

Обмен веществ и энергии

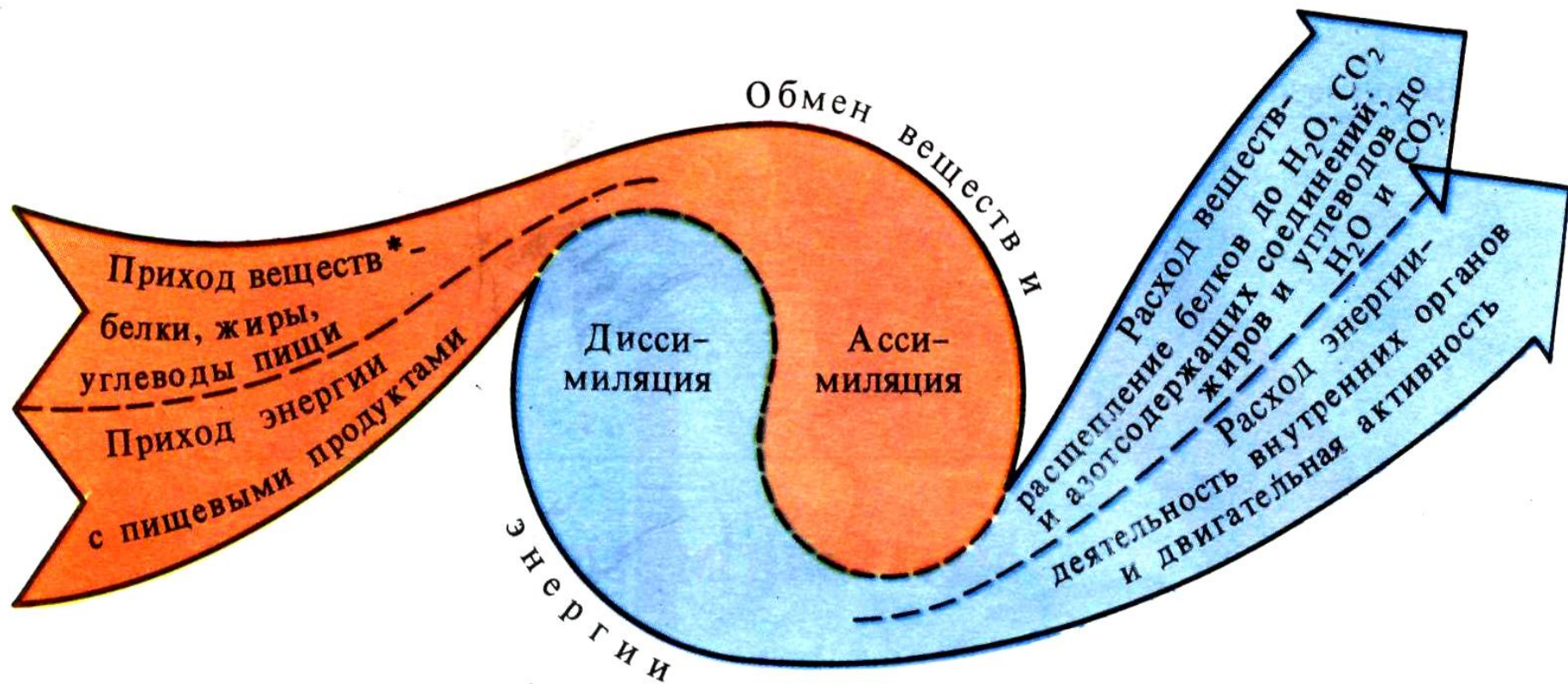
Обмен веществ и энергии - Метаболизм

**совокупность процессов
превращения веществ и
энергии в живом организме и
обмен веществами и
энергией между организмом
и окружающей средой.**

Метаболизм –

это совокупность взаимосвязанных, но разнонаправленных процессов, анаболизма (ассимиляции) и катаболизма (диссимиляции).

- **Анаболизм** - это совокупность процессов биосинтеза органических веществ, компонентов клетки и других структур органов и тканей.
- **Катаболизм** - это совокупность процессов расщепления сложных молекул, компонентов клеток, органов и тканей до простых веществ и до конечных продуктов метаболизма (с образованием макроэргических и восстановленных соединений).



Общее представление об обмене веществ и энергии

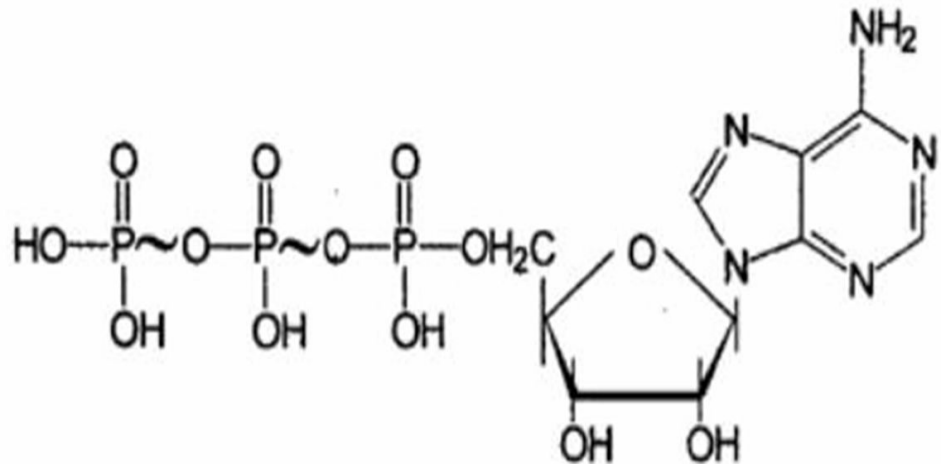
В процессе метаболизма обеспечиваются пластические и энергетические потребности организма.

- **Пластические потребности** – построение биологических структур организма.
- **Энергетические потребности** - преобразование химической энергии питательных веществ в энергию макроэргических (АТФ и другие молекулы) и восстановленных (НАДФ • Н - никотин-амид-адениндинуклеотидфосфат) соединений.

Взаимосвязь процессов катаболизма и анаболизма

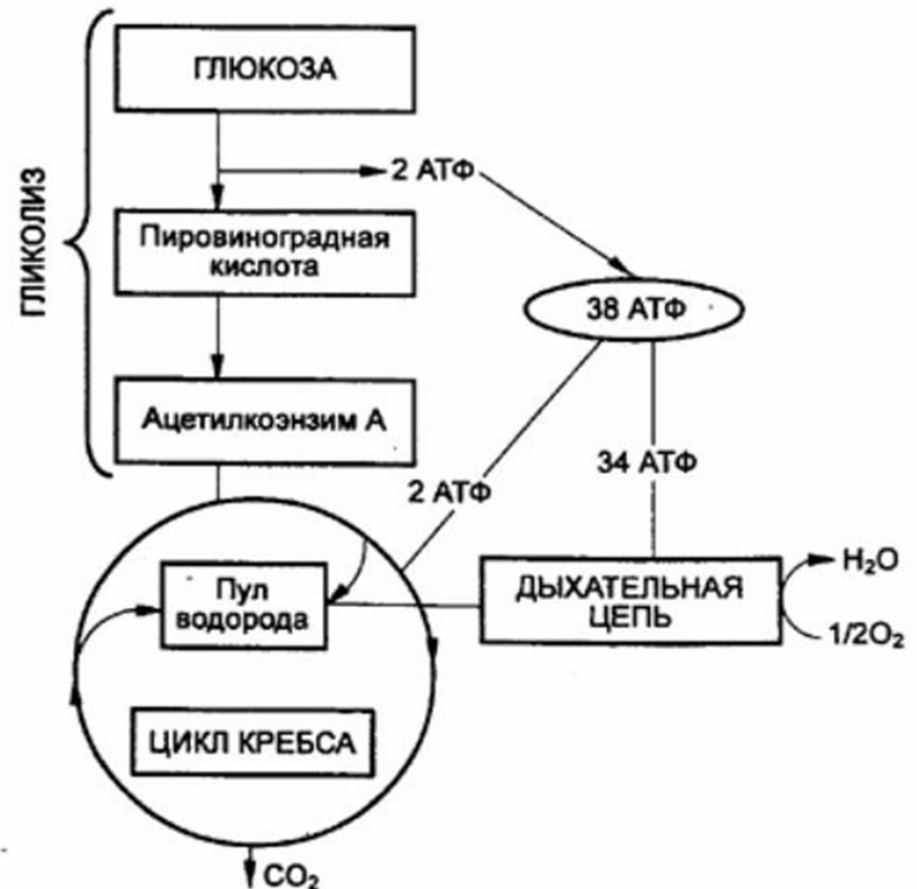
Главную роль в
сопряжении
анаболических
и
катаболических
процессов в
организме
играют:

