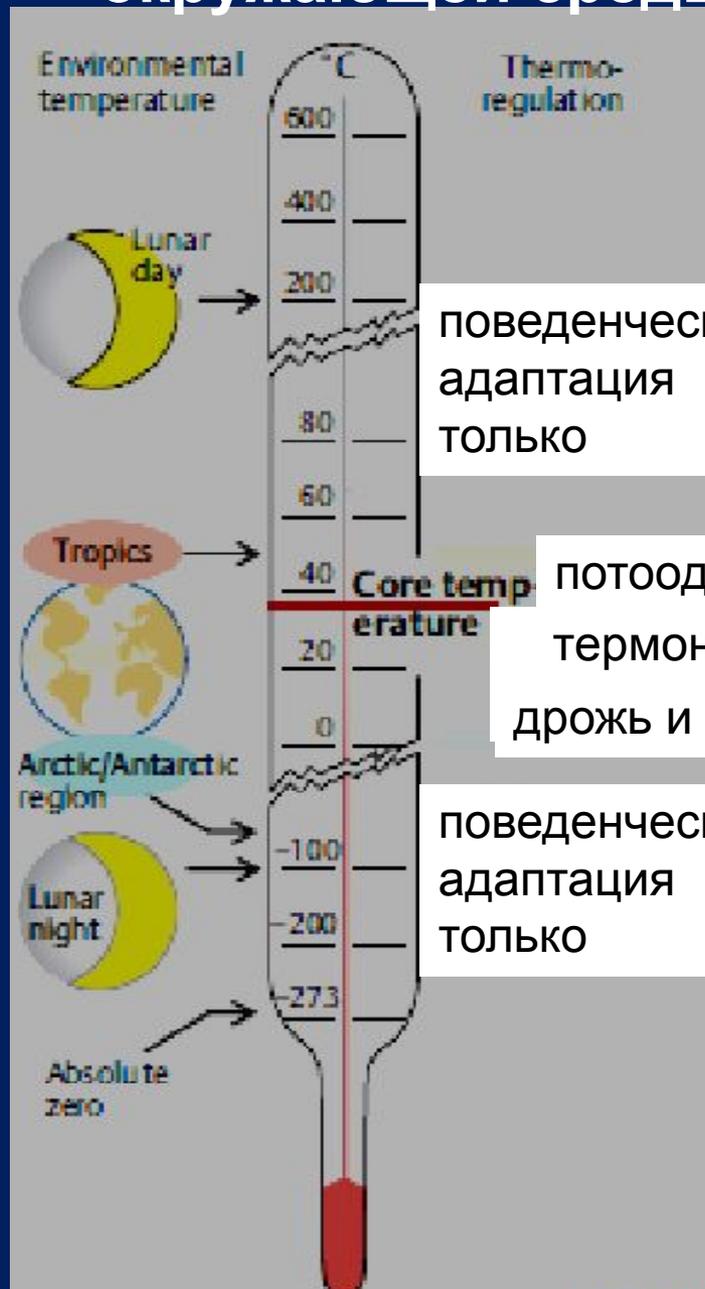
тепловой  
шок

интенсивная  
физнагрузка

нормальный  
диапазон

гипотермия

ниже уровня  
выживания



# Температура тела варьирует в определённых пределах

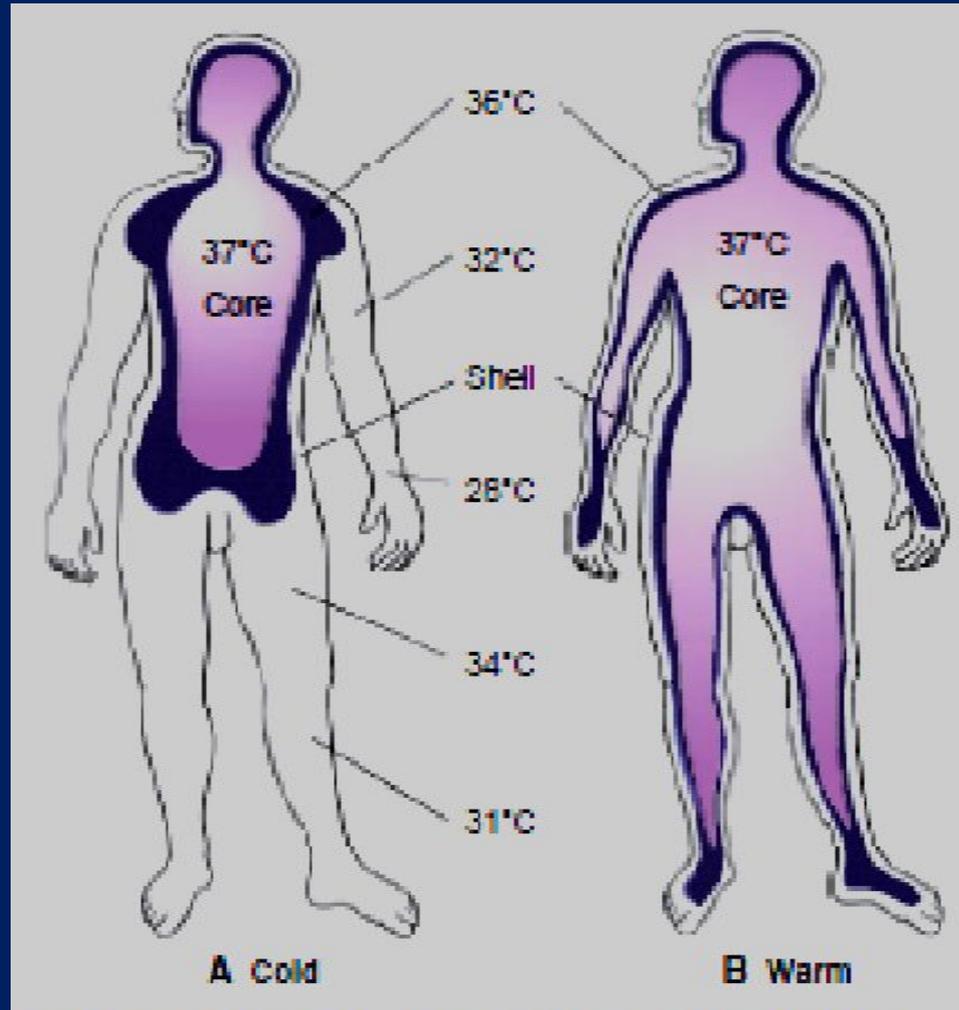
в зависимости от времени суток, мышечной нагрузки, времени года, адаптации, функционального состояния организма, психоэмоционального напряжения и т.д.



