



ТАМБОВСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ Г.Р. ДЕРЖАВИНА

Лекция на тему:

# ОБМЕН ВЕЩЕСТВ И ЭНЕРГИИ

Шутова С.В.  
к.б.н., доцент

Тамбов 2019

- 1.Метаболизм
- 2.Пищеварение и использование энергии
- 3.Основной обмен
- 4.Суточный расход энергии
- 5.Обмен веществ
  - 5.1.Обмен белков
  - 5.2.Обмен липидов
  - 5.3.Обмен углеводов
  - 5.4. Обмен воды и минеральных веществ
- 6.Регуляция обмена веществ и энергии
  - 6.1.Нервные центры
  - 6.2.Гуморальная регуляция

**Обмен веществ и энергии** - это совокупность физических, химических и физиологических процессов превращения веществ и энергии в живых организмах, а также обмен веществами и энергией между организмом и окружающей средой.

Все происходящие при этом преобразования объединены общим названием - **метаболизм**.

**Анаболизм** - это совокупность процессов биосинтеза органических веществ (компонентов клетки и других структур органов и тканей).

**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.

# ОБМЕН ВЕЩЕСТВ (МЕТАБОЛИЗМ).



Пластический (анаболизм)

- Q

---

синтез веществ

Энергетический (катаболизм)

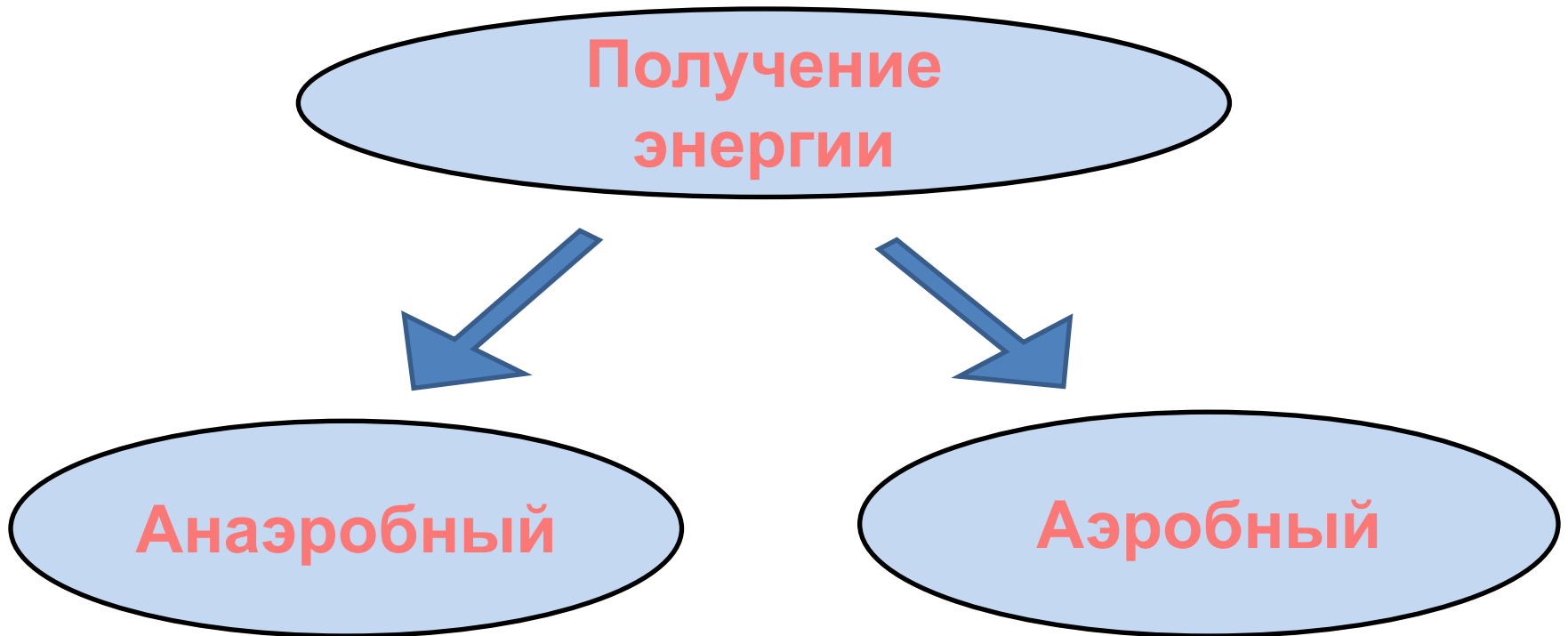
+ Q

---

расщепление веществ

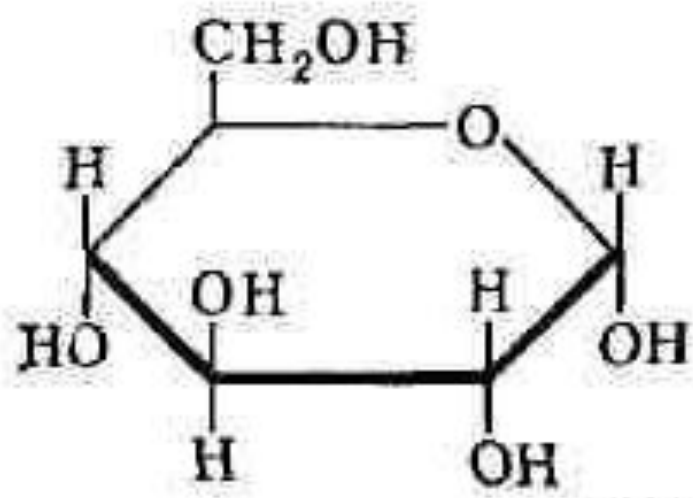


## Превращение и использование энергии

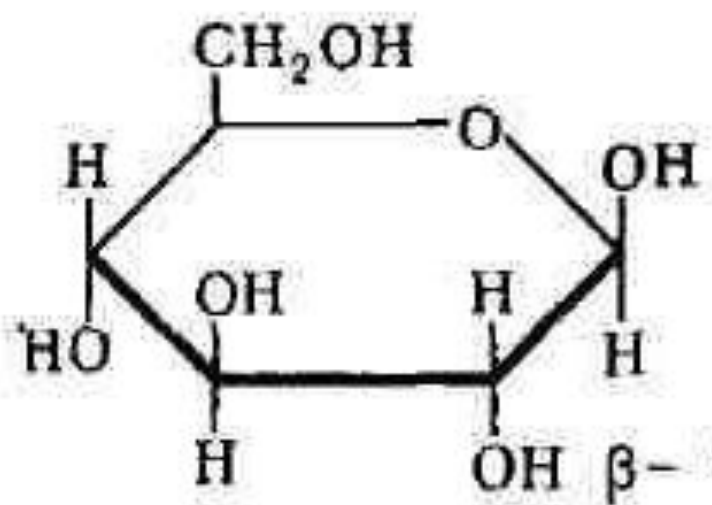


Получение энергии без участия кислорода называется **анаэробным обменом**.

Все процессы, генерирующие энергию с участием кислорода, называются **аэробным обменом**.



$\alpha$ - ГЛЮКОЗА



$\beta$ - ГЛЮКОЗА



Использование химической энергии в организме называют **энергетическим обменом**, именно он служит показателем общего состояния и физиологической активности организма.

Единица измерения энергии, обычно применяемая в биологии и медицине, - **калория (кал)**.

$$1 \text{ ккал} = 4,19 \text{ кДж}$$

Пищевые вещества	Энергетическая ценность при окислении в организме	
	кДж/г	ккал/г
Белки	16,74	4,0
Жиры	37,66	9,0
Углеводы	16,74	4,0

**Основной обмен** – минимальные для бодрствующего организма затраты энергии, определенные в строго контролируемых стандартных условиях:

- 1) при температуре (18-20°С тепла);
- 2) в положении лежа (но обследуемый не должен спать);
- 3) в состоянии эмоционального покоя
- 4) натощак (через 12-16 ч после последнего приема пищи).

***Правило поверхности*** (Рубнер, 1868г.):

**затраты энергии (интенсивность обмена)  
пропорциональны величине поверхности тела.**

-чем меньше животное, тем выше обмен

$$R=K \times m$$

где K равна 12,3 (у человека), m – масса тела

формула Дюбуа:

$$R=W^{0,425} \times H^{0,725} \times 71,84$$

***Рабочий обмен*** – совокупность компонентов суточного расхода энергии.

Степень энергетических затрат при различной физической активности определяется ***коэффициентом физической активности*** – отношением общих энергозатрат на все виды деятельности в сутки к величине основного обмена.