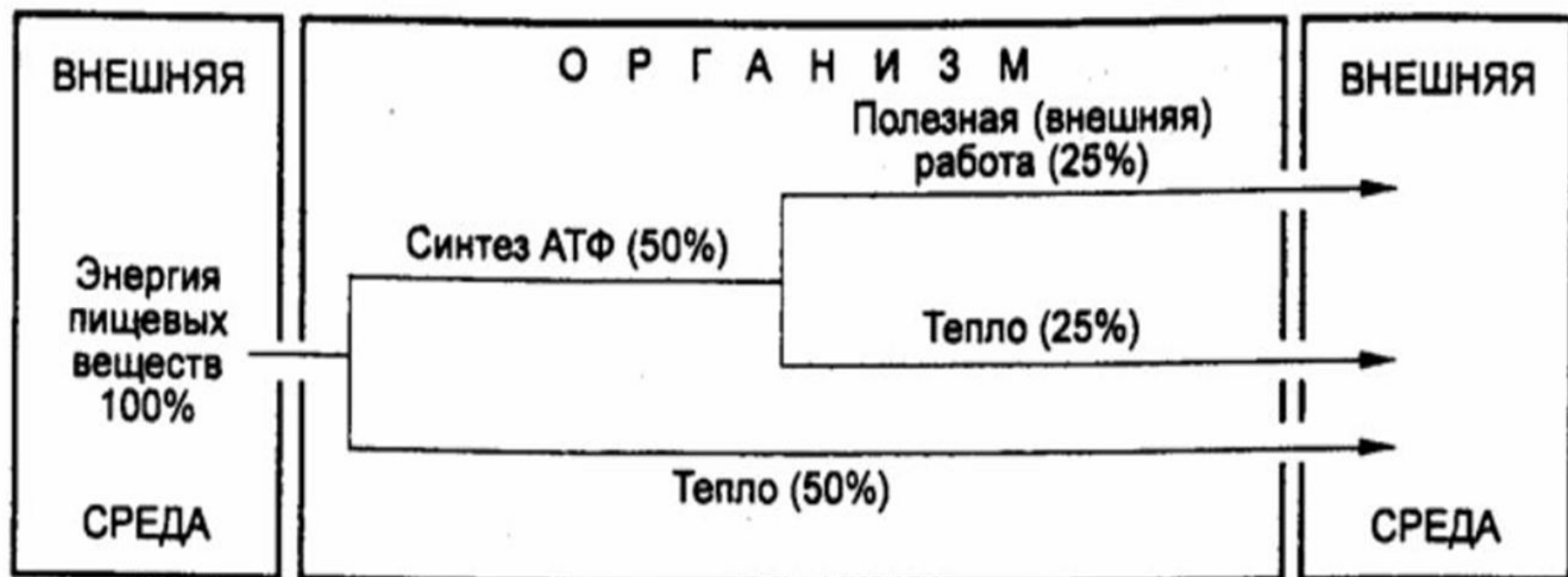
**АТФ,
НАДФ • Н.**



Катаболизм анаэробный и аэробный

- Обеспечение энергией процессов жизнедеятельности осуществляется за счет **анаэробного (бескислородного) и аэробного (с использованием кислорода) катаболизма** поступающих в организм с пищей белков, жиров и углеводов.
- **Процессы анаболизма и катаболизма находятся в организме в состоянии динамического равновесия** или временного превалирования одного из них.





Теплота первичная и вторичная

1. Часть энергии в процессе катаболизма используется для синтеза АТФ, другая часть этой энергии превращается в теплоту **(первичную)**.
2. Аккумулированная в АТФ энергия в последующем используется для осуществления в организме работы и в конечном итоге тоже превращается в теплоту **(вторичную)**.

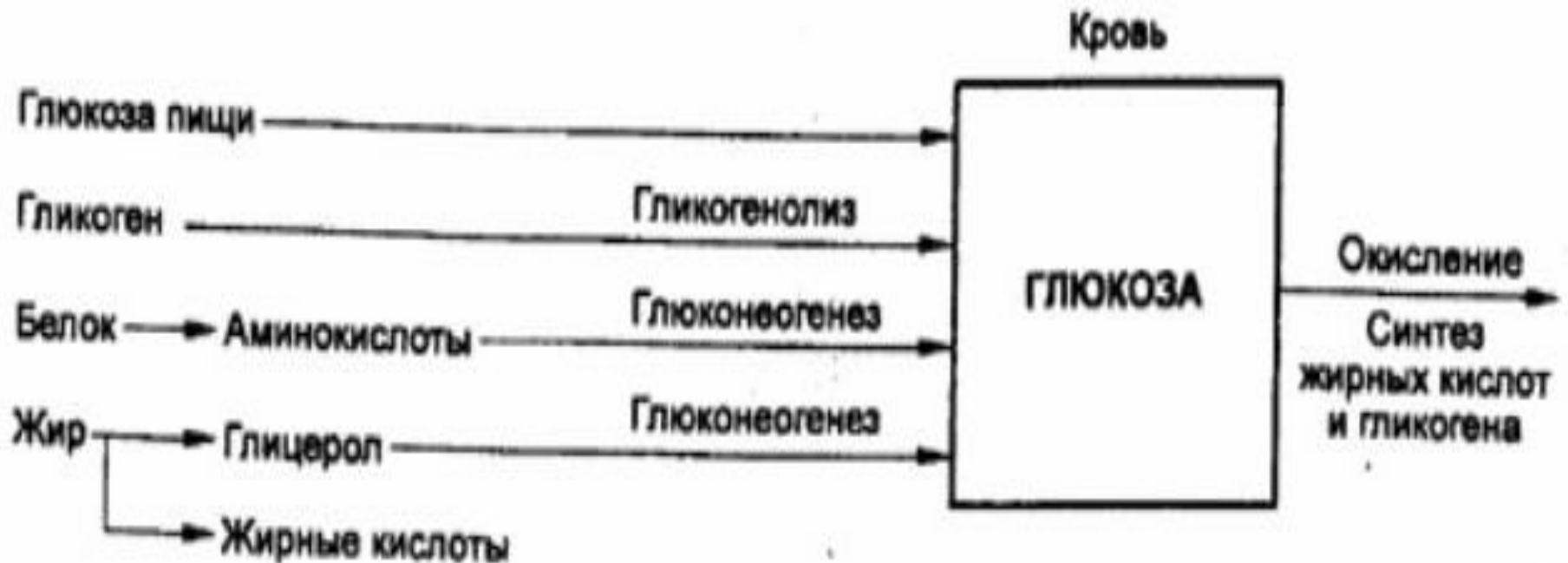
Количество синтезированных молей АТФ на моль окисленного субстрата зависит от его вида (белка, жира, углевода) и от величины коэффициента фосфорилирования.

Коэффициент фосфорилирования (P/O) -

**количество синтезированных молекул
АТФ в расчете на один атом
кислорода.**

- Какая часть энергии будет использована на синтез АТФ зависит от величины P/O и эффективности сопряжения в митохондриях процессов дыхания и фосфорилирования.
- Разобщение дыхания и фосфорилирования ведет к уменьшению коэффициента P/O, превращению в первичную теплоту большей части энергии химических связей окисляемого вещества.