часы суток

Суточные колебания температуры тела человека

# Градиент температур «ядро»- «оболочка» и масс тканей «ядро», «оболочка» изменяется в зависимости от температуры внешней среды

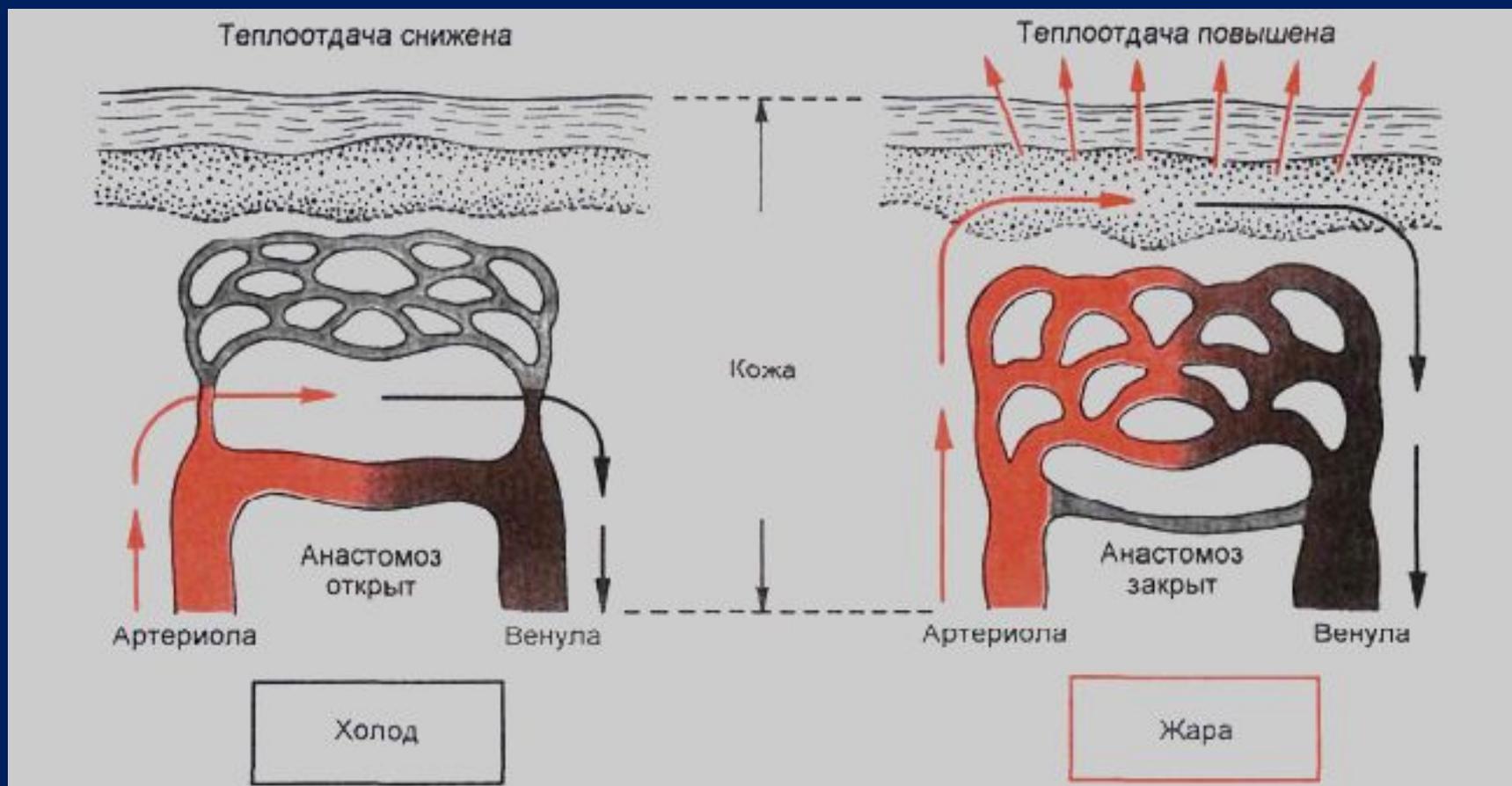


**Если температура тела превышает температуру среды, то осуществляется отдача тепла организмом путём излучения, теплопроводения, конвекции и испарением**