# Суточный расход энергии

Суточный  
расход  
энергии

=

Основной  
обмен

+

Рабочая  
прибавка

# Группы работников по энергозатратам

Группа	Особенности профессии	Коэфф. физической активности	Суточный расход энергии кДж (ккал)
Первая	Умственный труд	1,4	9799-10265 (2100-2450)
Вторая	Легкий физический труд	1,6	10475-11732 (2500-2800)
Третья	Физический труд средней тяжести	1,9	12360-13827 (2950-3300)
Четвертая	Тяжелый физический труд	2,2	14246-16131 (3400-3850)
Пятая	Особо тяжелый физический труд	2,5	16131-17598 (3850-4200)

Разность между потребностью в  $O_2$  и его потреблением составляет энергию, получаемую в результате анаэробного распада, и называется **кислородным долгом**



## ***Этапы обмена веществ:***

1. Ферментативные процессы расщепления белков, жиров и углеводов до растворимых в воде аминокислот, моно- и дисахаридов, глицерина, жирных кислот и др. соединений, всасывание этих веществ в кровь и лимфу.
2. Транспорт питательных веществ и кислорода к тканям и химические превращения веществ в клетках. Расщепление питательных веществ до конечных продуктов метаболизма с выделением энергии.
3. Удаление конечных продуктов распада из клеток, их транспорт и выделение почками, легкими, потовыми железами и кишечником.

# Обмен веществ

## Обмен белков

Белки пищи  
(C, H, O, N, [S])



аминокислоты



белки,  
свойственные организму



продукты распада:  
CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, NH<sub>3</sub>  
мочевина (энергия  
освобождается)

## Обмен жиров

Жиры пищи  
(C, H, O)



глицерин и жирные  
кислоты



жиры,  
свойственные организму



продукты распада:  
CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O  
(энергия  
освобождается)

## Обмен углеводов

Углеводы пищи  
(C, H, O)



глюкоза



гликоген

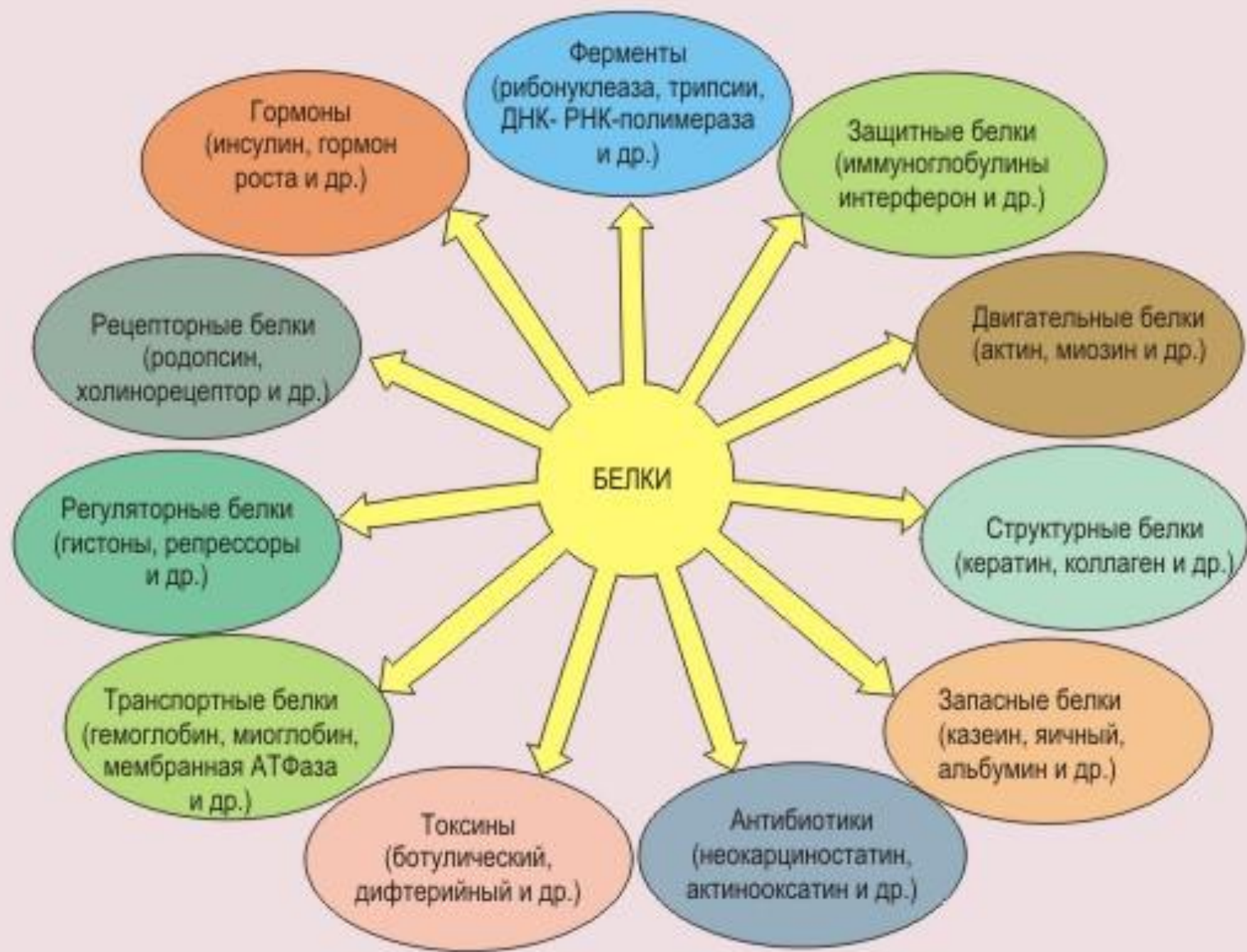


продукты распада:  
CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O  
(энергия освобождается)

Роль печени  
в превращении одних веществ организма  
в другие.

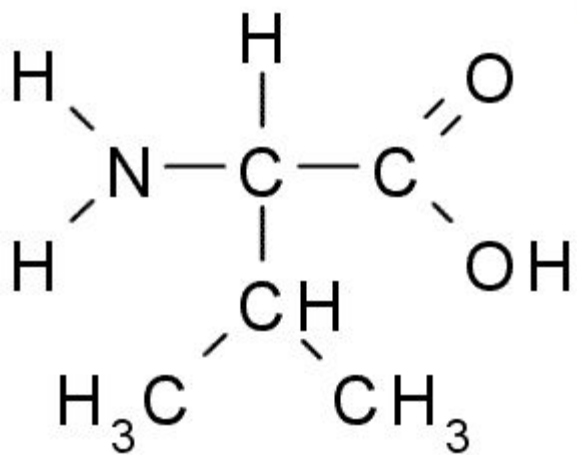
## Обмен белков



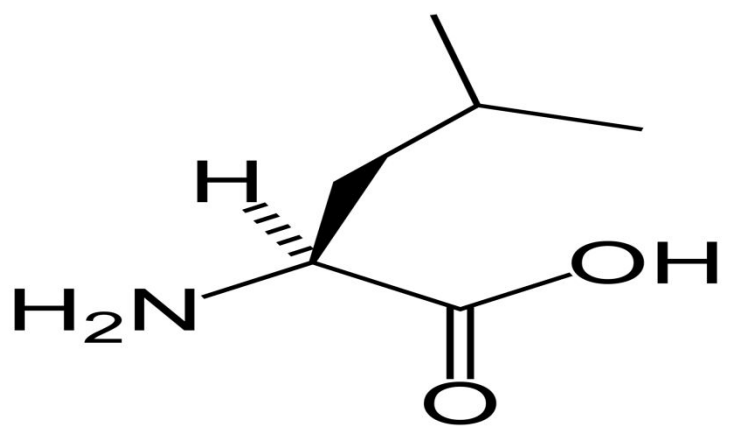


Аминокислоты, которые в случае их недостаточного поступления с пищей не могут быть синтезированы в организме называются **незаменимыми**.