Пути метаболизма питательных веществ



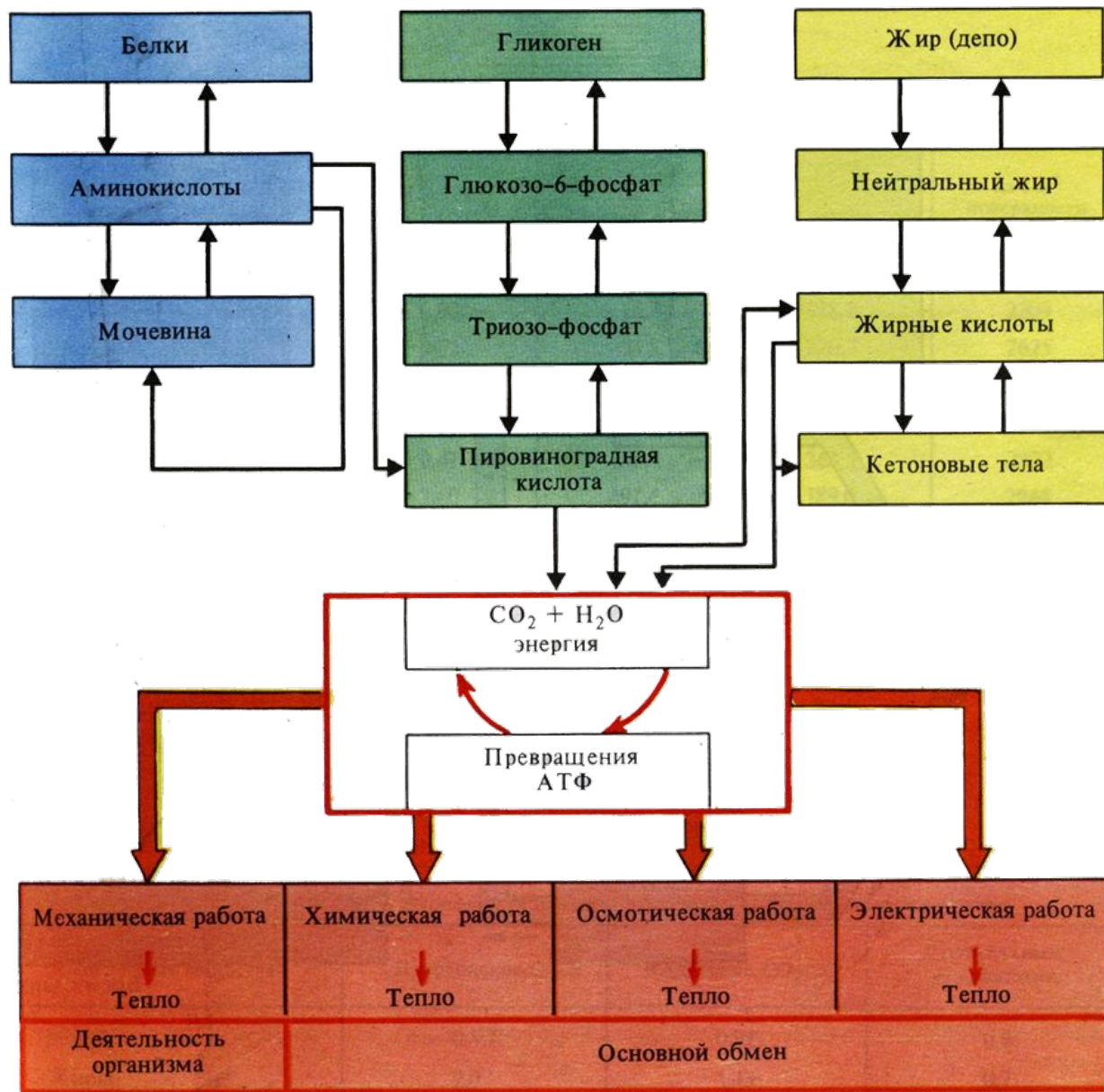


Схема превращения веществ и энергии в организме.

Белки и их роль в организме

Животные существа могут усваивать азот только в составе аминокислот, поступающих в организм с белками пищи.

- **Незаменимые аминокислоты.** Десять аминокислот из 20 (валин, лейцин, изолейцин, лизин, метионин, триптофан, треонин, фенилаланин, аргинин и гистидин) в случае их недостаточного поступления с пищей не могут быть синтезированы в организме.
- **Заменимые аминокислоты** в случае недостаточного поступления их с пищей могут синтезироваться в организме.

Полноценные и не полноценные белки.

Белки и их роль в организме

У здорового взрослого человека количество распавшегося за сутки белка равно количеству вновь синтезированного.

Скорость распада и обновления белков организма различна.

Полупериод распада

гормонов пептидной природы составляет минуты или часы, белков плазмы крови и печени —около 10 сут, белков мышц —около 180 сут.

Белки, использующиеся в организме в первую очередь в качестве пластических веществ, в процессе их разрушения освобождают энергию для синтеза в клетках АТФ и образования тепла.

Коэффициент изнашивания по Рубнеру

О суммарном количестве белка, подвергшегося распаду за сутки, судят по количеству азота, выводимого из организма человека.

- В белке содержится около 16 % азота (т. е. в 100 г белка — 16 г азота).
- Выделение организмом 1 г азота соответствует распаду 6,25 г белка.
- За сутки из организма взрослого человека выделяется около 3,7 г азота.
- Масса белка, подвергшегося за сутки полному разрушению, составляет $3,7 \times 6,25 = 23$ г, или 0,028—0,075 г азота на 1 кг массы тела в сутки.

Азотистый баланс

- Если количество азота, поступающего в организм с пищей, равно количеству азота, выводимого из организма, принято считать, что **организм находится в состоянии азотистого равновесия.**
- Когда в организм поступает азота больше, чем его выделяется, **говорят о положительном азотистом балансе (задержке, ретенции азота).**
- Когда количество выводимого из организма азота превышает его поступление в организм, **говорят об отрицательном азотистом балансе.**

Липиды и их роль в организме

**Липиды организма человека:
триглицериды, фосфолипиды, стерины.**

**Липиды играют в организме
энергетическую и пластическую роль.**

- В удовлетворении энергетических потребностей организма основную роль играют **нейтральные молекулы жира (триглицериды)**.
- Пластическая функция липидов в организме осуществляется, главным образом, за счет **фосфолипидов, холестерина, жирных кислот**.

По сравнению с молекулами углеводов и белков молекула липидов является более энергоемкими.

За счет окисления жиров обеспечивается около 50 % потребности в энергии взрослого организма.

Жиры являются источником образования эндогенной воды.

При окислении 100 г нейтрального жира в организме образуется около 107 г воды.

Углеводы и их роль в организме

Организм человека получает углеводы в виде растительного полисахарида крахмала и в виде животного полисахарида гликогена.

- В желудочно-кишечном тракте осуществляется их расщепление до уровня моносахаридов (глюкозы, фруктозы, лактозы, галактозы).
- Моносахариды всасываются в кровь и через воротную вену поступают в печеночные клетки.
- В печеночных клетках фруктоза и галактоза превращается в глюкозу.

Концентрация глюкозы в крови поддерживается на уровне 0,8—1,0 г/л.

- При избыточном поступлении в печень глюкозы она превращается в гликоген.
- По мере снижения концентрации глюкозы в крови происходит расщепление гликогена.

Глюкоза выполняет в организме энергетические и пластические функции.

Глюкоза необходима для синтеза частей молекул нуклеотидов и нуклеиновых кислот, некоторых аминокислот, синтеза и окисления липидов, полисахаридов.

Минеральные вещества и их роль в организме

Минеральные вещества: Натрий, Кальций, Калий, Хлор, Фосфор, Железо, Йод, Медь, Фтор, Магний, Сера, Цинк, Кобальт.

Из них к группе микроэлементов относятся: йод, железо, медь, марганец, цинк, фтор, хром, кобальт.

Функции минеральных веществ:

- являются кофакторами ферментативных реакций,
- создают необходимый уровень осмотического давления,
- обеспечивают кислотно-основное равновесие,
- участвуют в процессах свертывания крови,
- создают мембранный потенциал и потенциал действия возбудимых клеток.

Витамины и их роль в организме

Витамины — группы разнородных по химической природе веществ, не синтезируемых или синтезируемых в недостаточных количествах в организме, но необходимых для нормального осуществления обмена веществ, роста, развития организма и поддержания здоровья.

- Витамины не являются непосредственными источниками энергии и не выполняют пластических функций.
- Витамины являются составными компонентами ферментных систем и играют роль катализаторов в обменных процессах.
- Основными источниками **водорастворимых витаминов** являются пищевые продукты растительного происхождения и в меньшей мере животного происхождения.
- Основными источниками **жирорастворимых витаминов** являются продукты животного происхождения.

