

Открытый урок: Природа влияния температуры воздуха на безопасность жизнедеятельности человека

Профессор кафедры «Техносферная безопасность и ТТМ» Саратовского Государственного Аграрного университета им Н.И. Вавилова Юдаев Николай Владимирович
Доцент Наконечных Денис Владимирович

ФИЗИЧЕСКИЕ

Классификация факторов

По источникам воздействия (ОПАСНЫЕ)

ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫЕ НЕ ПОДВИЖНЫЕ (ПОДНЯТЫЕ НАПРЯЖЕННЫЕ, НЕ УСТОЙЧИВЫЕ) И ДВИЖУЩИЕСЯ ПРЕДМЕТЫ МЕХАНИЗМЫ МАШИНЫ

ОСТРЫЕ КРОМКИ, ЗАУСЕНЦЫ, ШЕРОХОВАТОСТИ

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК

ВЫСОТА (ПАДЕНИЯ) (СКОЛЬЗКИЕ ПОВЕРХНОСТИ)

ГОРЯЧЕЕ ХОЛОДНОЕ (ОБОРУДОВАНИЕ, СЫРЬЕ)

ЯДОВИТЫЕ АГРЕССИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА

НЕВЕСОМОСТЬ, ПЕРЕГРУЗКА

По источникам воздействия (ВРЕДНЫЕ)

ВОЗДУШНАЯ СРЕДА

СВЕТ

ШУМ, ВИБРАЦИЯ

ИЗЛУЧЕНИЯ

Измеряемые (ПОКАЗАТЕЛИ)

- ЗАПЫЛЕННОСТЬ
- ЗАГАЗОВАННОСТЬ
- ТЕМПЕРАТУРА
- ВЛАЖНОСТЬ
- СКОРОСТЬ

- ОСВЕЩЕННОСТЬ (естественная, искусственная)
- ПУЛЬСАЦИЯ
- БЛЕСТКОСТЬ
- ЯРКОСТЬ
- КОНТРАСТНОСТЬ

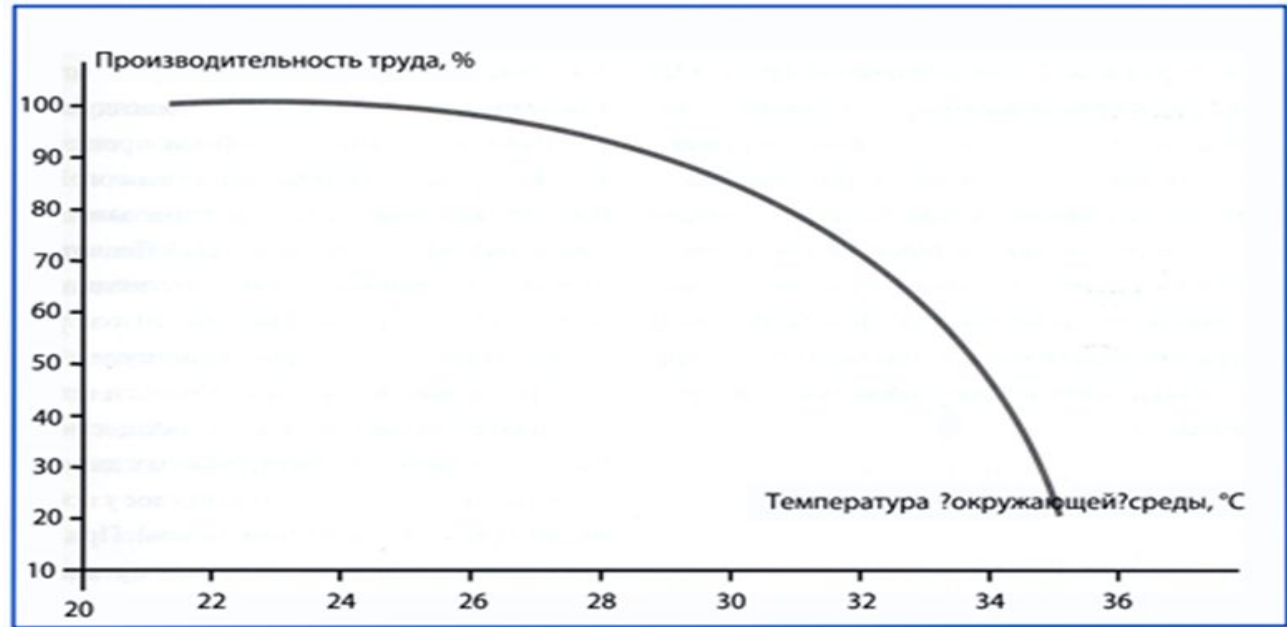
- УРОВНИ:
- ШУМА
 - ИНФРАЗВУКА
 - УЛЬТРАЗВУКА
 - ВИБРАЦИИ

- ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ
- ИОНИЗИРУЮЩЕЕ
- ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ
- МАГНИТНОЕ ПОЛЕ
- СТАТИЧЕСКОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО

Среда обитания всех животных на Земле-Воздух

- Какими параметрами можно охарактеризовать эту среду обитания??
- Как человек защищается (обеспечивает свою безопасность) от воздействия вредных, опасных факторов внешней среды?
- Почему температура тела человека постоянная или должна быть постоянной?
- Почему постоянная температура тела 36,6 град, а не 50 или 20 град?

Предельные значения температуры воздуха



- *Отрицательная температура при которой люди кратковременно были на воздухе равна 88 градусам.*
- *В течение часа здоровый человек выдерживает +71 град.*
- *Предельная температура вдыхаемого воздуха + 116 градусов.*
- *Английские физики Благден и Чендри, проводили часы в нагретой печи, испытывая возможности человеческого организма: при постепенном нагревании и в сухом воздухе человек способен выдержать повышение температуры до 160С. «Можно сварить яйца и изжарить бифштекс в воздухе помещения, в котором люди остаются без вреда для себя»*

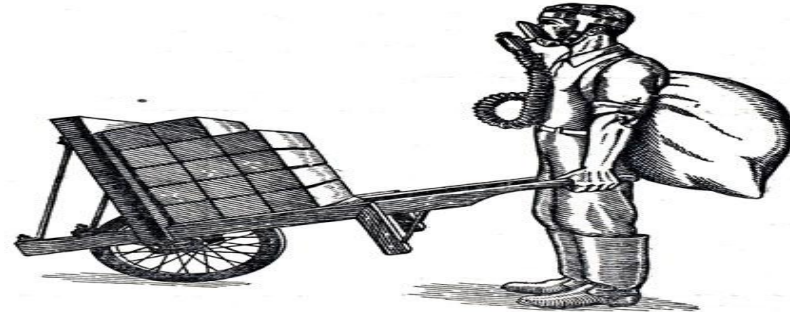
Что такое Температура?