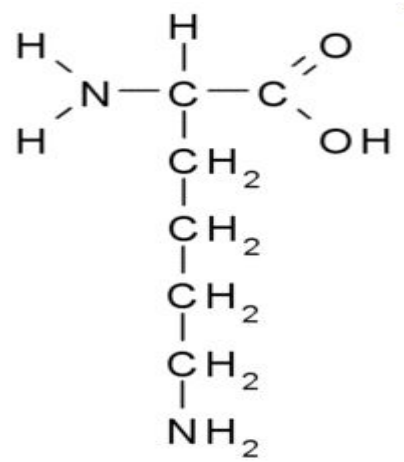
валин



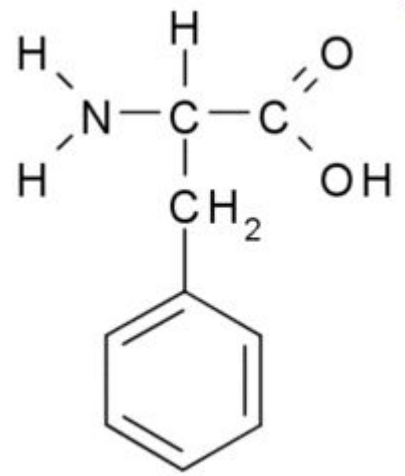
лейцин



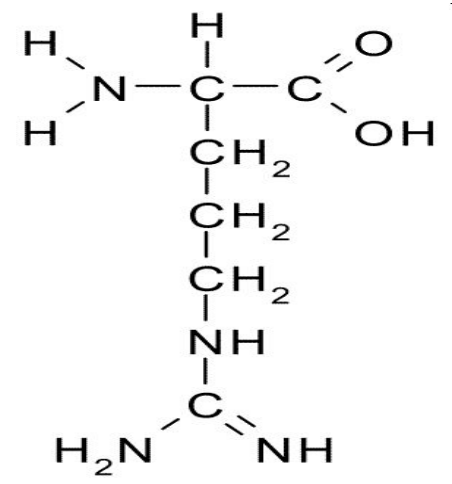
лизин



фенилаланин

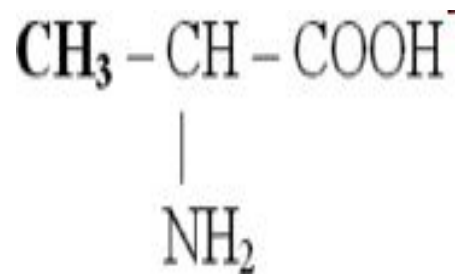


аргинин

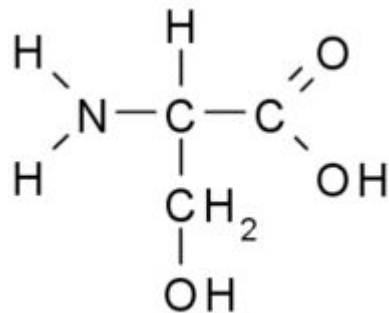


Другие аминокислоты, которые могут синтезироваться в организме, называются заменимыми

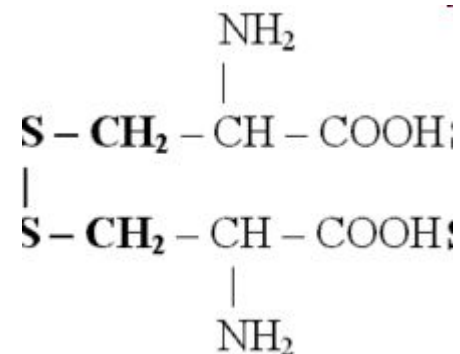
аланин



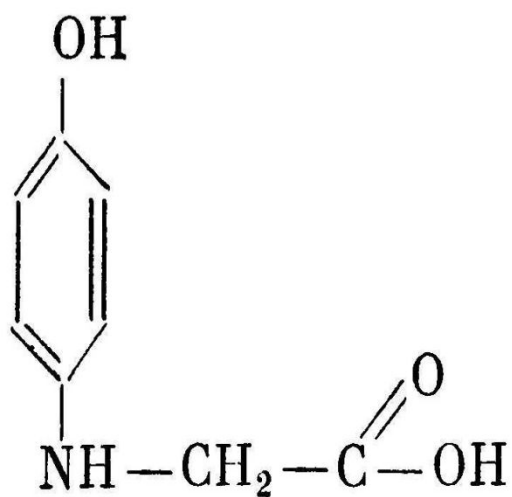
серин



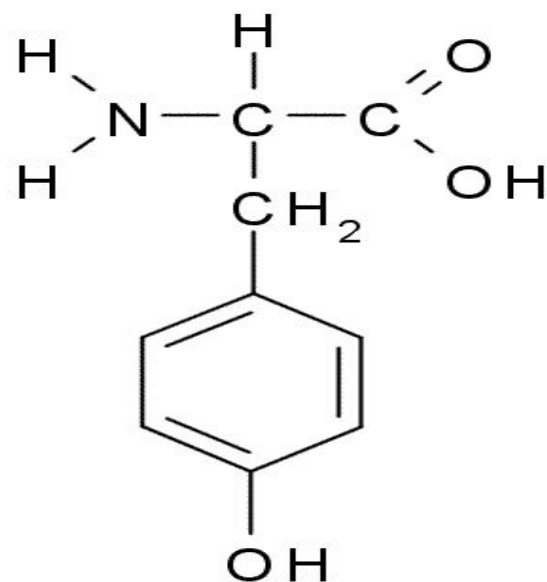
ЦИСТИН



глицин



тирозин





## коэффициент изнашивания Рубнера

В 100 г белка содержится 16 г азота .

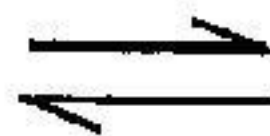
выделение организмом 1 г азота соответствует распаду 6,25 г белка.

масса разрушившегося белка составляет  $3,7 \times 6,25 = 23$  г, или 0,028-0,075 г азота на 1 кг массы тела в сутки

Азот  
белков  
пищи



Фонд свободных  
аминокислот



Белки  
тканей



CO<sub>2</sub>

Энергия



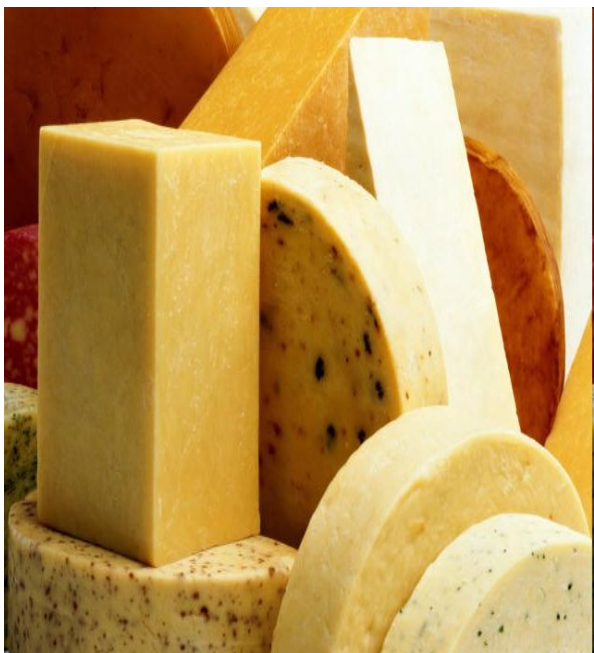
Выводимый N

Если количество азота, поступающего в организм с пищей, равно количеству азота, выводимого из организма, то организм находится в состоянии **азотистого равновесия**.