Для удовлетворения потребностей организма в витаминах имеет значение нормальное осуществление процессов пищеварения и всасывания веществ в желудочно-кишечном тракте.

Уравнение энергетического баланса

$$E = A + H + S$$

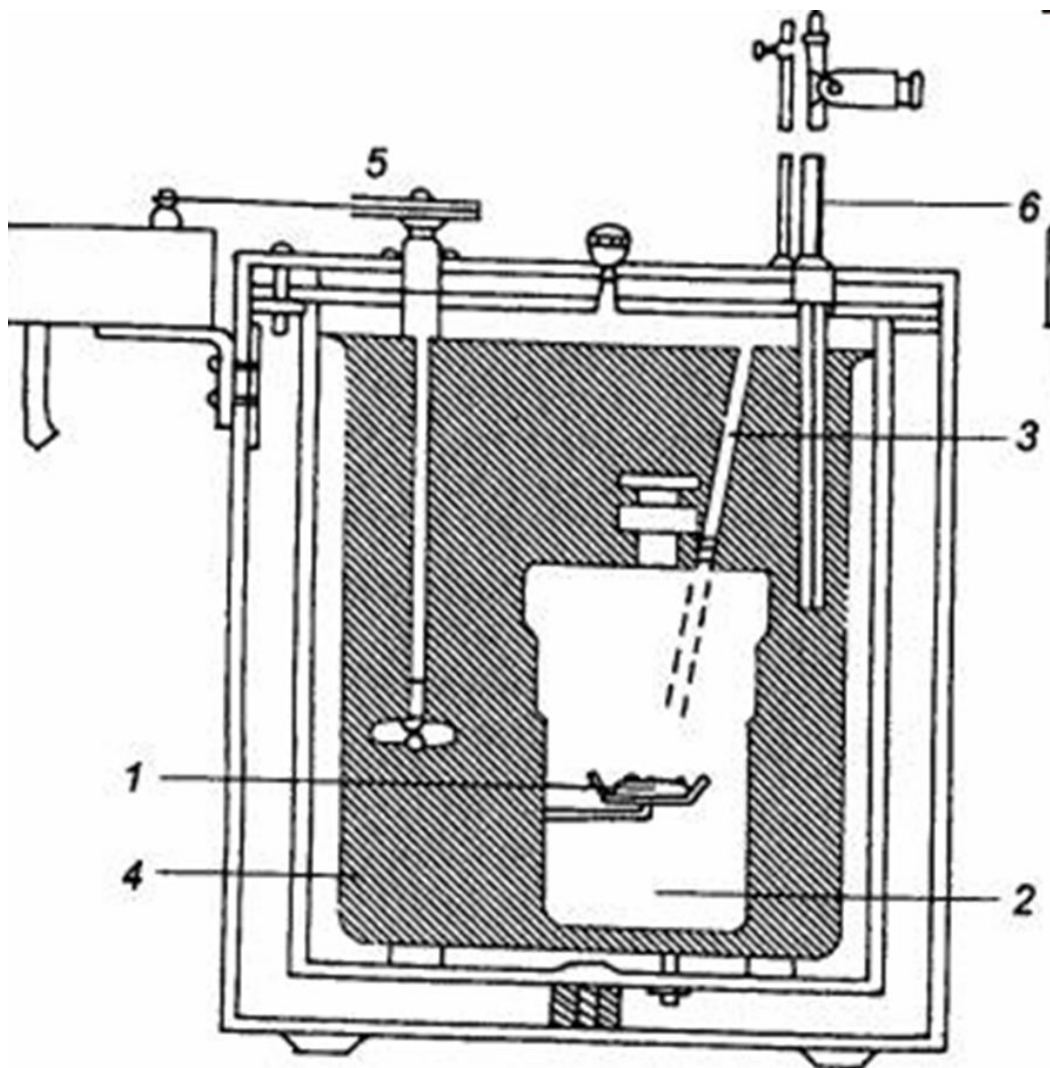
E — общее количество энергии, получаемой организмом с пищей;

A — внешняя (полезная) работа;

H — теплоотдача;

S — запасенная энергия.

Физическая калориметрия («бомба») Бертло



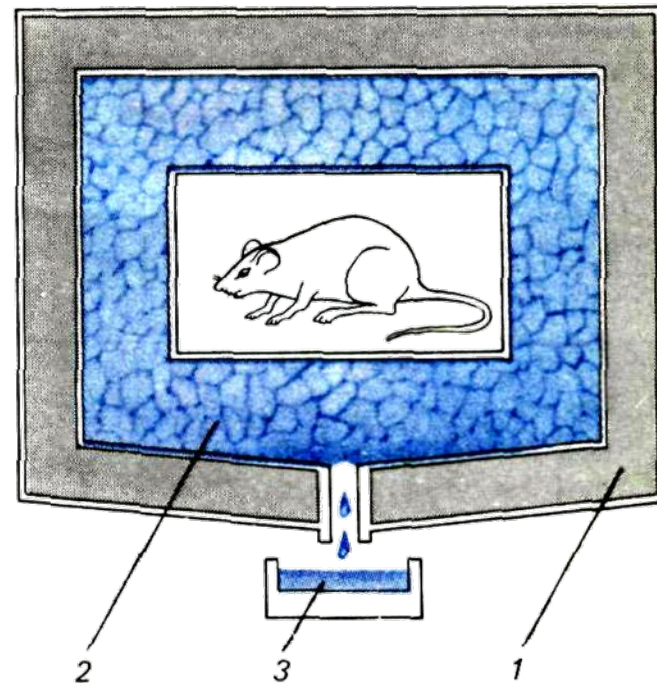
1 — проба пищи;
2 — камера,
3 — заполненная
кислородом;
запал;
4 — вода;
5 — мешалка;
6 — термометр.

$$\mathbf{E} = \mathbf{A} + \mathbf{H} + \mathbf{S}$$

$$E = A + H + S$$

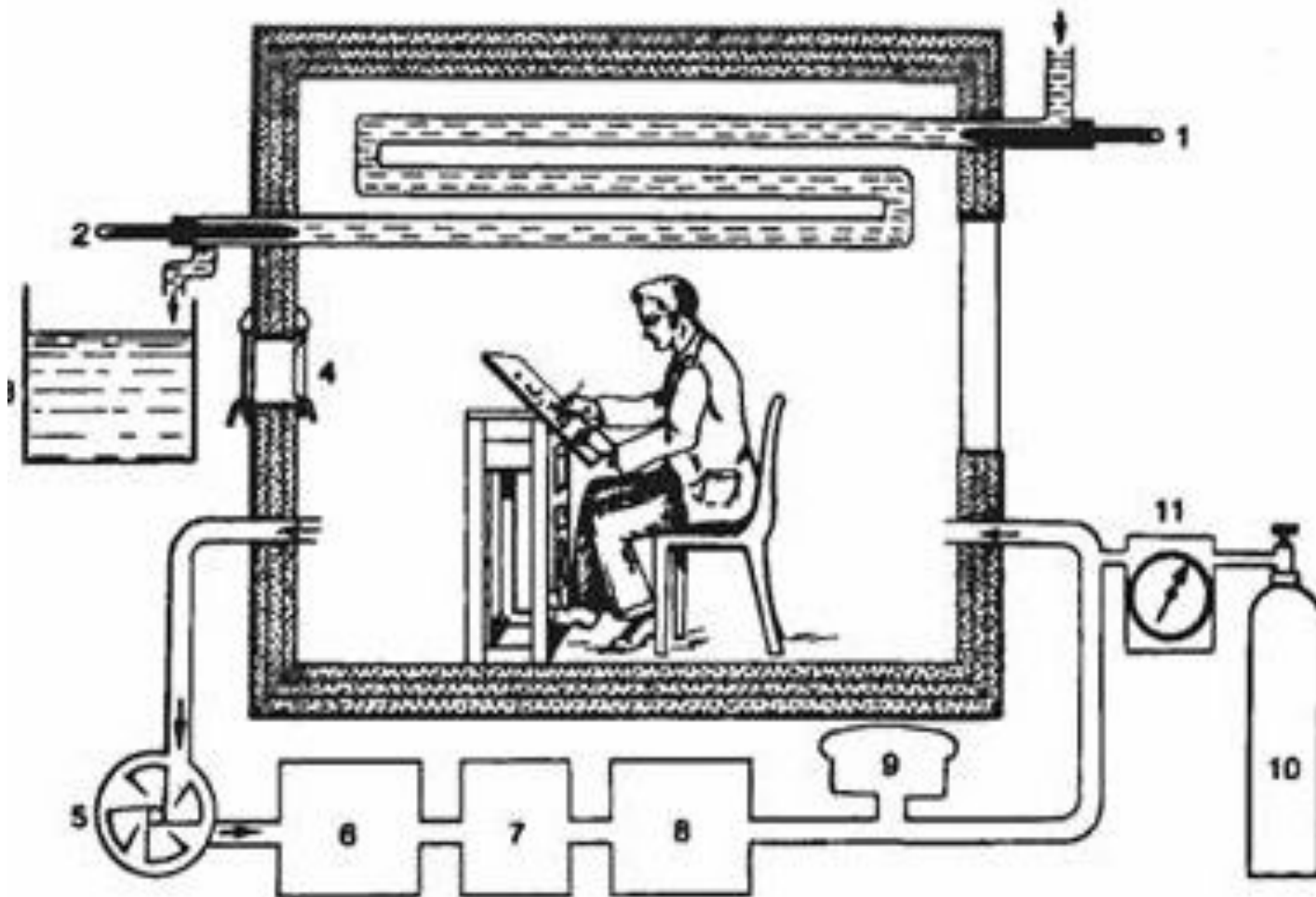
Эксперимент, разработанный
А. Лавуазье для определения
интенсивности обмена веществ
у мелких животных.