-
- Температура – мера средней кинетической энергии движения молекул.
- $E_k = \frac{m \cdot v^2}{2}$ [Джоуль, Калорий, Ньютон · Метр]
- Один градус это $1,38 \cdot 10^{-23}$ Джоуль
- За счет чего можно повысить температуру?
- Каким образом в «микроволновке» нагреваются продукты?
- Почему при смешивании 20 градусной воды с водой температура которой 10 градусов температура не становится равной 30 градусов?

Более 80% потребляемой пищи расходуется на поддержание температуры 36,6 град.

- Человек принимая: пищу, воду, кислород с помощью набора химических реакций преобразует полученное «топливо» в энергию и отходы.
- Процессы превращения (называют метаболическими, что в переводе с греческого «преобразование») происходят непрерывно. Они не могут быть остановлены, скорость данных преобразований, т.е. количество производимых Джоулей в единицу времени $\left[\frac{\text{Дж}}{\text{сек}} = \text{Вт} \right]$ не может быть меньше определённого уровня, который называют **основным**.

при определении количества производимой энергии



-Масса тела человека ($m_{ч} = 70\text{кг}$), возраст средний ($V=35\text{лет}$), пол мужской, площадь кожи($S=1,8\text{м}^2$).

-Человек находится в покое, лежит, но не спит. Измерения проводятся через 12...16 часов после приема пищи (натошак). Температура воздуха 20°C .

-Энергетический (калорический) эквивалент кислорода, т.е. количество энергии (калорий) производимое в организме при потреблении 1 литра кислорода составляет:

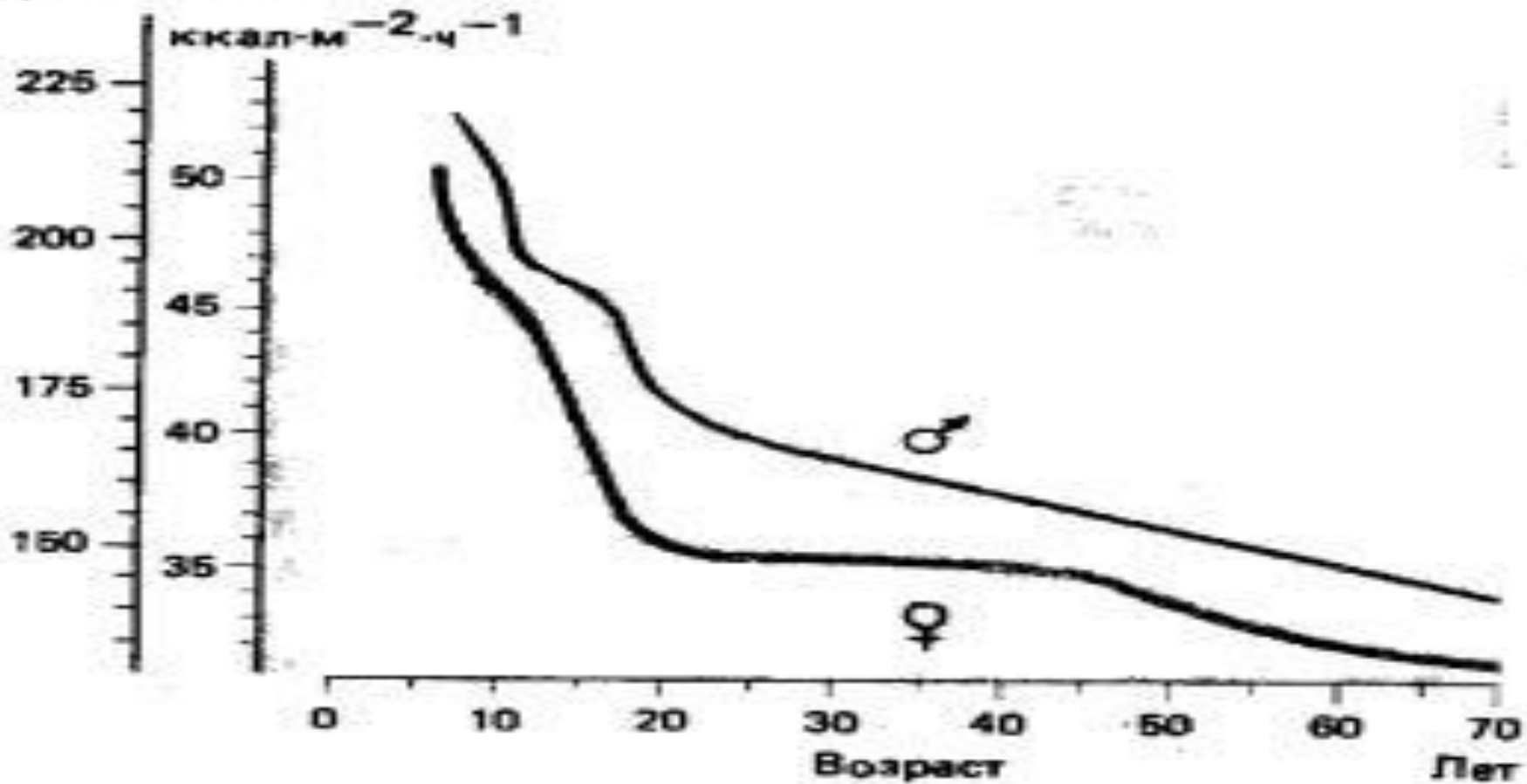
- $$E_{\text{к}} = 5 \frac{\text{ккал}}{\text{литр}} = 20,88 \frac{\text{кДж}}{\text{л}} = 5,8 \frac{\text{Вт}\cdot\text{час}}{\text{л}}$$

- Величина основного уровня производимой энергии определяется **по потреблению кислорода** человеком при данных условиях:

- $$M_{\text{о}} = E_{\text{к}} \cdot V_{\text{о}} = 5,8 \frac{\text{Вт}\cdot\text{час}}{\text{л}} \cdot 12 \dots 15 \frac{\text{л}}{\text{час}} = 70 \dots 87 \text{ Вт}$$

Возрастные изменения производимой человеком энергии

Интенсивность
основного
обмена
 $\text{кДж} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{ч}^{-1}$