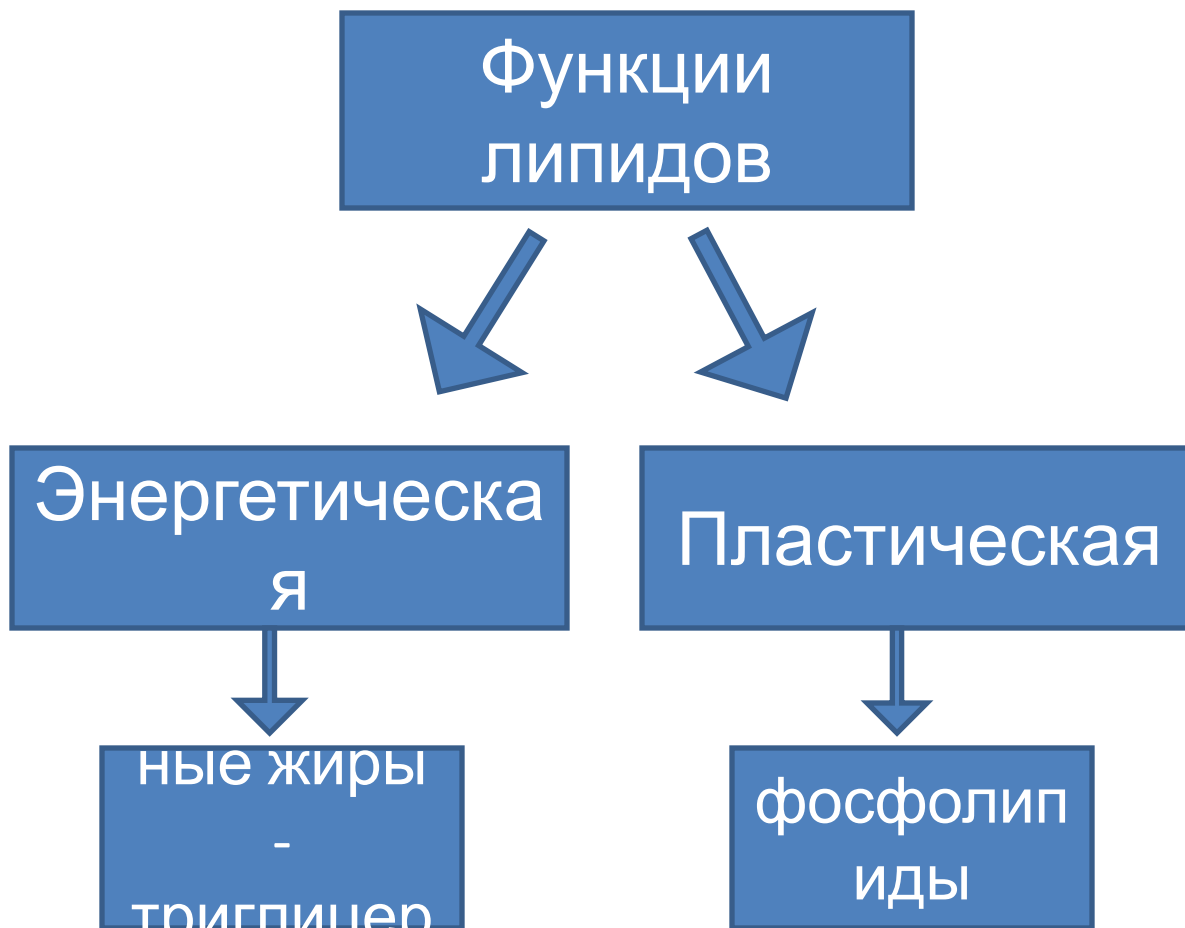
Если в организм поступает азота больше, чем выделяется, то это свидетельствует о **положительном азотистом балансе**.

Состояние, при котором количество выводимого из организма азота превышает его поступление в организм, называют **отрицательным азотистым балансом**.

## Обмен липидов



***Липиды*** – сложные эфиры глицерина и высших жирных кислот.



липопротеиды



```
graph TD; A[липопротеиды] --> B[липопротеиды очень низкой плотности (ЛПОНП)]; A --> C[липопротеиды низкой плотности (ЛПНП)]; A --> D[липопротеиды высокой плотности (ЛПВП).];
```

липопротеиды  
очень низкой  
плотности  
(ЛПОНП)

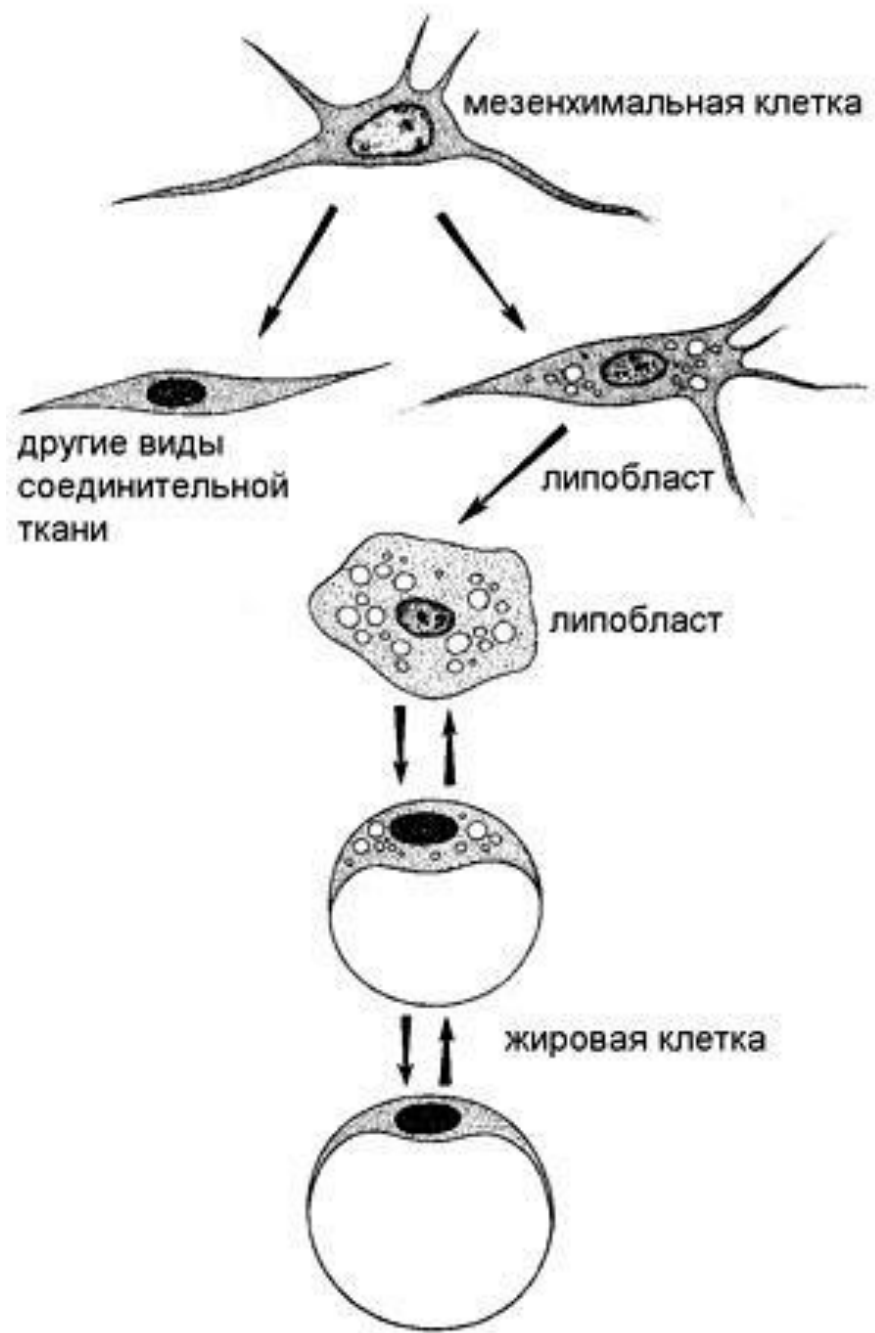
липопротеиды  
низкой  
плотности  
(ЛПНП)

липопротеиды  
высокой  
плотности  
(ЛПВП).

От пищи до жировой клетки:  
схема превращения жиров в организме.