# Механизм теплоотдачи и локальной терморегуляции в коже при различных температурных режимах внешней среды

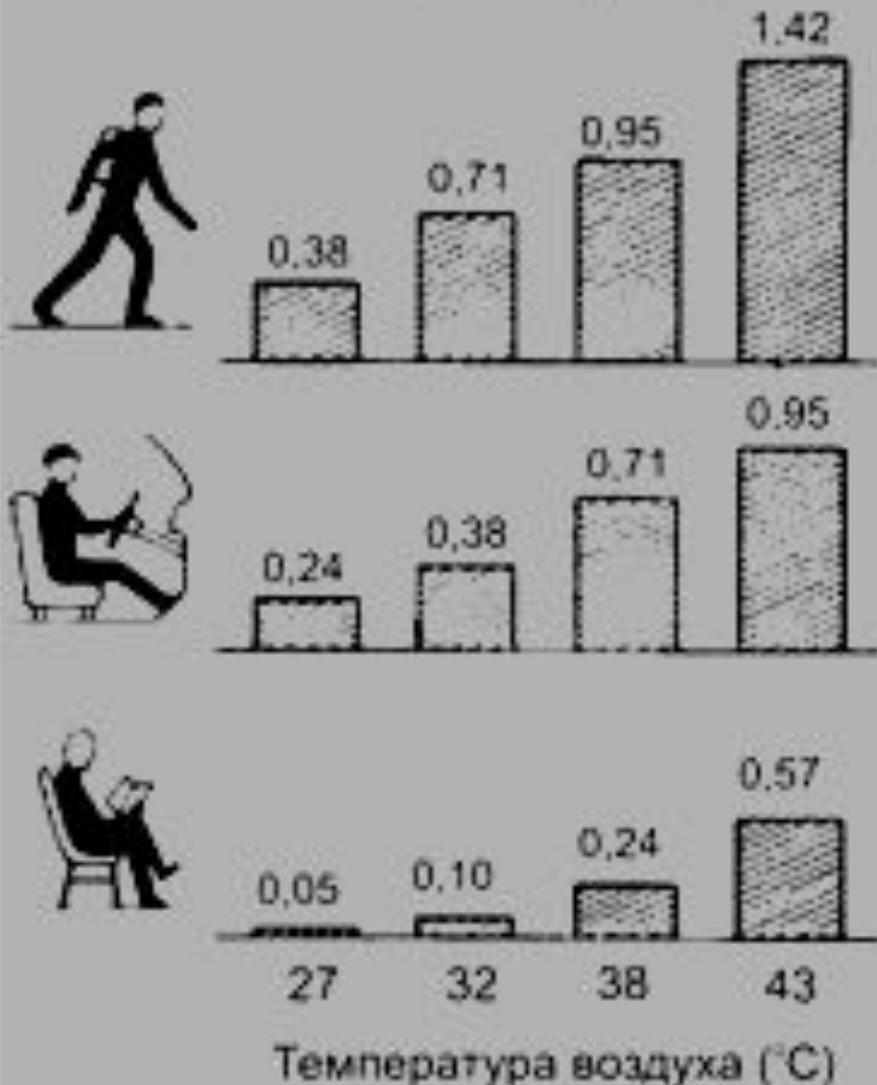
Величина кровотока в коже может варьировать от 0 до 30% от сердечного выброса, при этом до 8 раз увеличивается количество тепла доставляемого к кожной поверхности



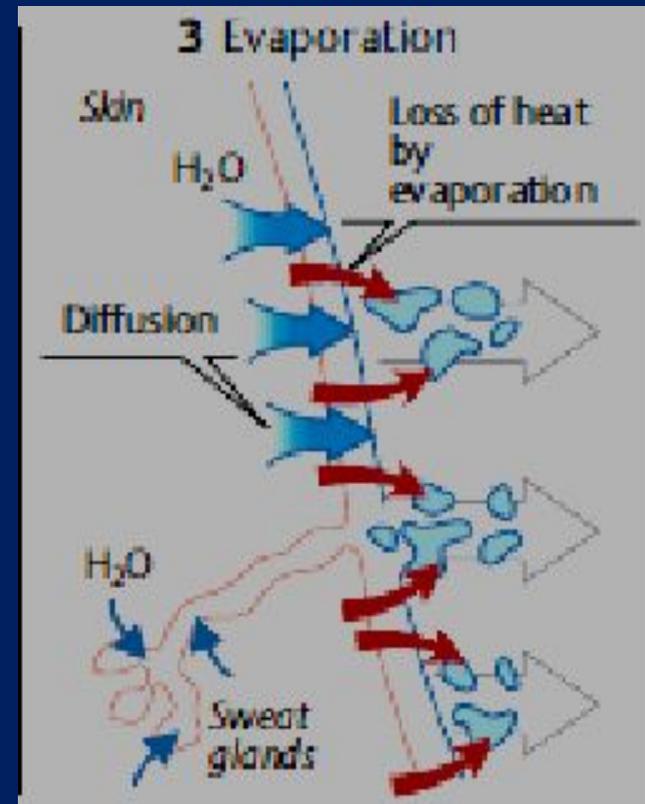
# Потоотделение – одна из самых эффективных реакций теплоотдачи у человека.