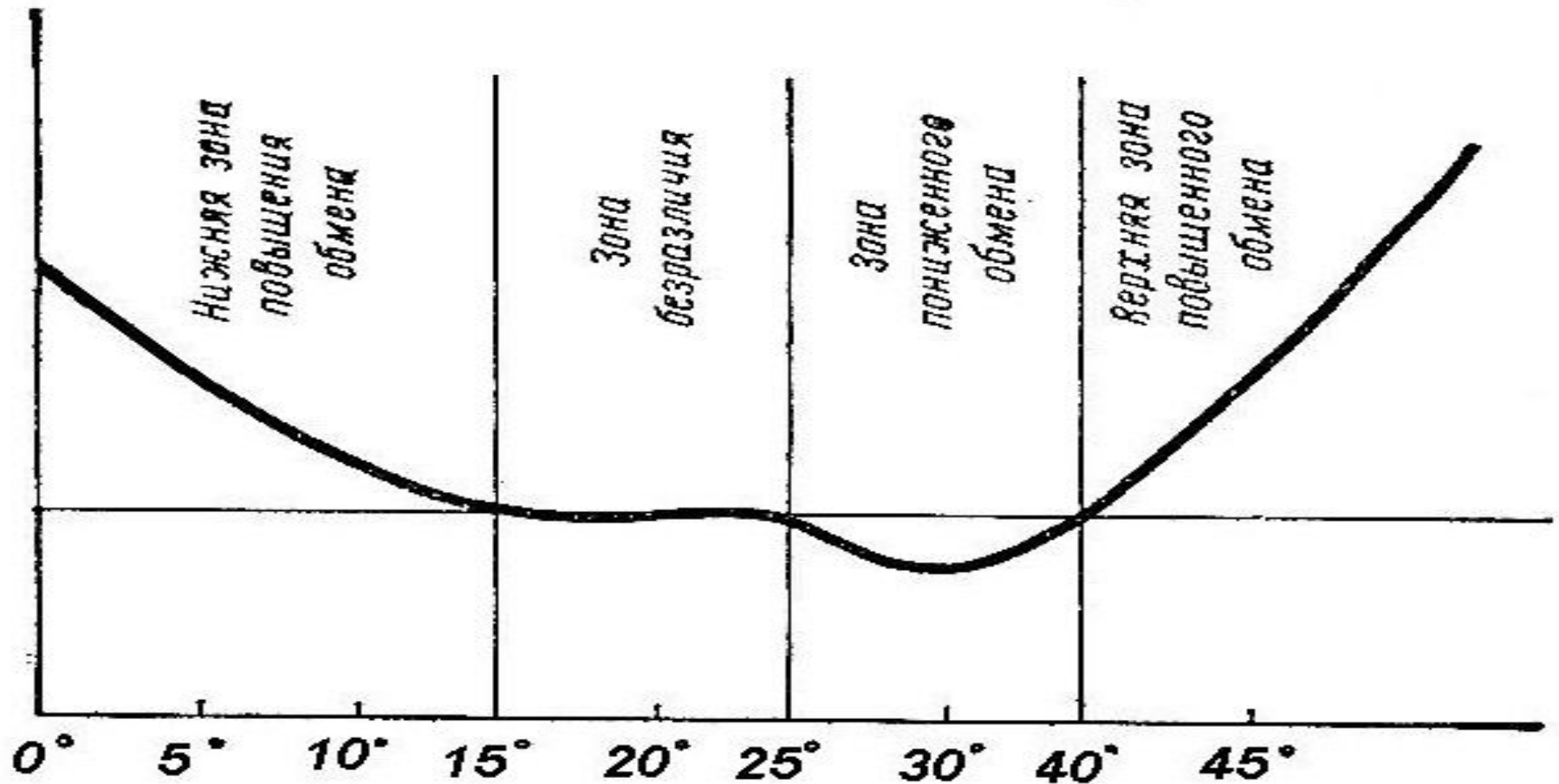


Удельная энергия производимая

теплокровными

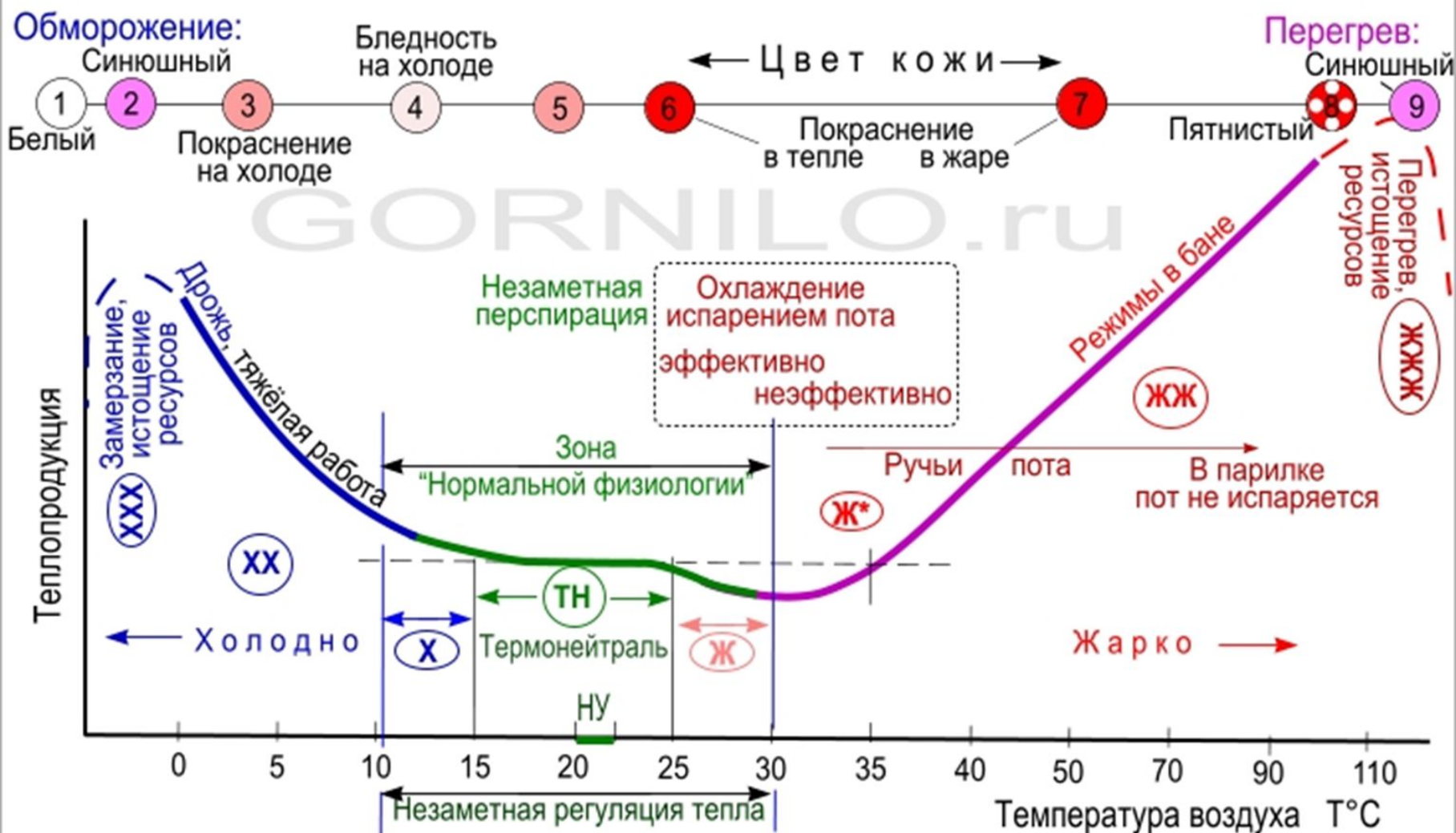


Изменение производимой энергии в зависимости от температуры воздуха



При температуре воздуха 15-25 град человек производит минимальное количество энергии, не напрягает сердечно-сосудистую систему