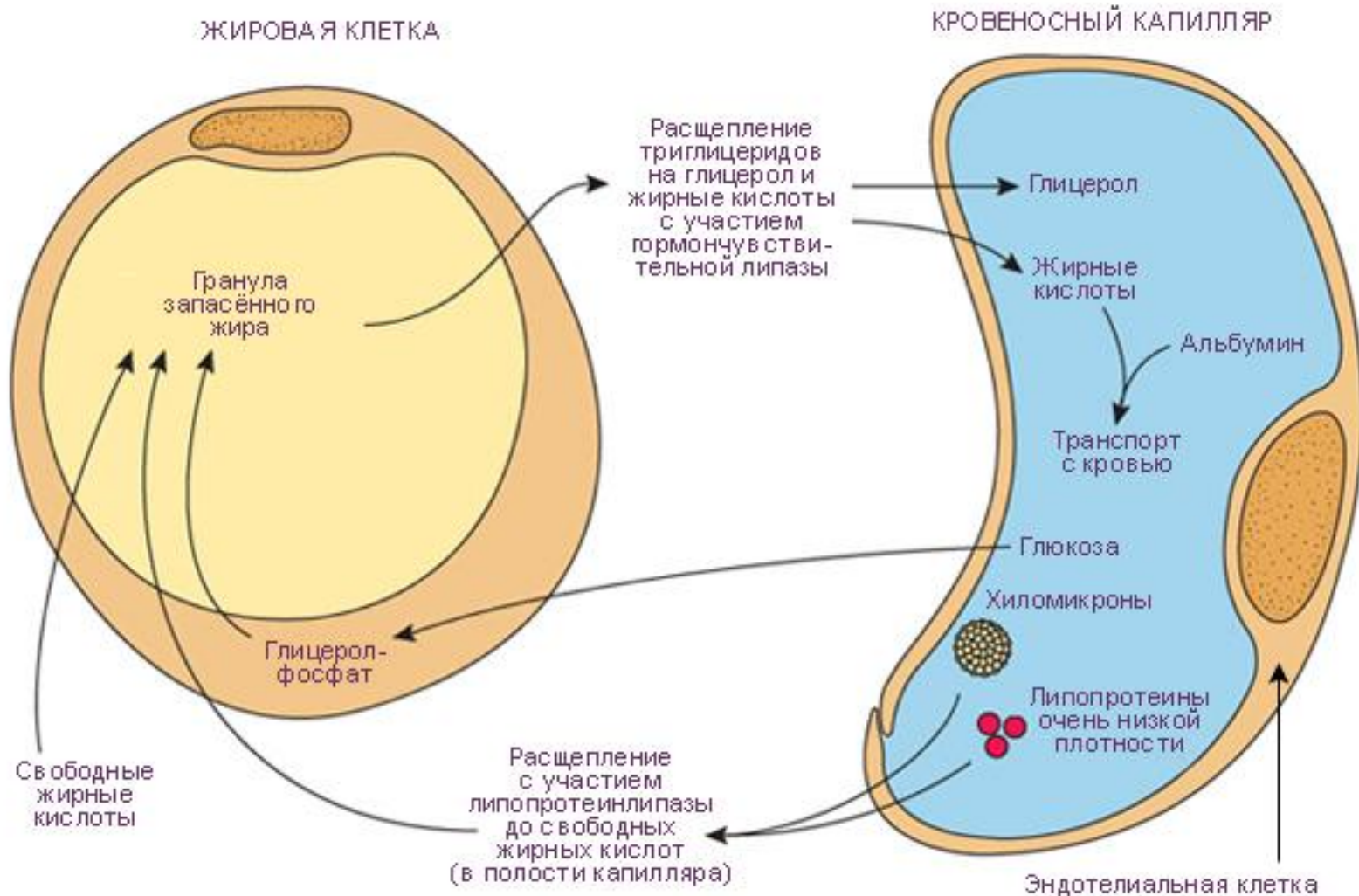
ЖИРЫ С ПИЩЕЙ  
ПОПАДАЮТ В ЖЕЛУДОК














# Обмен липидами между кровеносным капилляром и адипоцитом



							
	Хило- микро- ны	ЛОНП	ЛПП	ЛНП	Лп(а)	ЛВП <sub>2</sub>	ЛВП <sub>3</sub>
Плотность (г/мл)	< 0,95	< 1,006	1,006- 1,019	1,019- 1,063	1,050- 1,090	1,063- 11,25	1,125- 1,210
Диаметр (нм)	80-120	30-80	23-35	18-25	21-26	5-12	
Электрофорети- ческая подвиж- ность	На старте	пре-β	широ- кая β	β	пре-β	α	
Состав в % от общей массы:							
Белок	2% (B48; E;C2; C3; A1; A2)	10% (B100; E; C2; C3)	18% (B100; E)	25% (B100)	30% [апо(а)- B100]	55% (A1; A2; C3; E)	
ТГ	85%	50%	26%	10%	6%	4%	
ХС	1%	7%	12%	8%	8%	2%	
Эфиры ХС	3%	13%	22%	37%	36%	15%	
ФЛ	9%	20%	22%	20%	20%	24%	

## Обмен углеводов



Углеводы  
пищи

```
graph TD; A[Углеводы пищи] --> B[Растительные]; A --> C[Животные]; B --> D[КРАХМАЛ]; C --> E[ГЛИКОГЕН];
```

Растительные

Животные

КРАХМАЛ

ГЛИКОГЕН

Поддержание  
уровня  
глюкозы в крови



Поддержание  
иммунной  
функции

**ПРИЕМ  
УГЛЕВОДОВ**



Повышение  
инсулина  
в крови



Подавление  
кортизола  
в крови



**Гликогенез** – превращение глюкозы в гликоген при избыточном ее поступлении.

**Гликогенолиз** – расщепление гликогена и поступление глюкозы в кровь при снижении ее уровня в крови.

**Гликонеогенез** – синтез глюкозы под действием глюкокортикоидов из аминокислот и жиров при истощении запасов гликогена в организме.