Вода (3), вытекающая из-под
наружной оболочки камеры по
мере таяния льда (2), является
прямой мерой теплоты, выделяемой
животным (1- термоизоляция).



Биокалориметр Этуотера — Бенедикта

$$E = A + H + S$$



Способы оценки энергетических затрат организма



Методы исследования обмена энергии.

Калорический эквивалент кислорода (КЭО₂)

- Основным источником энергии для осуществления в организме процессов жизнедеятельности является биологическое окисление питательных веществ. На это окисление расходуется кислород. Следовательно, измерив количество потребленного организмом кислорода можно судить о величине энергозатрат организма за время измерения.
- Между количеством потребленного за единицу времени организмом кислорода и количеством образовавшегося в нем за это же время тепла существует связь, выражающаяся через калорический эквивалент кислорода (КЭО₂).

КЭО₂ - количество тепла, образующегося в организме при потреблении им 1 л кислорода.

Способы оценки энергетических затрат организма

- **Прямая калориметрия** основана на измерении количества тепла, непосредственно рассеянного организмом в теплоизолированной камере.
- **Непрямая калориметрия** основана на измерении количества потребленного организмом кислорода и последующем расчете энергозатрат с использованием данных о величинах дыхательного коэффициента (ДК) и $KЭO_2$.

Дыхательный коэффициент - отношение объема выделенного углекислого газа к объему поглощенного кислорода.

$$\text{ДК} = V_{CO_2} / V_{O_2}$$

Основной обмен -

минимальный уровень энергозатрат, необходимых для поддержания жизнедеятельности организма в условиях относительно полного физического, эмоционального и психического покоя.

- Энергозатраты организма возрастают при физической и умственной работе, психоэмоциональном напряжении, после приема пищи, при понижении температуры среды.
- Для взрослого мужчины массой 70 кг величина энергозатрат составляет около 1700 ккал/сут (7117 кДж), для женщин — около 1500 ккал/сут.
- Расчет должного основного обмена у человека по таблицам Гарриса и Бенедикта (с учетом пола, массы тела, роста и возраста).

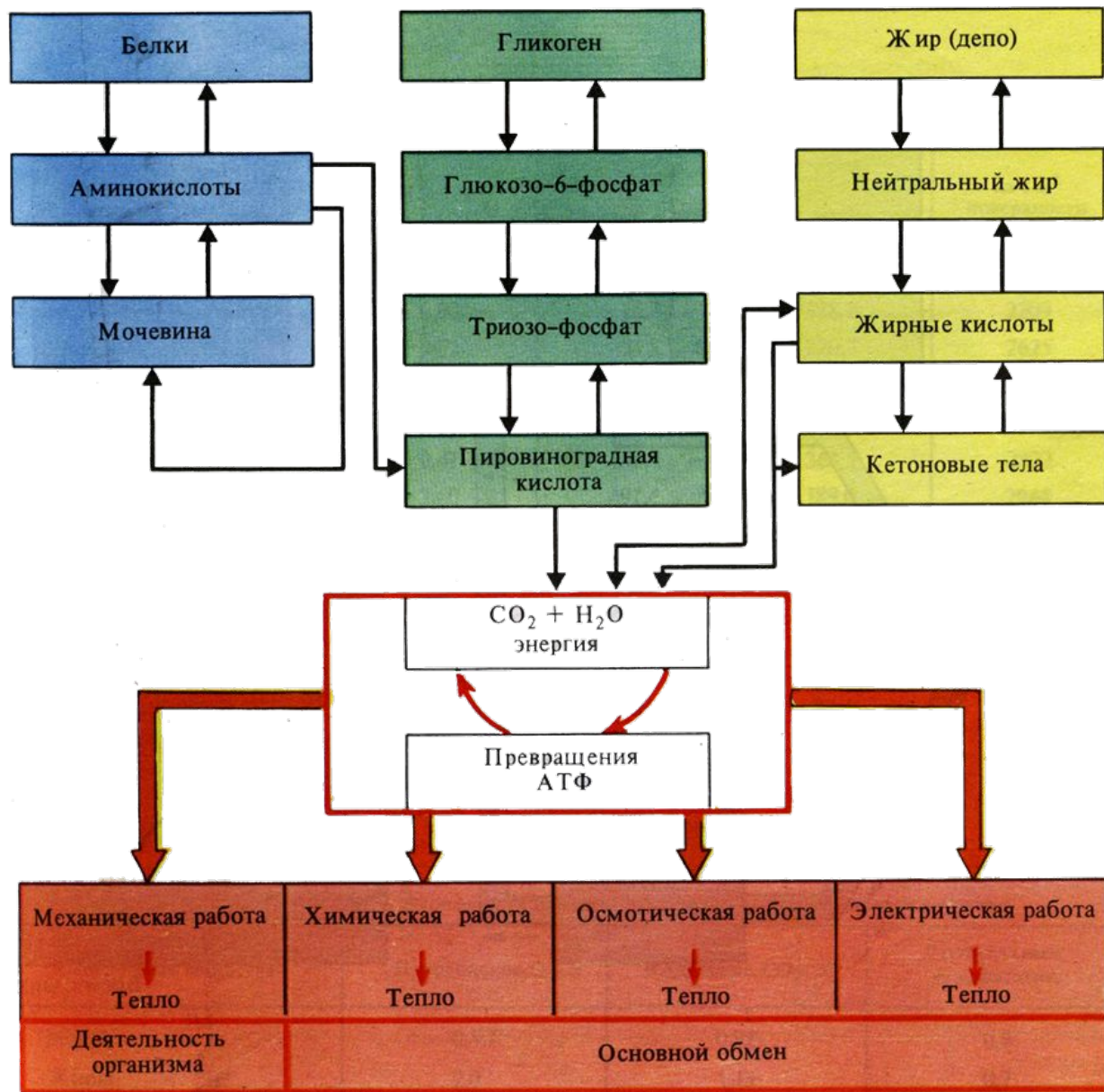


Схема превращения веществ и энергии в организме.

Основной обмен

определяют методами прямой или непрямой калориметрии.

Нормальные величины основного обмена у взрослого человека можно рассчитать по формуле Дрейера:

$$H = W / K \cdot A,$$

где W —масса тела (г), A —возраст, K—константа (0,1015 для мужчин и 0,1129 — для женщин).

- Величина основного обмена зависит от соотношения в организме процессов анаболизма и катаболизма.
- Для каждой возрастной группы людей установлены и приняты в качестве стандартов величины основного обмена.
- Интенсивность основного обмена в различных органах и тканях неодинакова. По мере уменьшения энергозатрат в покое их можно расположить в таком порядке: внутренние органы—мышцы—жировая ткань.