ТЕПЛОПРОДУКЦИЯ ЧЕЛОВЕКА



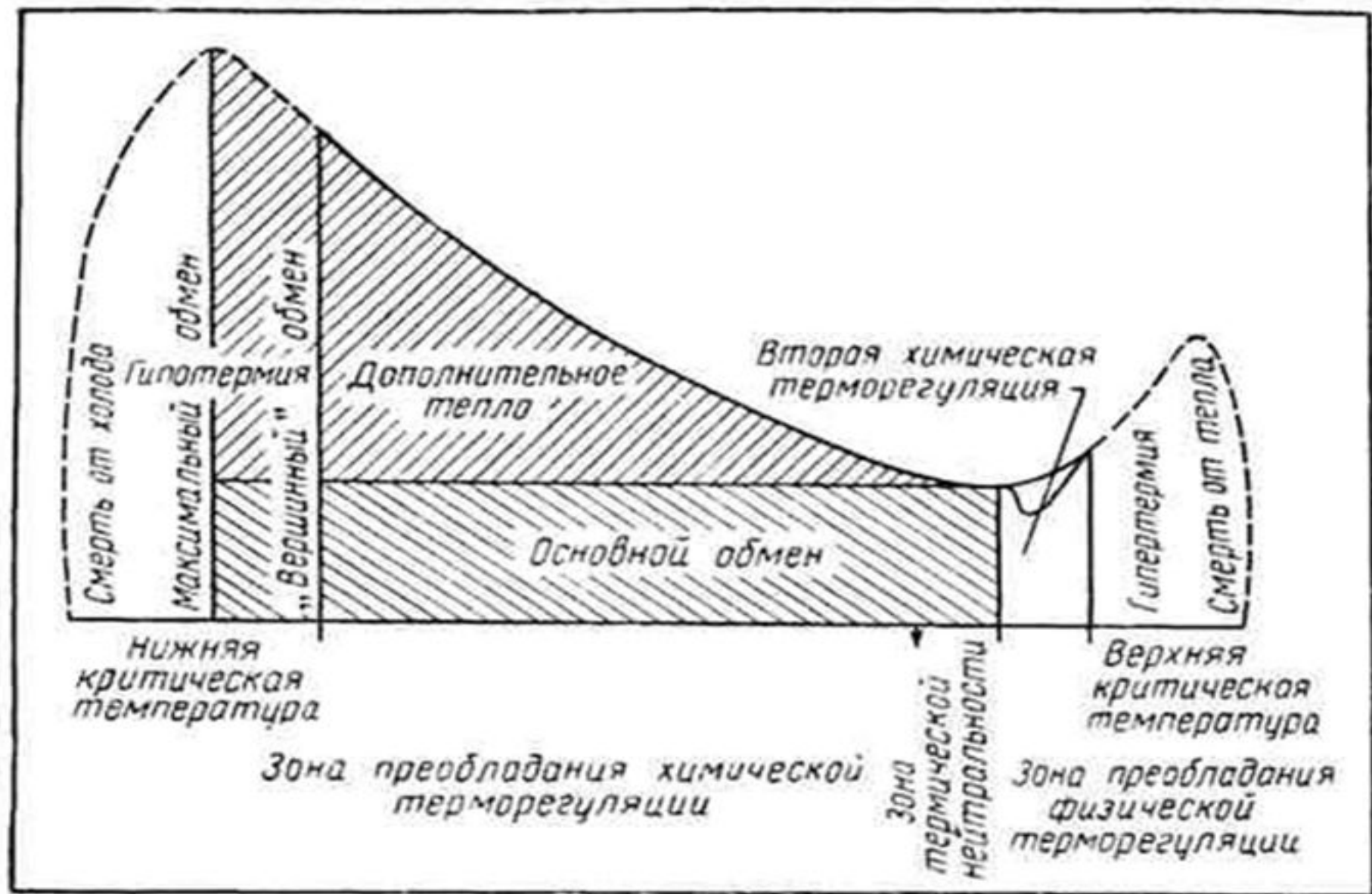
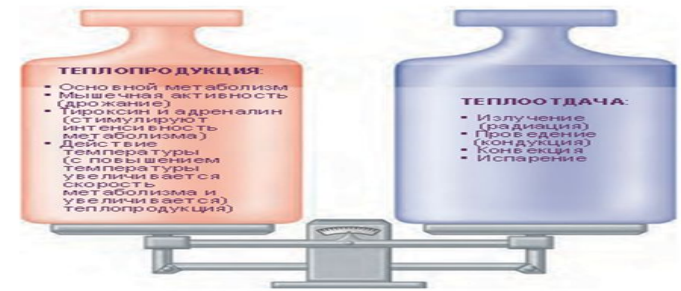


Рис. 35. Схема химической терморегуляции у гомойотермных организмов (по Gelineo, 1964)