$\Delta F$  испарения 1 мл воды = 0,58 ккал

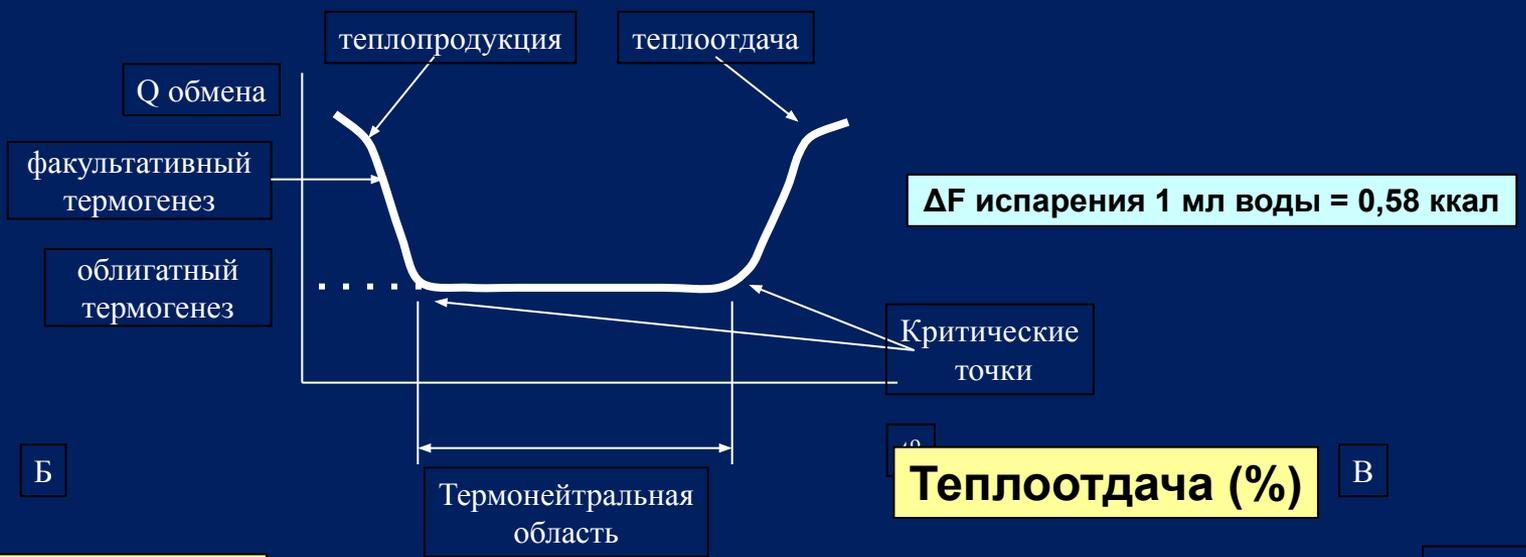
Потоотделение (л/час)



Выделение пота варьирует в зависимости от вида работы и окружающей температуры. Потоотделение запускается при 32-34 град., а у новорождённых при 35-37 град, у недоношенных оно не срабатывает.