Регуляция обмена веществ и энергии

Цель:

обеспечение потребностей организма в энергии и в разнообразных веществах в соответствии с уровнем функциональной активности.

Является мультипараметрической, т.е. включающей в себя регулирующие системы (центры) множества функций организма (дыхания, кровообращения, выделения, теплообмена и др.).

Центр регуляции обмена веществ и энергии

Роль центра регуляции обмена веществ и энергии играют ядра гипоталамуса.

В гипоталамусе имеются полисенсорные нейроны, реагирующие на изменения концентрации глюкозы, водородных ионов, температуры тела, осмотического давления, т. е. важнейших гомеостатических констант внутренней среды организма.

В ядрах гипоталамуса осуществляется анализ состояния внутренней среды и формируются управляющие сигналы, которые посредством эфферентных систем приспособливают ход метаболизма к потребностям организма.

Эфферентные звенья регуляции обмена веществ

- **симпатический и парасимпатический отделы вегетативной нервной системы.**
- **эндокринная система.** Гормоны гипоталамуса, гипофиза и других эндокринных желез оказывают прямое влияние на рост, размножение, дифференцировку, развитие и другие функции клеток.

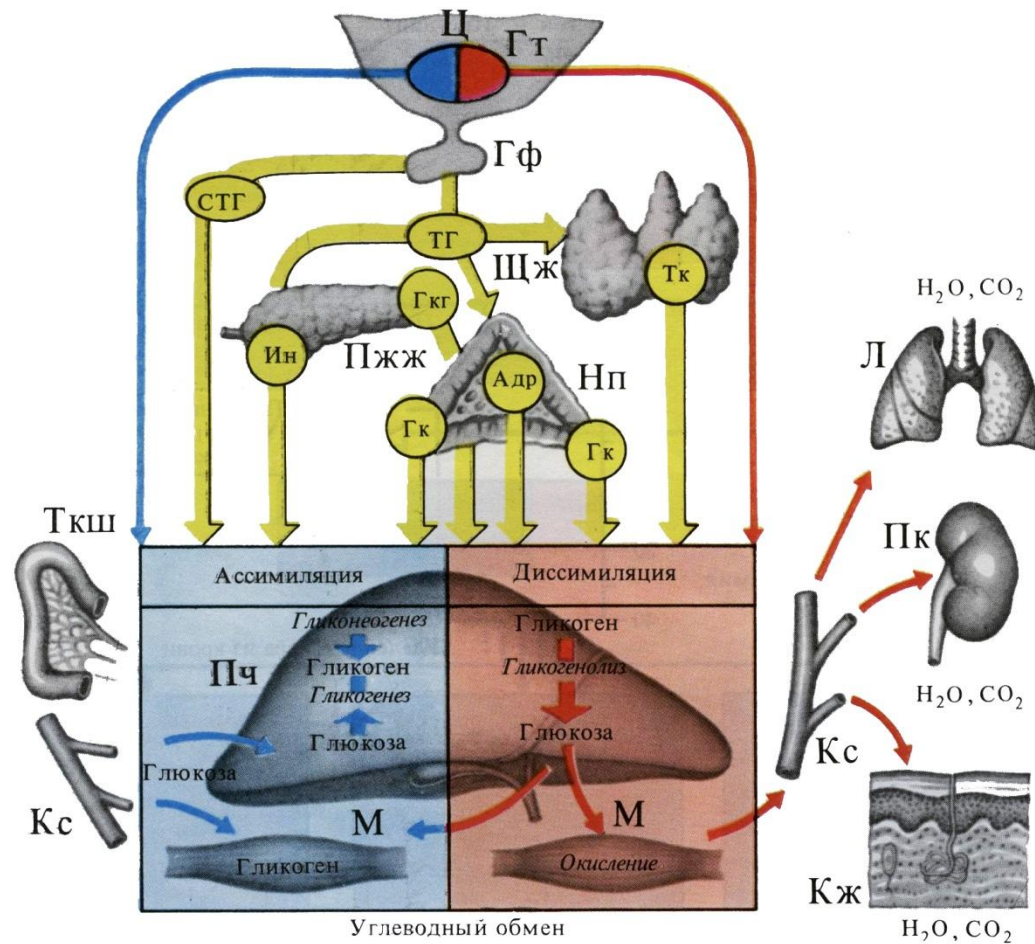
Важнейшим эффектором, через который оказывается регулирующее воздействие на обмен веществ и энергии, являются клетки органов и тканей.

Клеточный уровень регуляции обмена веществ и энергии

заключается в воздействии на скорость биохимических реакций, протекающих в клетках.

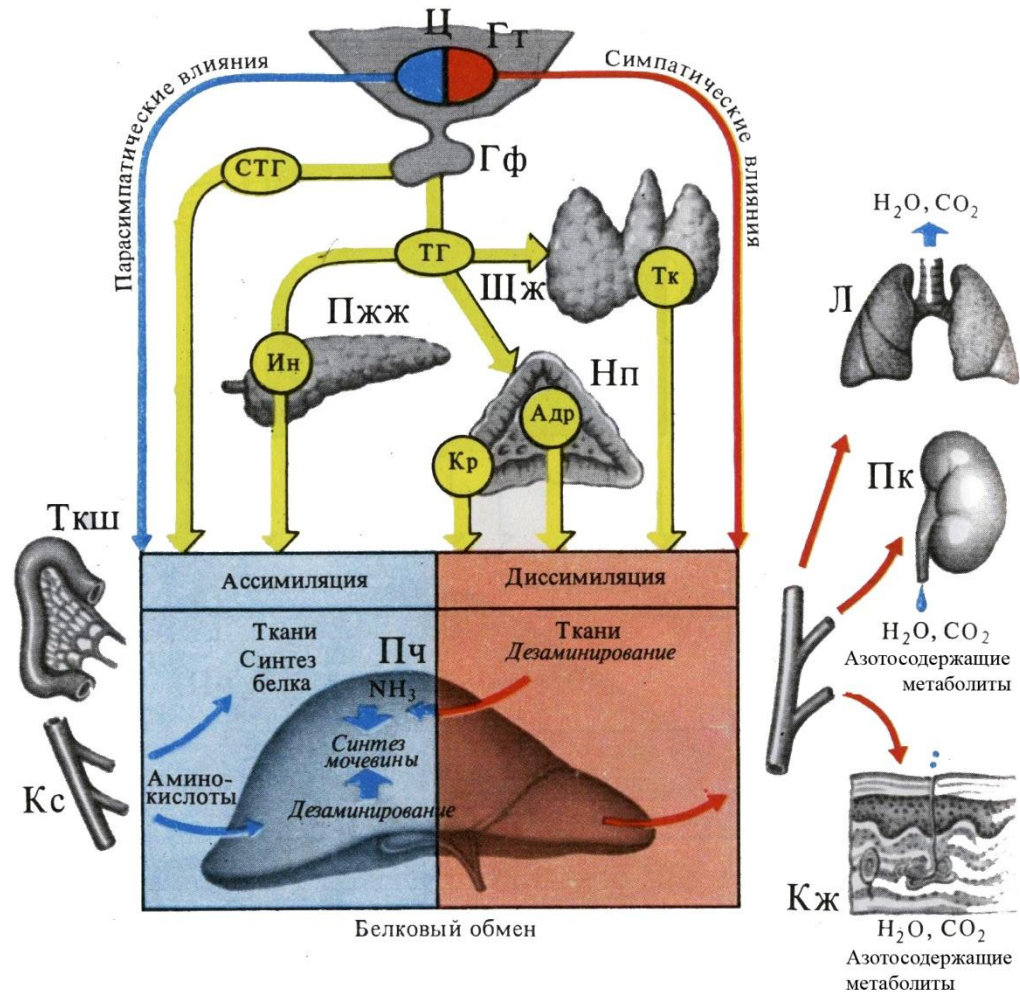
Наиболее частыми эффектами регуляторных воздействий на клетку являются изменения:

1. каталитической активности ферментов,
2. концентрации ферментов,
3. сродства фермента и субстрата,
4. свойств микросреды, в которой функционируют ферменты.