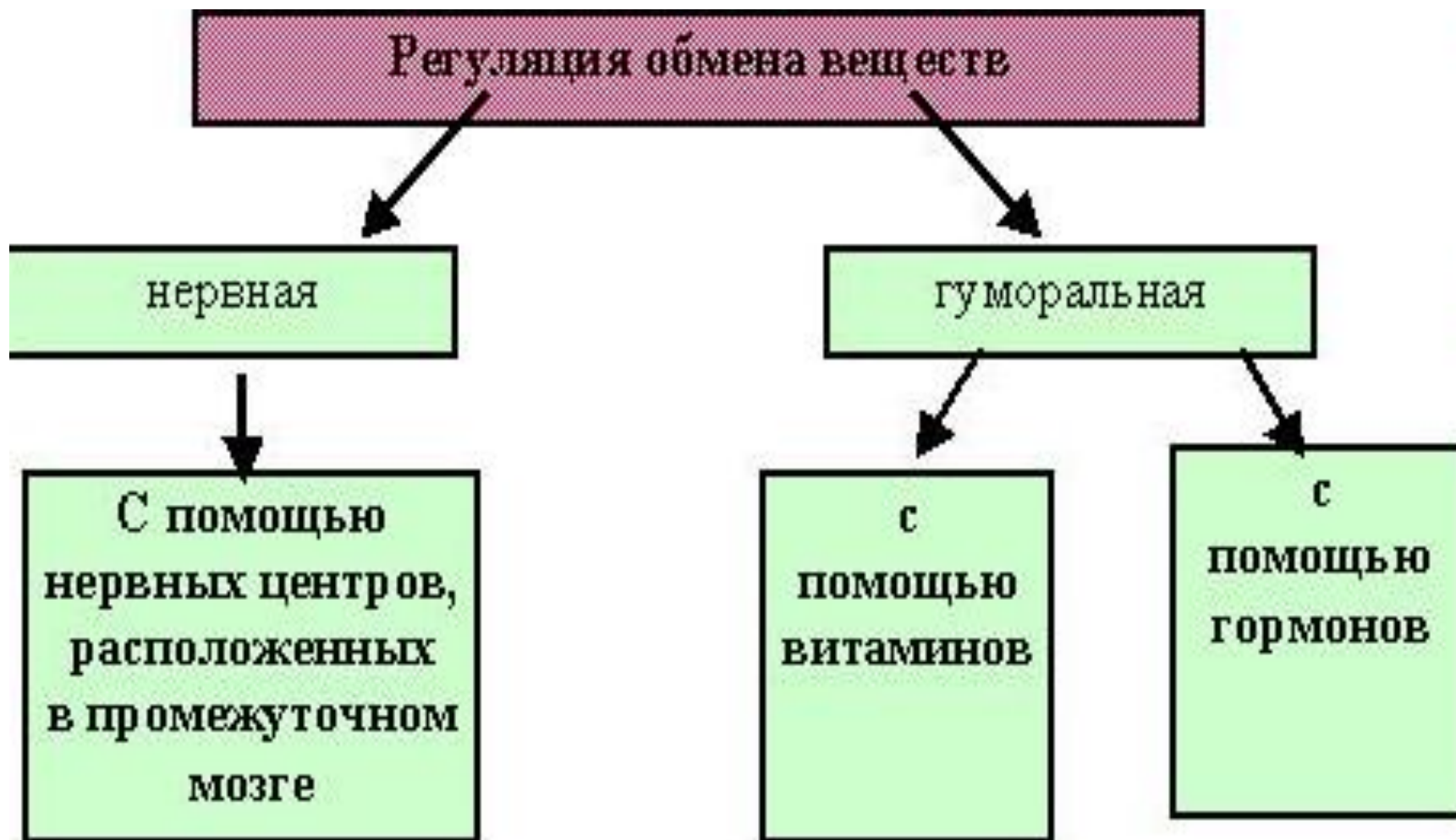


# Обмен воды и минеральных веществ





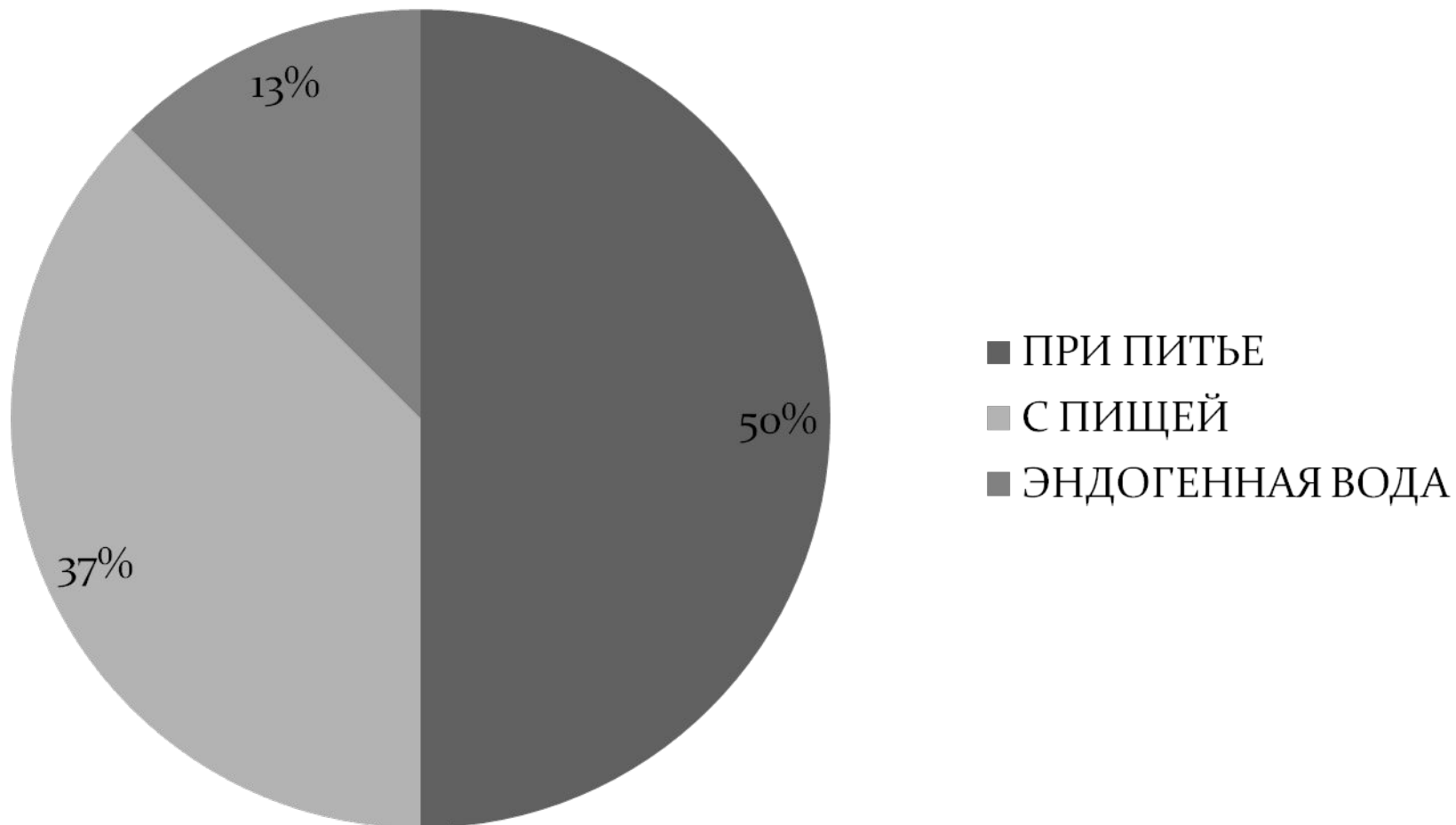
# Регуляция обмена веществ и энергии



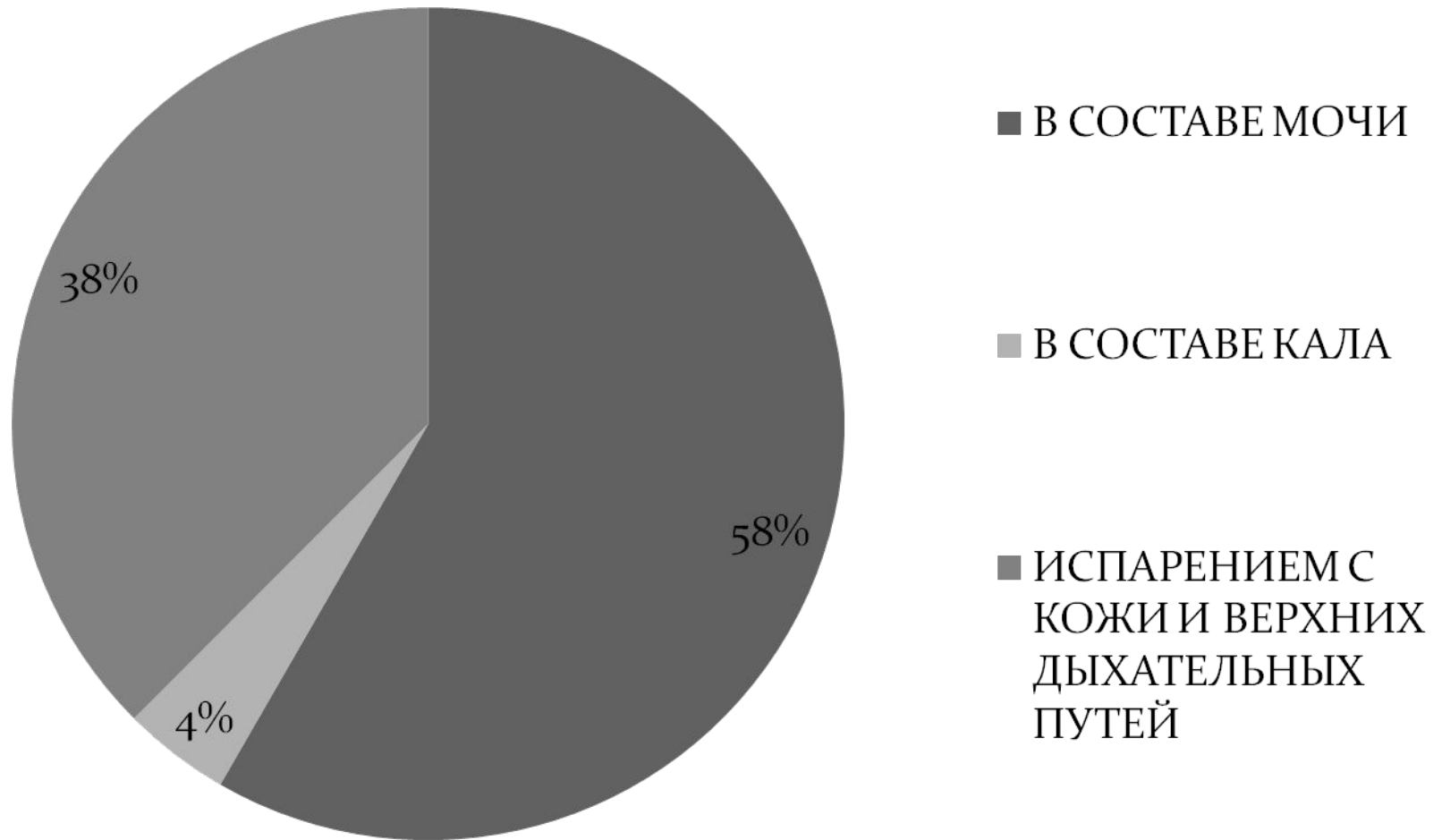
# Суточная потребность в

## **воде**

### Поступление воды



# ИЗ ОРГАНИЗМА ВЫВОДИТСЯ



# **РЕГУЛЯЦИЯ ОБМЕНА ВЕЩЕСТВ И ЭНЕРГИИ**

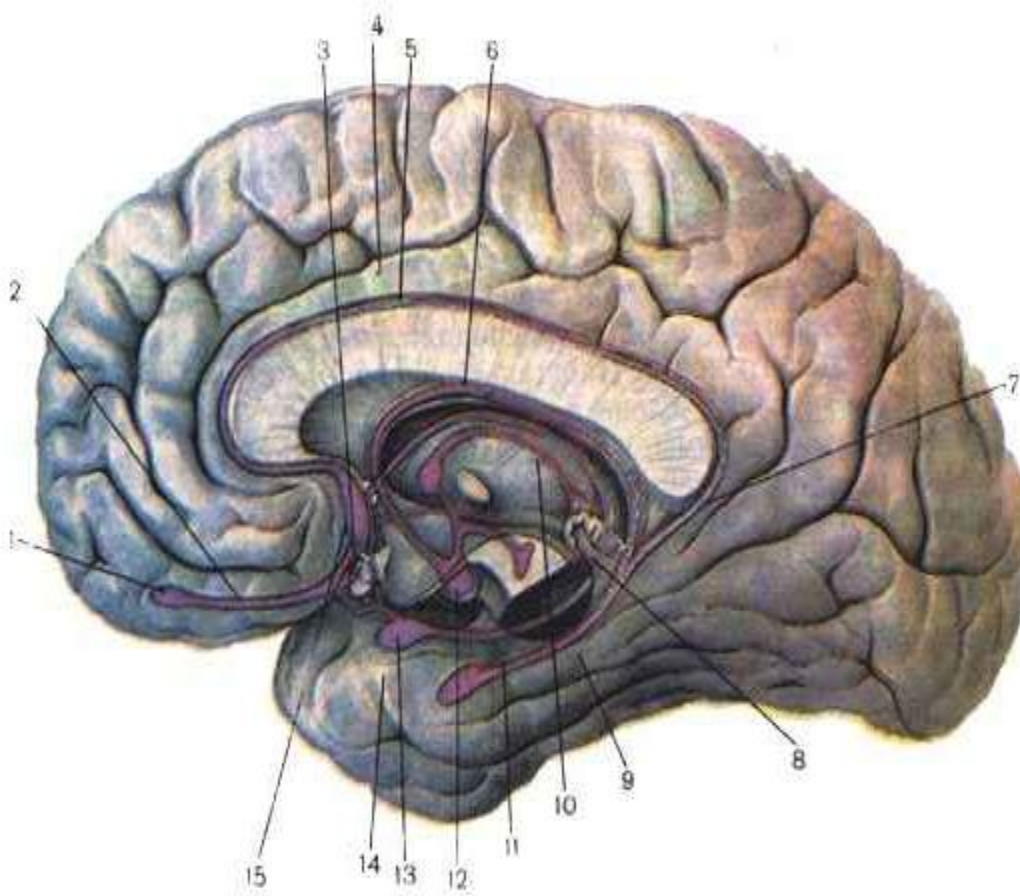
**1. НЕРВНАЯ РЕГУЛЯЦИЯ**

**2. ГУМОРАЛЬНАЯ РЕГУЛЯЦИЯ**

# **НЕРВНЫЙ ЦЕНТР ОБМЕНА ВЕЩЕСТВ И ЭНЕРГИИ ВКЛЮЧАЕТ:**

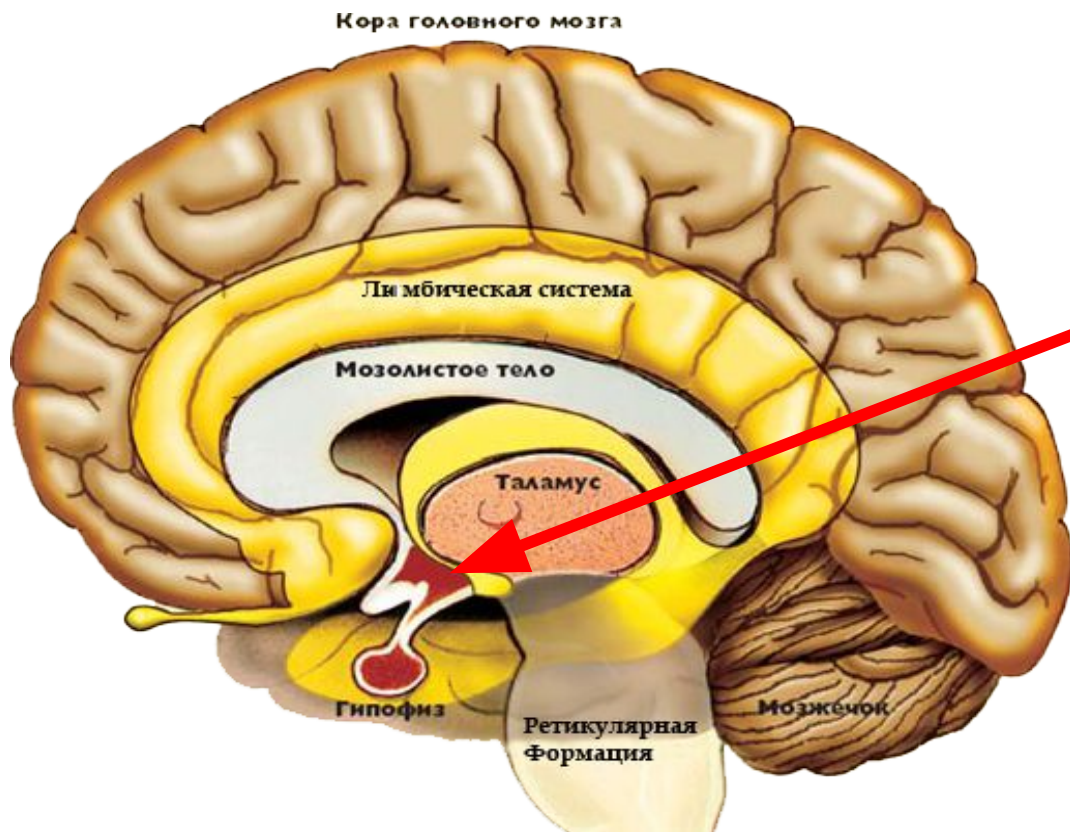
- 1. Гипоталамус**
- 2. Лимбическая система**
- 3. Кора больших полушарий**

# Нервные центры



1 - обонятельная  
луковица; 2 -  
обонятельный путь; 3 -  
обонятельный  
треугольник; 4 - поясная  
извилина; 5 - серые  
включения; 6 - свод; 7 -  
перешеек поясной  
извилины; 8 - концевая  
полоска; 9 -  
гиппокампальная  
извилина; 11 - гиппокамп;  
12 - сосцевидное тело; 13  
- миндалевидное тело; 14  
- крючок.

# Гипоталамический уровень



**Латеральные и  
вентромедиальные  
ядра гипоталамуса**



Рис. 4.9. Влияние повреждения латерального (слева) и вентромедиального (справа) ядер гипоталамуса на пищевое поведение кошки.