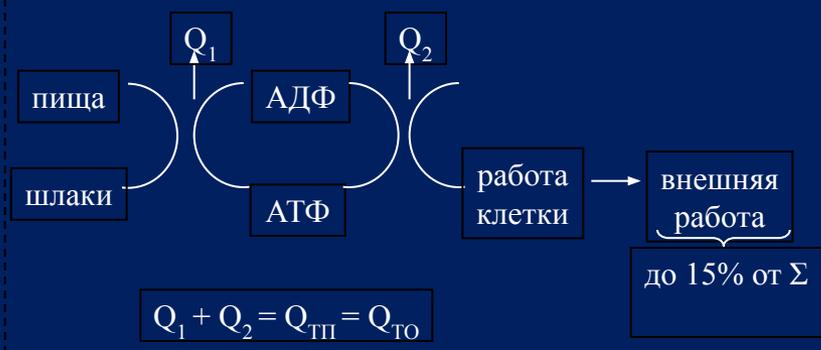


# А Терморегуляция



Б

# Теплопродукция



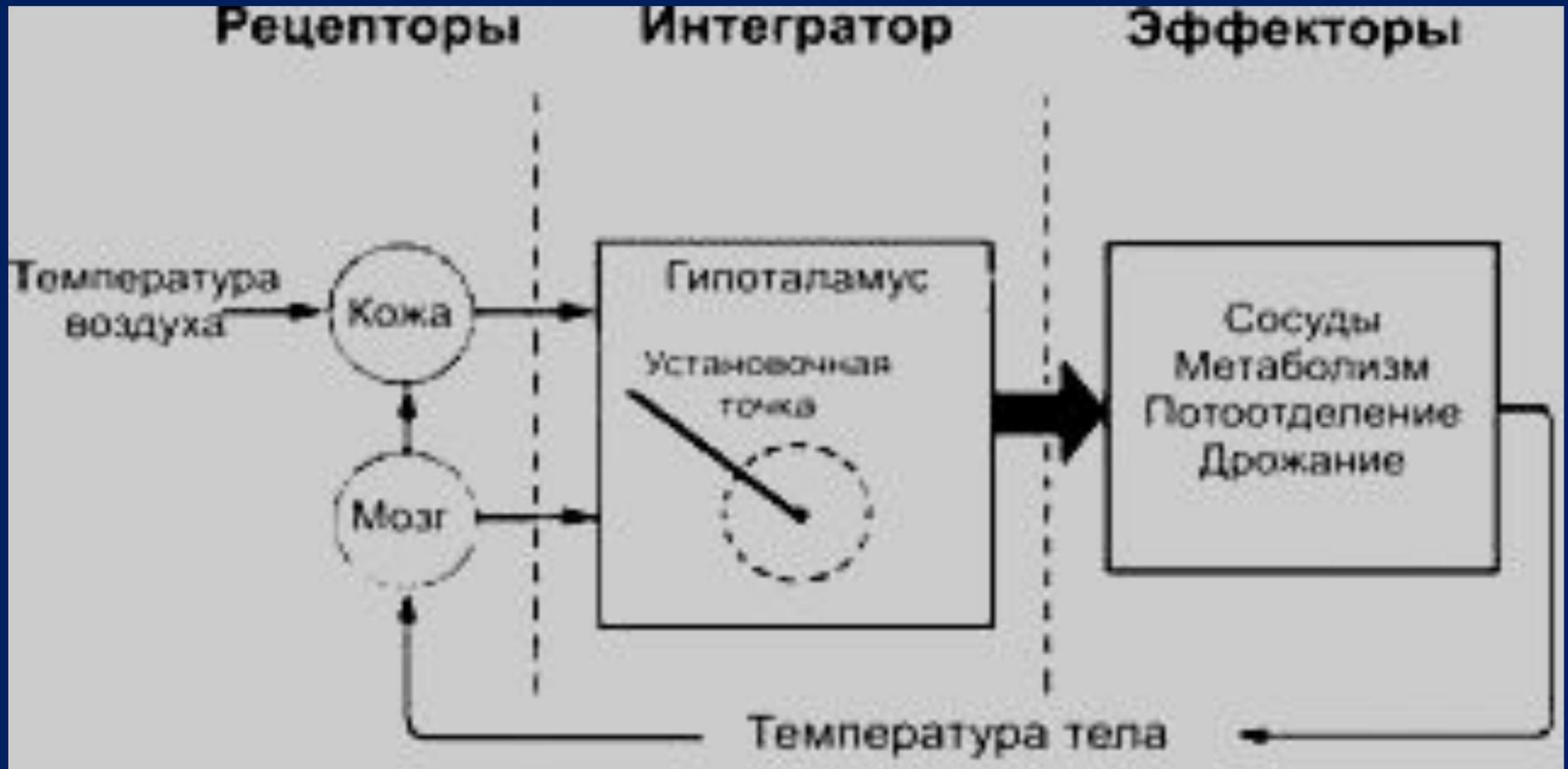
$$Q_1 + Q_2 = Q_{\text{ТП}} = Q_{\text{ТО}}$$