Тепловой баланс



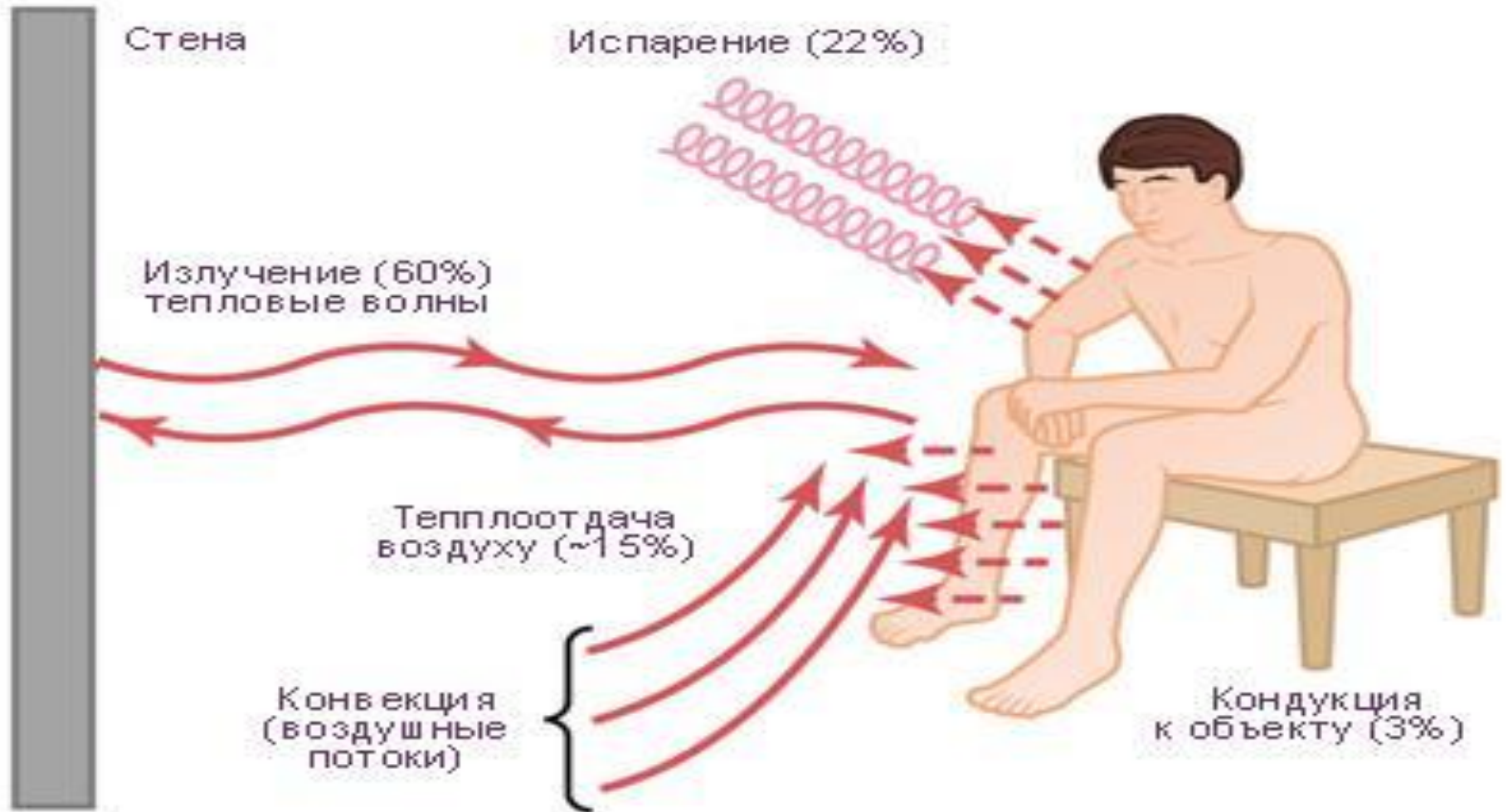
- **Отсутствие теплового баланса т.е. равенства скоростей производимого и отводимого тепла может привести к смерти.**

- **Время (τ) необходимое до достижения критического (смертельного) уровня температуры тела в 43°C (т.е. для повышения температуру тела на: $\Delta t = 43 - 36,6 = 6,4^{\circ}\text{C}$) определится как:**

- $$\tau = \frac{c_{\text{ч}} \cdot \Delta t}{M_{\text{сум}}^{\text{уд}}} = \frac{3,48 \cdot 6,4}{13,59} = 1,64 \text{ час} = 98 \text{ мин}$$

- **В парилке человек не должен находиться более чем 7..15 мин, так как даже при этом температура тела увеличится на 1°C и чтобы сбить температуру желательно закопаться в снег. Так же ложатся, закапываются в снег волк, песец, реагируя (не на усталость!) на повышение температуры тела при длительном гоне.**

Механизмы теплоотдачи

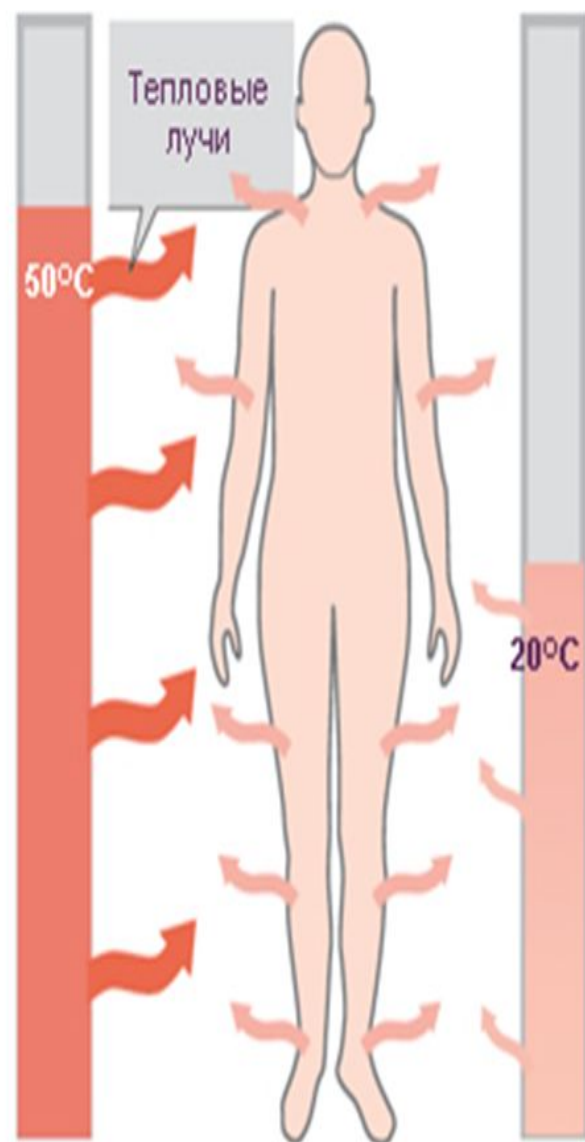


Передача тепла возможна только в сторону низких температур следующими путями:

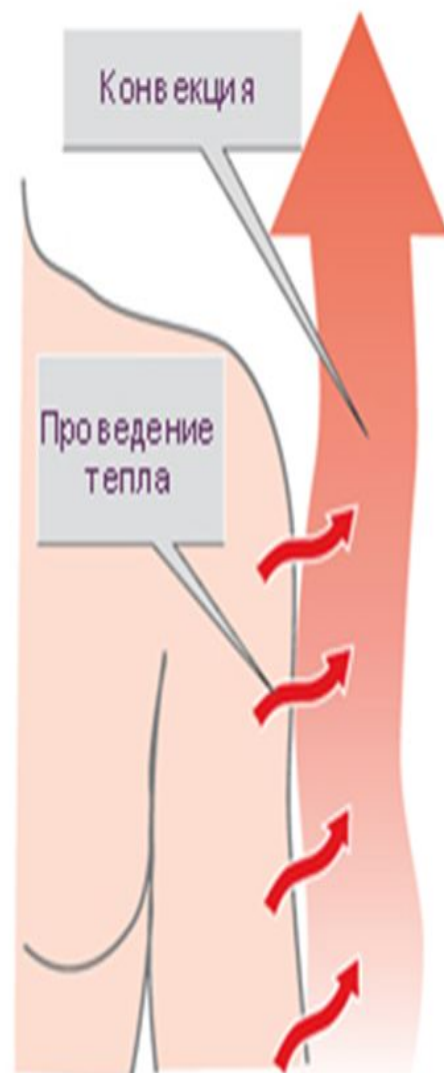
- *1) Без контакта молекул, за счет электромагнитного (теплового) излучения (радиации) когда фотоны излучаются из одних атомов и переносятся к другим;*
- *2) За счёт непосредственного контакта молекул тела и воздуха, когда при соприкосновении кинетическая энергия движения от одних молекул передаётся другим и далее нагретые массы воздуха переносятся внешней (конвективной) силой. Перемещение может происходить под действием силы Архимеда или благодаря ветру.*
- *3) При нулевом или отрицательном температурном напоре отведение тепла от тела возможно только испарением. Этот путь организм форсировано использует, когда первые два пути не могут передавать (отводить) тепло и остановить перегрев тела.*