**Лимбическая система** – эмоциональный центр, влияющий на интенсивность обмена веществ и энергии. **Б**

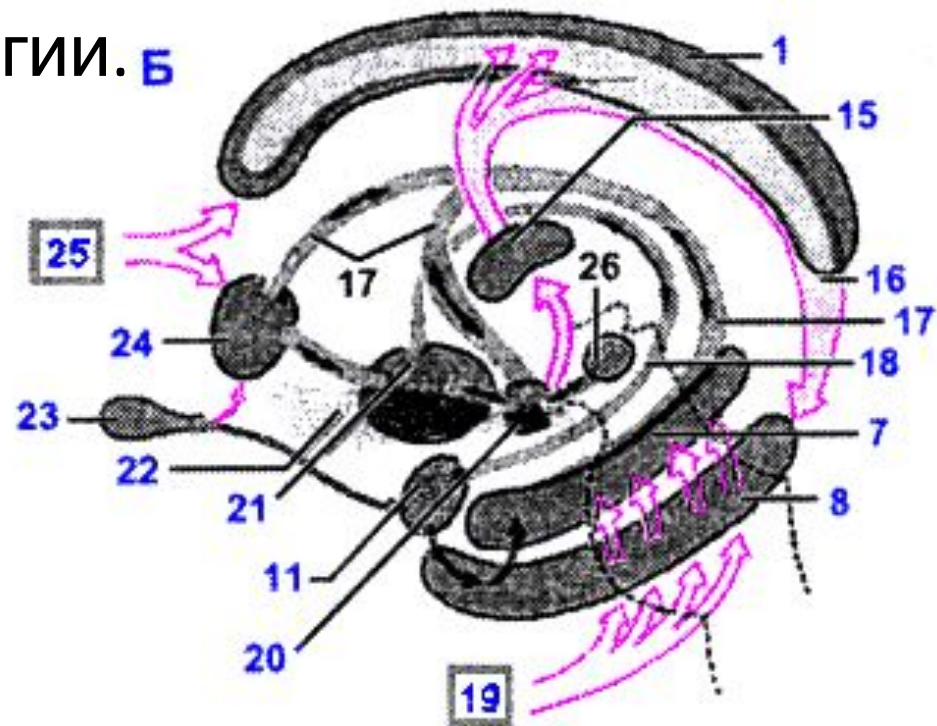
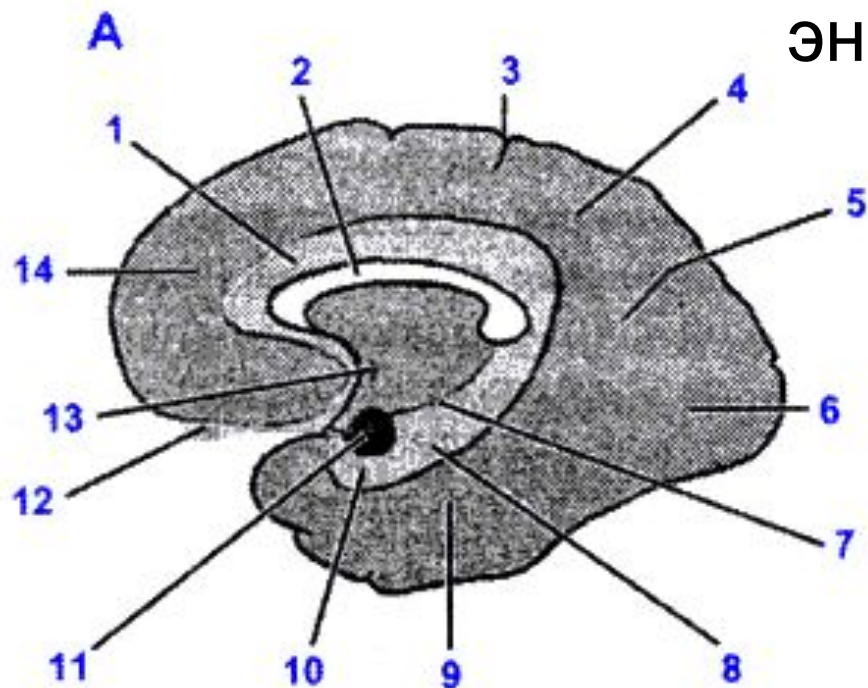
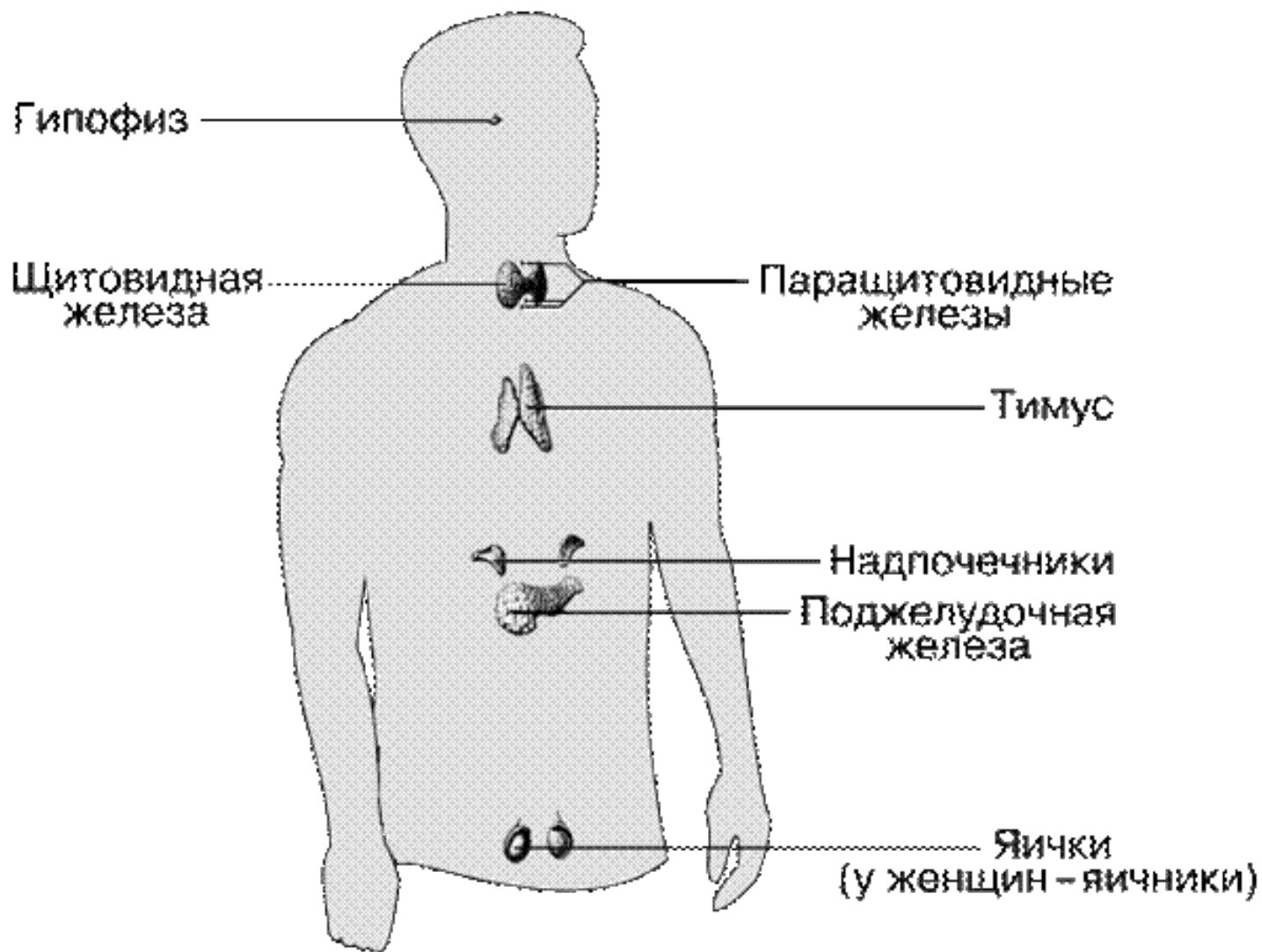


Рис. 223. Схема строения, расположения (А) и связей (Б) лимбической системы:

- 1 – поясная извилина; 2 – мозолистое тело; 4 – теменная доля; 5 – шпорная борозда; 6 – затылочная зона; 7 – гиппокамп; 8 – парагиппокампова извилина; 9 – височная доля; 10 – крючок; 11 – миндалина; 12 – обонятельная луковица; 13 – передняя спайка; 14 – лобная доля; 15 – передний таламус; 16 – пояс; 17 – свод; 18 – терминальная полоска; 19 – височная кора; 20 – мамиллярное тело; 21 – гипоталамус; 22 – медиальный пучок переднего мозга; 23 – обонятельная луковица; 24 – перегородка; 25 – лобная кора; 26 – ЛСМ (по В. Янигу)

# Гормональная регуляция обмена веществ и энергии



**Спасибо за внимание!**