В

# Теплоотдача (%)

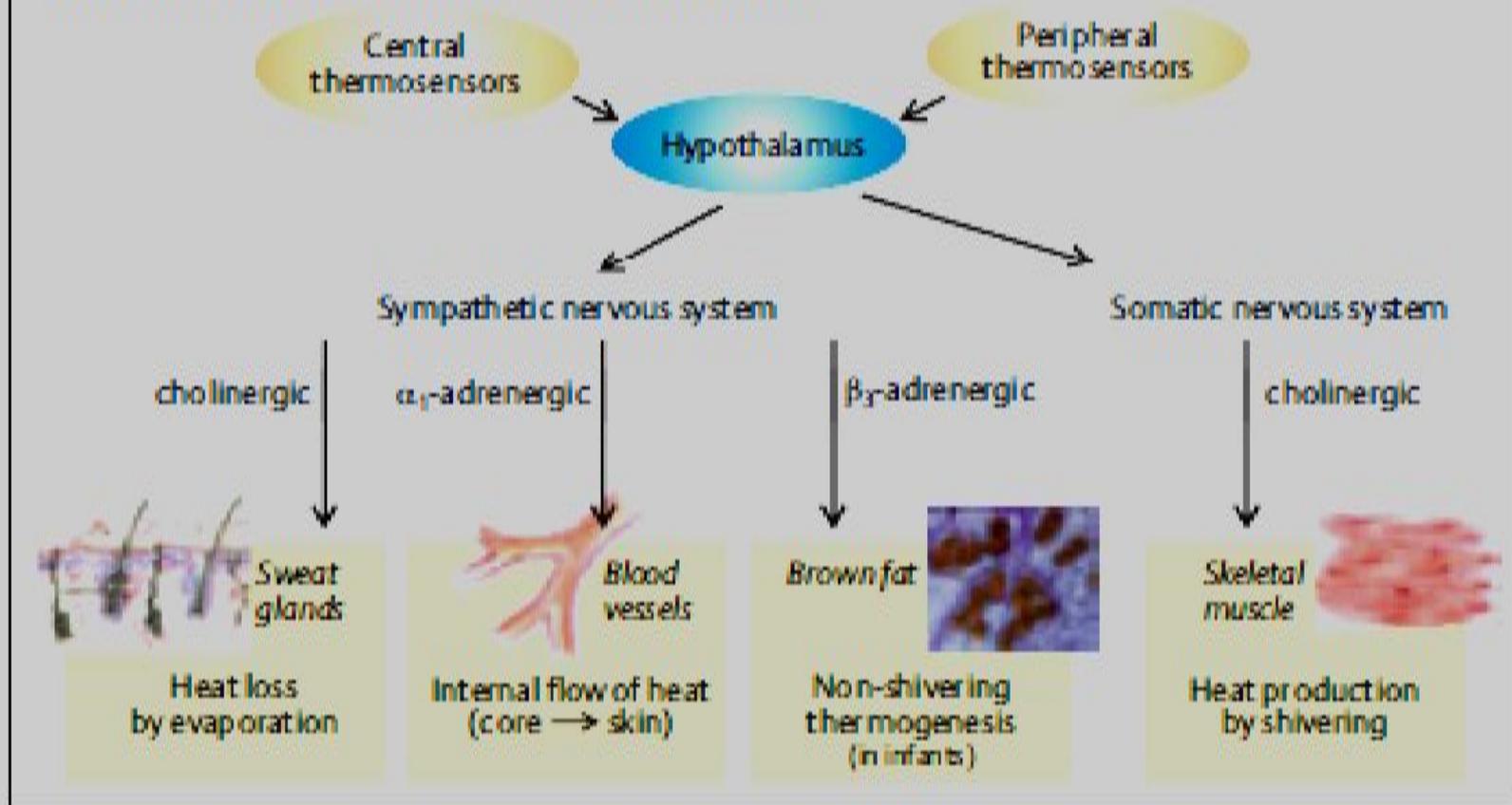
конвекция, теплопроводность	32	20°C	тяжелая работа	13
радиация	40	≥35°C		12
испарение	25	100 (~12 л)	75	
		дыхательные пути (300-350 мл)		
нагревание пищи, воздуха	3			

# Регуляция температуры тела



# Регуляция температуры тела

## D. Neural factors affecting thermoregulation



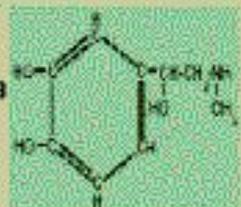
# Нарушение регуляции температуры тела



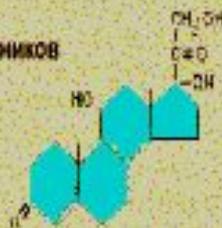
Гормона и место синтеза	Структура	Действие на секреции	Мишени	Передача сигнала	В клетках-мишенях
Инсулин. β-клетки поджелудочной железы	Белок	↑ конц. глк в крови	Печень  Мышцы  Жировая ткань	Через мембранные рецепторы	1. Ускорение синтеза гликогена 2. Ускорение синтеза белка 3. Торможение глюконеогенеза  1. Ускорение синтеза гликогена 2. Ускорение синтеза белка 3. Ускорение транспорта глк в клетку  1. Ускорение синтеза жиров из глк 2. Ускорение транспорта глк в клетку

Глюкагон α-клетки поджелудочной железы	Пептид	↓ конц. глк в крови	Печень  Жировая ткань	Через мембранные рецепторы	1. Ускорение распада гликогена 2. Ускорение глюконеогенеза  1. Ускорение липолиза
---	--------	---------------------	-----------------------------	----------------------------	--

Адреналин. Клетки мозгового слоя надпочечников	Производное тирозина	Сигнал ЦНС	Печень Мышцы Жировая ткань	Через мембранные рецепторы	Ускорение распада гликогена Ускорение распада гликогена Ускорение липолиза
---	----------------------	------------	----------------------------------	----------------------------	--



Кортизол. Клетки коркового слоя надпочечников	Стероид	конц. глк в крови, опосредованное кортикотропином	Печень  Мышцы	Через цитоплазматические рецепторы	1. Ускорение глюконеогенеза 2. Индукция синтеза ферментов глюконеогенеза и катаболизма аминокислот  1. Ускорение катаболизма аминокислот 2. Снижение скорости поступления аминокислот
--	---------	---	---------------------	------------------------------------	---