МЕХАНИЗМЫ ТЕПЛОУДАЧИ

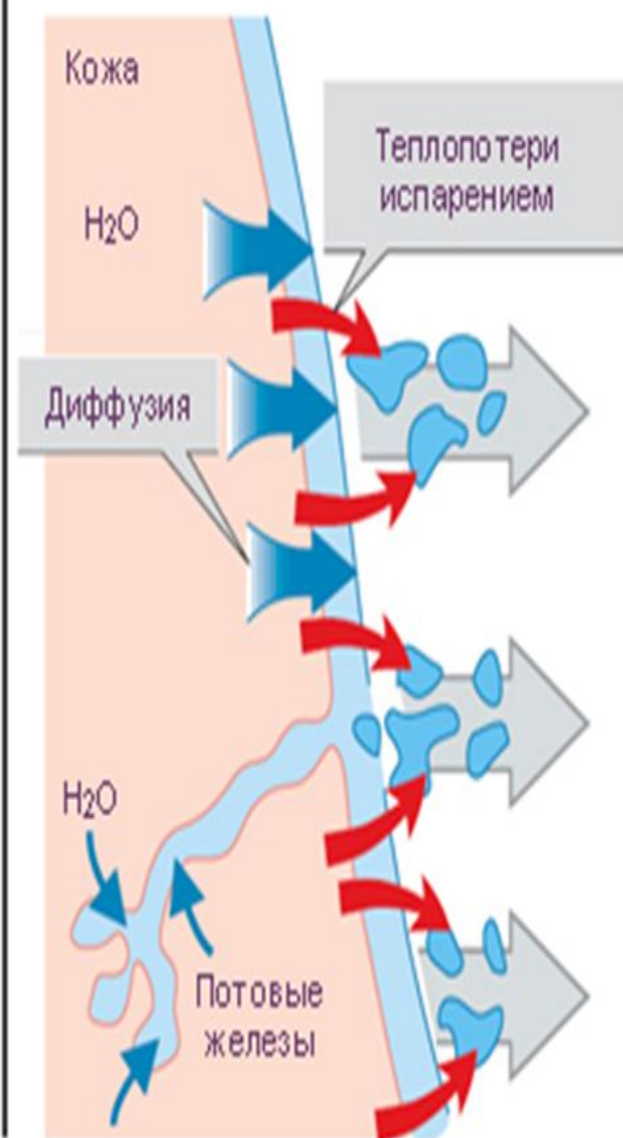
Радиация



Проведение и конвекция

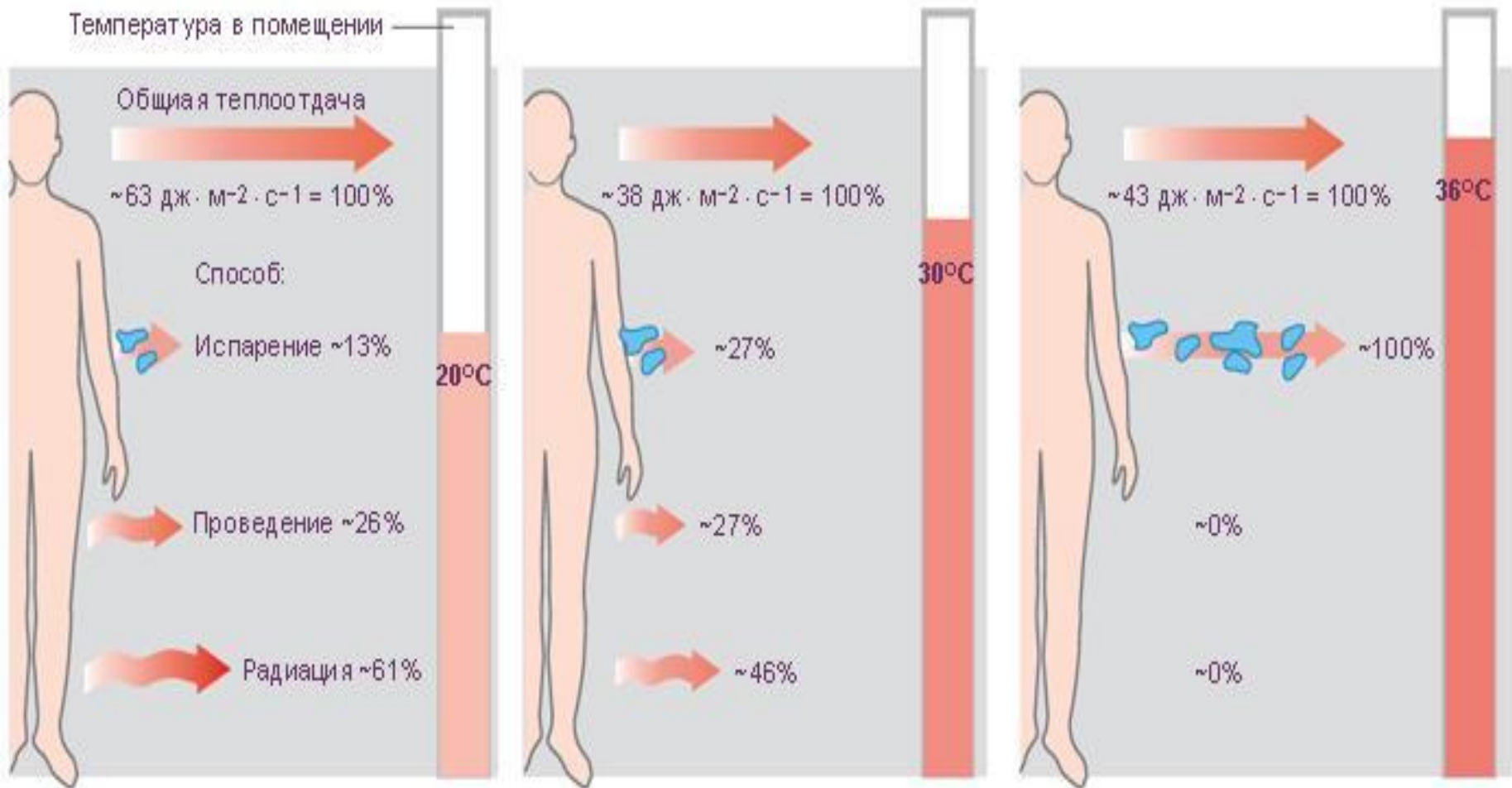


Испарение

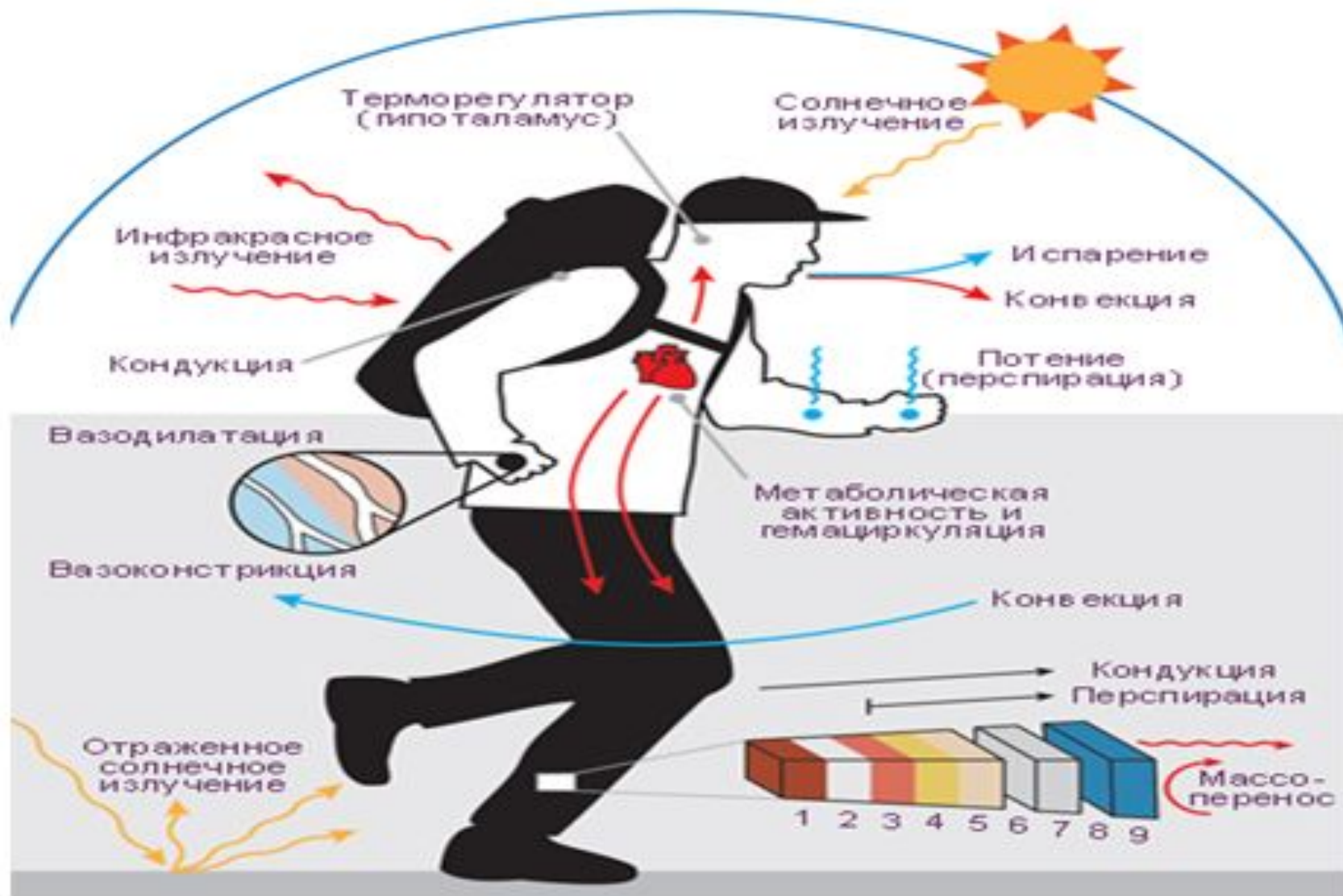


Изменение теплоотдачи при различной температуре воздуха