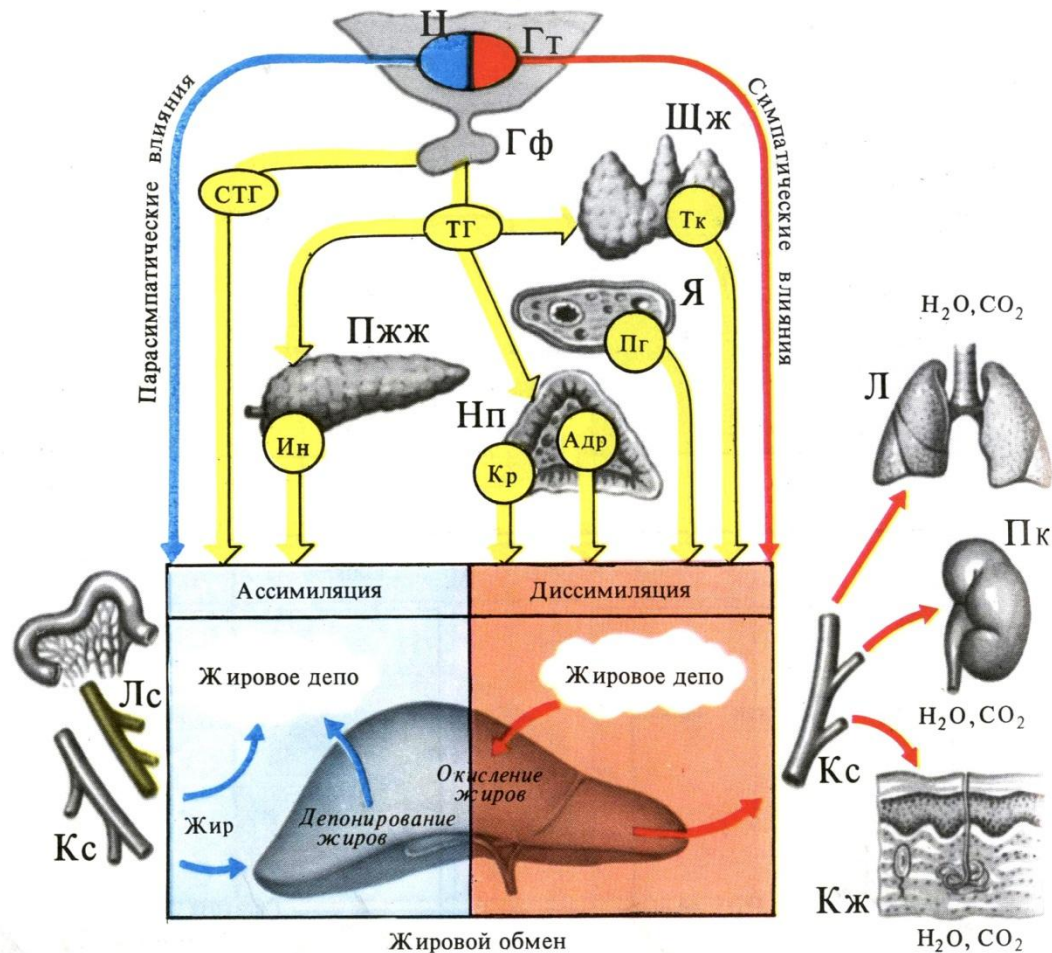
Регуляция углеводного обмена:

Ц-центры контролирующей углеводный обмен, ТГ-
 "тропные" гормоны, Ек-тироксин, Гк-глюкокортикоиды,
 Гкг-глюкагон.



Регуляция белкового обмена:

Ц- центры, контролирующие белковый обмен, ТГ- “тропные” гормоны, Тк- тироксин, Кр- кортикоиды.



Регуляция жирового обмена:

Ц- центры, регулирующие жировой обмен, ТГ- “тропные” гормоны, Тк- тироксин, Кр- кортикоиды, Пг-половые гормоны, Лс- лимфатические сосуды.

Физиология терморегуляции

- **У пойкилотермных или холоднокровных животных**, температура тела переменна и мало отличается от температуры окружающей среды.
- **Гетеротермные организмы** - при благоприятных условиях существования обладают способностью к изотермии, а при внезапном понижении температуры внешней среды, недостатке пищи и воды - становятся холоднокровными.
- **Гомойотермные или теплокровные организмы** поддерживают температуру тела на относительно постоянном уровне независимо от колебаний температуры окружающей среды.

Основная функция системы терморегуляции

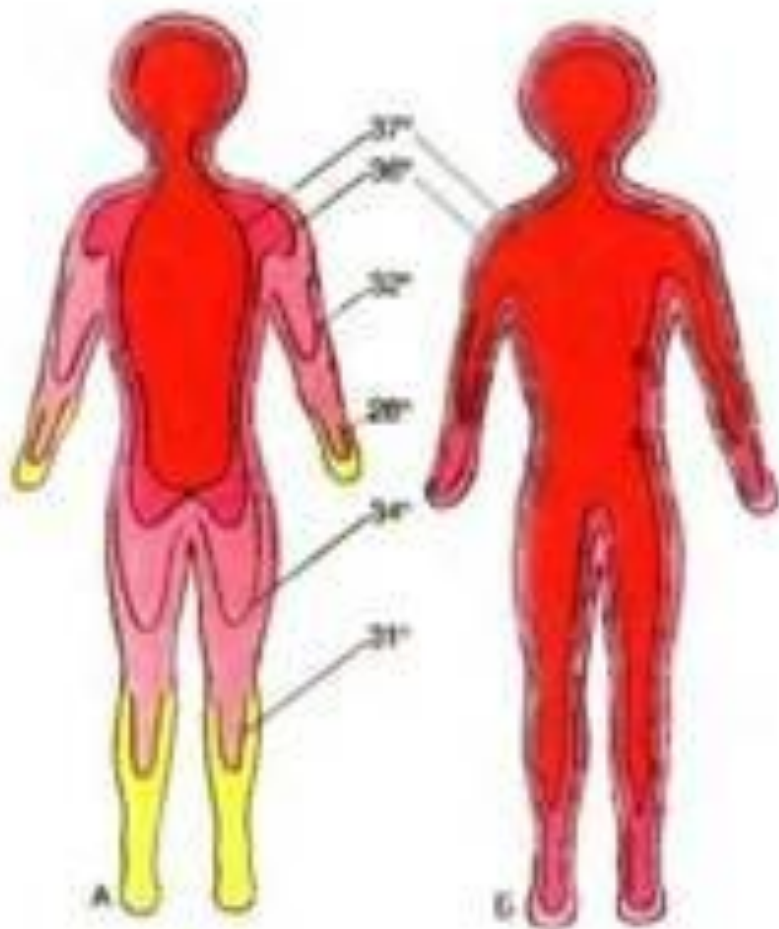
- поддержание оптимальной для метаболизма организма температуры тела.

Включает в себя:

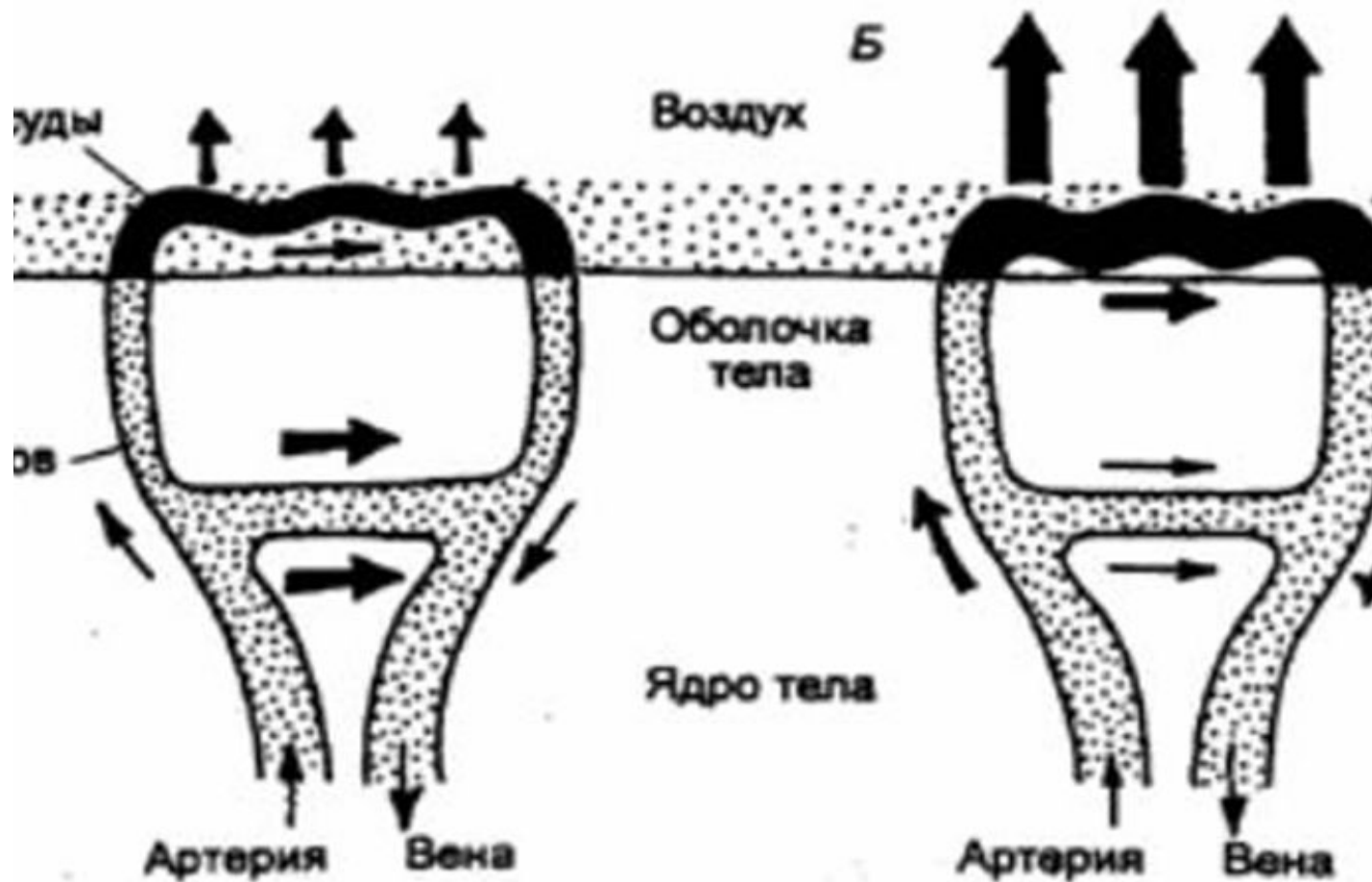
1. температурные рецепторы, реагирующие на изменение температуры внешней и внутренней среды;
2. центр терморегуляции, расположенный в гипоталамусе;
3. эффекторное (исполнительное) звено терморегуляции.

Температура различных областей тела человека

при низкой (А) и высокой (Б) внешней температуре.



Темно-красное поле — область «ядра», «оболочка» окрашена цветами убывающей интенсивности по мере снижения температуры



**Перераспределение части кровотока из
ядра тела в его оболочку для
увеличения теплоотдачи**

А — низкая теплоотдача; Б — высокая.

Эндогенная терморегуляция



Теплопродукция

- **Суммарная теплопродукция состоит из первичной и вторичной теплоты.**
- Уровень теплообразования в организме зависит от величины основного обмена.
- Вклад в общую теплопродукцию организма отдельных органов и тканей неравнозначен.

Термогенез:

- **Сократительный** – за счет сокращения мышц.
- **Несократительный** – за счет ускорения метаболизма бурого жира.

Основные эффекторные механизмы включающиеся при повышении температуры:

1. Массивная вазодилатация в коже (вазомоторный ответ);
2. Потообразование;
3. Подавление всех механизмов теплообразования.

Теплоотдача

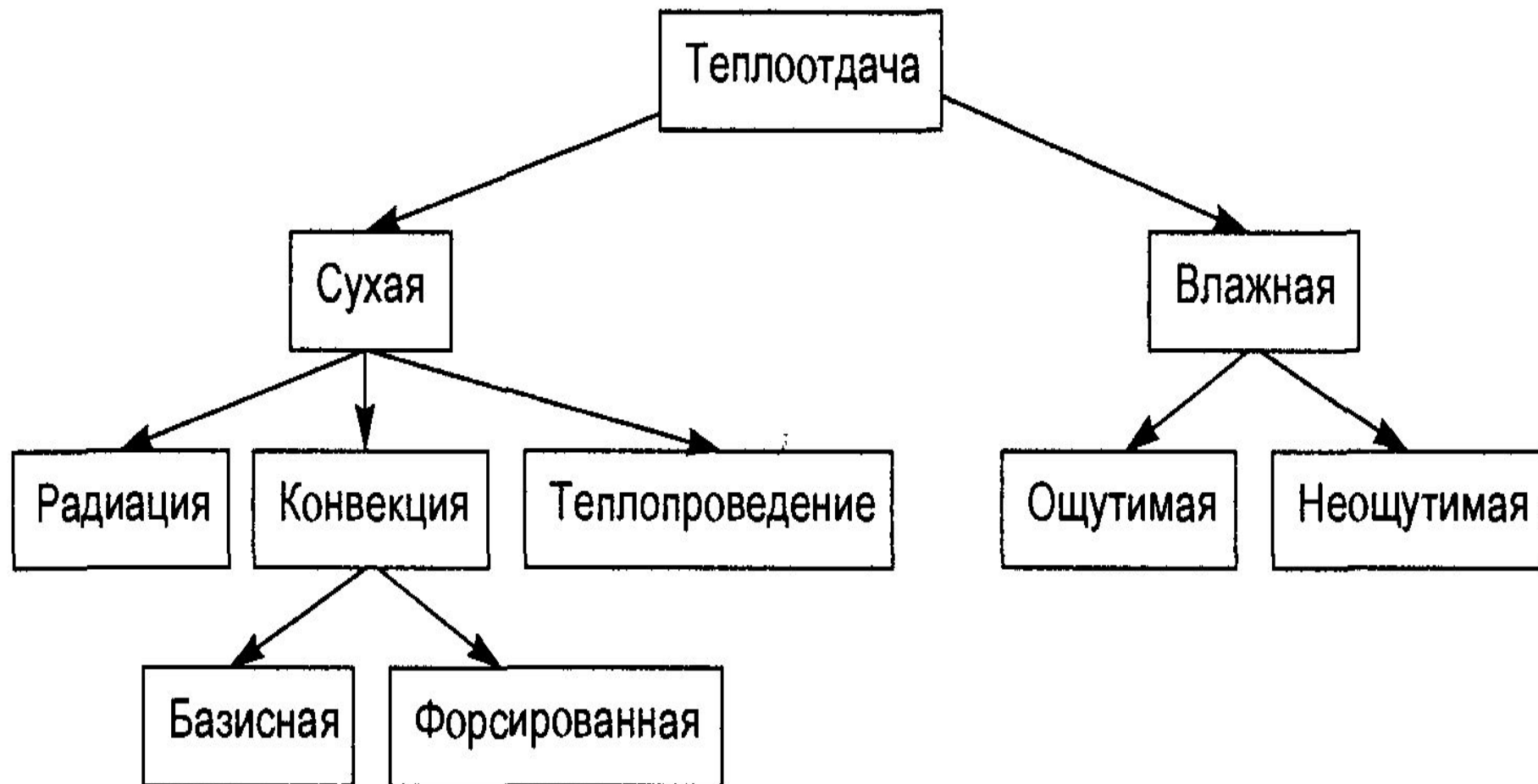
- 1. излучение,**
- 2. теплопроводение,**
- 3. конвекция,**
- 4. испарение.**

Тепловое излучение – 60%

**Испарение (дыхание
и потоотделение) – 22%**

Конвекция – 15%

Виды теплоотдачи



Центр терморегуляции

расположен в медиальной преоптической области переднего отдела гипоталамуса и в заднем отделе гипоталамуса.

Группы нервных клеток :

- 1) термочувствительные нейроны преоптической области;
- 2) клетки, «задающие» уровень поддерживаемой в организме температуры тела в переднем гипоталамусе;
- 3) интернейроны гипоталамуса;
- 4) эффекторные нейроны в заднем гипоталамусе.

Система терморегуляции не имеет собственных специфических эффекторных органов, она использует эффекторные пути других физиологических систем (сердечно-сосудистой, дыхательной, скелетной мускулатуры, выделительной и др.).