# Ежедневная потребность в минералах

Минерал	Количество	Минерал	Количество
Натрий	3,0 г	Магний	400 мг
Кальций	1,2 г	Йод	150,0 мкг
Калий	1,0 г	Кобальт	неизвестно
Хлор	3,5 г	Медь	неизвестно
Железо	18,0 мг	Марганец	неизвестно
Цинк	15 мг		

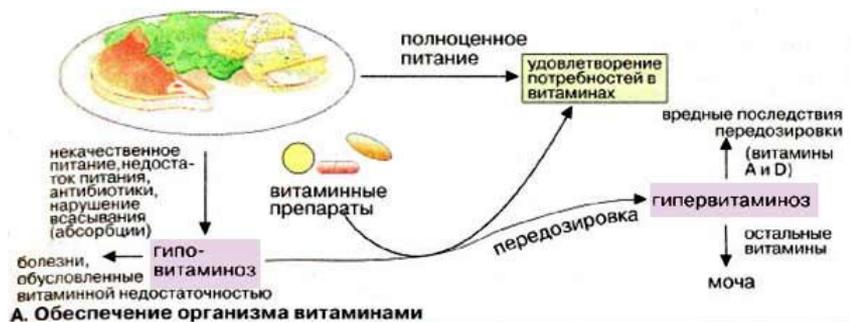
# Ежедневная потребность в минералах

Минеральные вещества	Содержание*, г	Основной источник	Суточная потребность, г	Функция/местонахождение в организме	Минеральные вещества	Содержание*, г	Основной источник	Суточная потребность, г	Функция/местонахождение в организме
Вода	35 000-40 000	Напитки, вода в составе твердой пищи, окислительные процессы (300 г)	1200 900	Растворитель, составная часть клеток, диэлектрик, хладагент, переносчик, участник биохимических реакций					
Макроэлементы (суточная потребность > 100 мг)									
Na	100	Поваренная соль	1,1-3,3	Осморегуляция, мембранный потенциал, обмен минеральных веществ	Fe	4-5	Мясо, печень, яйца, овощи, картофель, зерновые	10	Гемоглобин, миоглобин, цитохромы, Fe/S-центры
K	150	Овощи, фрукты, зерновые	1,9-5,6	Мембранный потенциал, метаболизм минеральных веществ	Zn	2-3	Мясо, печень, зерновые	15	Цинксодержащие ферменты
Ca	1 300	Молоко, молочные продукты	0,8	Формирование костной ткани, свертывание крови, сигнальное вещество	Mn	0,02	Многие пищевые продукты	2-5	Ферменты
Mg	20	Зеленые овощи	0,35	Формирование костной ткани, кофактор ферментов	Cu	0.1-0,2	Мясо, овощи, фрукты, рыба	2-3	Оксидазы
Cl	100	Поваренная соль	1,7-5,1	Обмен минеральных веществ	Co	<0,01	Рыба	Следы	Витамин B <sub>12</sub>
P	650	Мясо, молоко, зерновые, овощи	0,8	Формирование костной ткани, энергетический обмен, обмен нуклеиновых кислот	Cr	<0,01		0,05-0,2	Не определены
S	200	S-содержащие аминокислоты (Cys и Met)	0,2	Обмен липидов и углеводов, образование конъюгатов	Mo	0,02	Зерновые, орехи, бобовые	0,15-0,5	Оксидоредуктазы
					Se		Овощи, мясо	0,05-0,2	Селенсодержащие ферменты
					I	0,03	Морская рыба, йодированная пищевая соль, питьевая вода	0,15	Тироксин
					F		Питьевая вода (фторированная), чай, молоко	0.0015-0,004	Кости, зубная эмаль

Потребность не определена  
**А. Минеральные вещества**

Металлы    Неметаллы

# потребность в витаминах



## A. Обеспечение организма витаминами

\*суточная потребность для взрослого организма

Провитамин	Действующая форма	Участвуют в следующих процессах:
<b>β-каротин</b> овощи, фрукты	<b>ретиноль</b> зрительный пигмент	зрение
<b>ретинол</b> 1 мг* молоко, печень, яичный желток	<b>ретинол</b>	транспорт углеводов
	<b>ретиноевая кислота</b> сигнальное вещество	процессы развития и дифференцировки
<b>холестерин</b>		
↓ УФ		
<b>кальциферол</b> 0,01 мг* рыбий жир, молоко, яичный желток	<b>кальцитриол</b> гормон	кальциевый обмен
<b>токоферол</b> 10 мг* зерновые, печень, яйца, растительное масло	<b>токоферол</b> восстановитель	антиоксидант
<b>филлохинон</b> 0,08 мг* кишечная микрофлора, овощи, печень	<b>филлогидрохинон</b>	свертывание крови (карбоксилирование факторов свертывания крови)

## Б. Жирорастворимые витамины

\* содержание для взрослого человека массой 65 кг

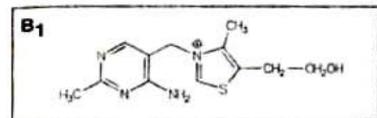
\*суточная потребность для взрослого организма

Витамин	Активная форма: кофермент	Функция в обмене веществ
<b>B1</b> <chem>CN1C=NC2=C1N=CN2C(C)O</chem> 1,5 мг* зерновые, дрожжевые продукты, свинина	<b>тиамин</b> → <b>TPP</b> тиамин-дифосфат	перенос гидроксил-алкильных групп
<b>B2</b> <chem>Cc1c2c(ncn2C(=O)c1=O)C(O)C(O)C(O)CO</chem> 1,8 мг* молоко, яйца	<b>рибофлавин</b> → <b>FMN</b> → <b>FAD</b>	перенос водорода (в виде гидрид-иона)
<b>фолиевая кислота</b> 0,2 мг* свежие зеленые овощи, печень	<b>остаток 4-аминобензойной кислоты</b> → <b>THF</b> тетрагидро-фолиевая кислота	C <sub>1</sub> -обмен
<b>никотиновая кислота, никотинамид</b> 20 мг* (или 1,2 г триптофана) мясо, дрожжевые продукты, фрукты и овощи	<b>никотиновая кислота</b> → <b>NAD<sup>+</sup></b> <b>никотинамид</b> → <b>NAD<sup>+</sup></b>	перенос гидрид-иона
<b>пантотеновая кислота</b> 7 мг* содержится во многих пищевых продуктах	<b>пантотеновая кислота</b> → <b>CoA</b>	активация карбоновых кислот

## A. Водорастворимые витамины

# потребность в витаминах

\*суточная потребность для взрослого организма

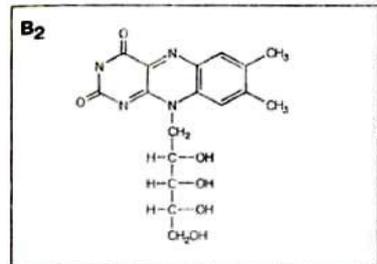


**тиамин**  
1,5 мг\*

Активная форма: **ТРР**  
тиамин-дифосфат

Функция в обмене веществ: перенос гидроксил-алкильных групп

зерновые, дрожжевые продукты, свинина

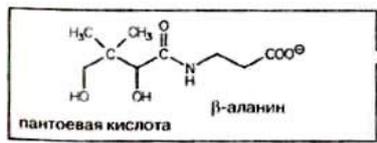
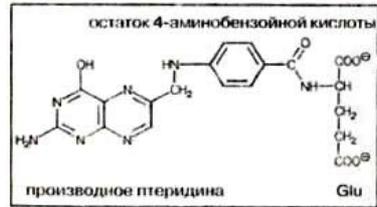


**рибофлавин**  
1,8 мг\*

Активная форма: **FMN**, **FAD**

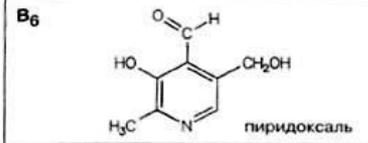
Функция в обмене веществ: перенос водорода (в виде гидрид-иона)

молоко, яйца



**А. Водорастворимые витамины**

\*суточная потребность для взрослого организма

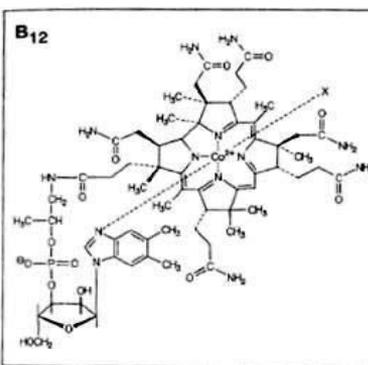


**пиридоксаль, пиридоксин, пиридоксамин**  
2 мг\*

Активная форма: **PLP**  
пиридоксаль-фосфат

Функция в обмене веществ: активация аминокислот

мясо, овощи, продукты переработки зерновых

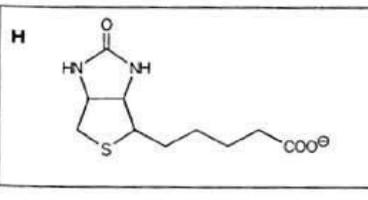
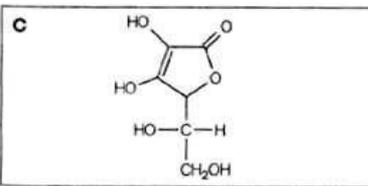
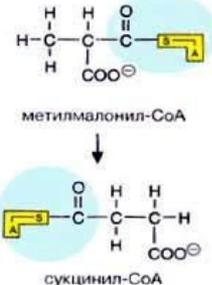


**кобаламин**  
0,002 мг\*

Активная форма: **5-дезоксиаденозил-кобаламин**

Функция в обмене веществ: реакции изомеризации (и др.), например:

мясо, печень, молоко, яйца



**А. Водорастворимые витамины**