ТЕПЛОТДАЧА ТЕЛА ЧЕЛОВЕКА (БЕЗ ОДЕЖДЫ, В ПОКОЕ) ПРИ РАЗЛИЧНОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ СРЕДЫ



Механизмы теплоотдачи



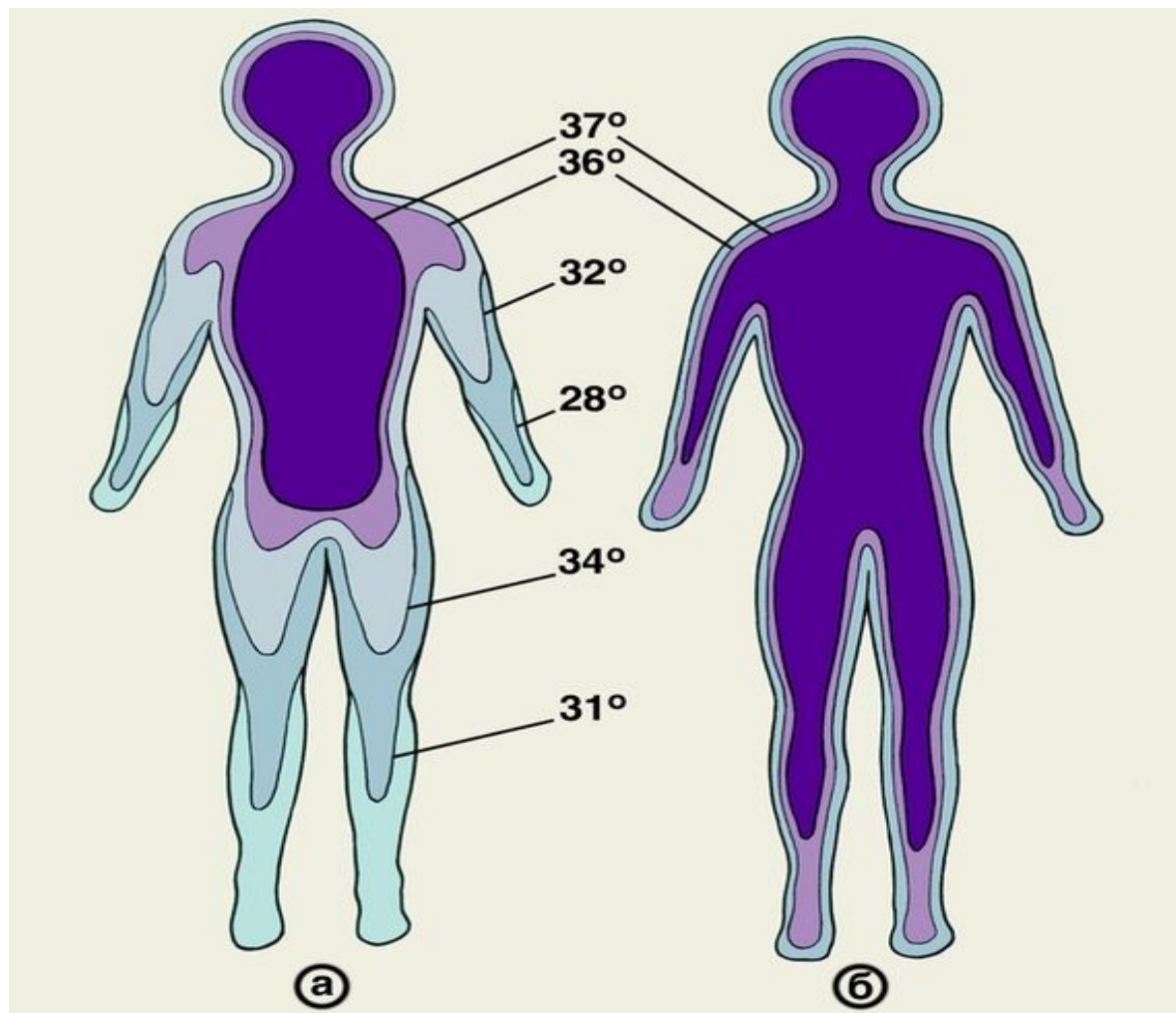
Основное назначение вырабатываемого тепла:

- Обеспечение постоянства температуры тела, которая в нормальных-комфортных условиях «автоматически» без напряжения сердечнососудистой системы и прочих возможных регуляторов меняется в узких пределах: $36,6 \pm_{-0,2}^{+0,9}$ °C.*
- Одно из утверждений о том, почему температура тела человека равна $36,6^{\circ}\text{C}$, свидетельствует, что именно при данной температуре все химические реакции в организме протекают наиболее эффективно.*

Реакция организма человека на изменение температуры

- Ещё в 1988г. Павлов И.П. определил, что человеческий организм состоит из двух частей: теплокровная – ядро, имеющее небольшие колебания температуры и холоднокровная – оболочка, допускающая колебания на 10°C и более.
- При повышении температуры ядра, увеличивается, и температура в некоторой части слоя оболочки. Такая способность по отведению тепла указывает на регулируемую способность оболочки по ускорению или замедления отдачи тепла от тела.
- Оболочка ядра выполняет свои защитные функции уже в большем диапазоне внешних воздействий, который называют *допустимым*. Отправным моментом в этом случае может служить «поле допуска 33_{-5}^{+4}C » температуры кожи.

Температура различных областей тела человека в условиях холода (а) и тепла (б)



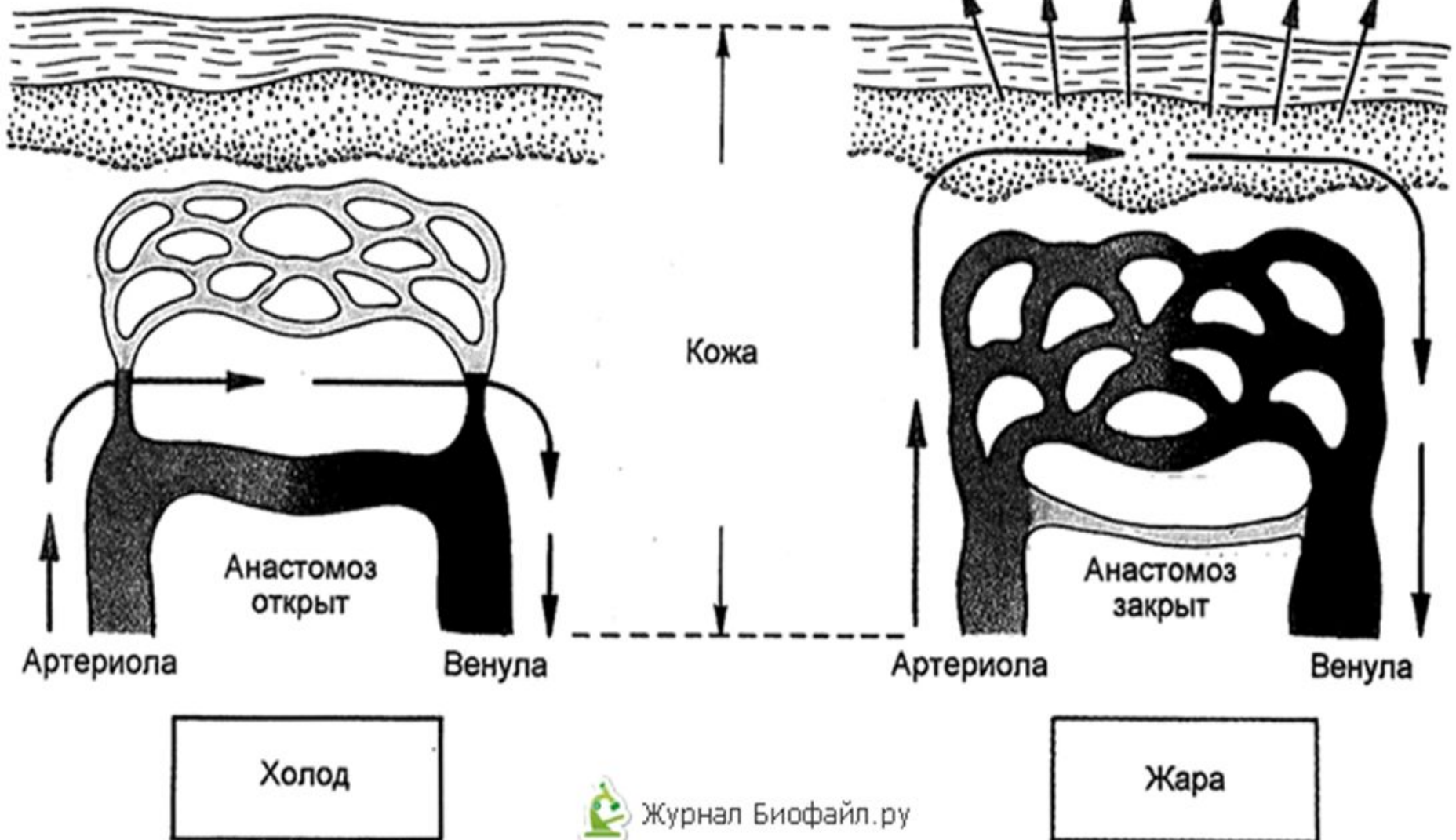
Вредными, критическими, смертельно опасными физиологами считают:

- температуру тела ($36,6^{+6,4}_{-11,6}$),*
- температуру кожи 33^{+8}_{-15}*

Механизм изменения теплоотдачи

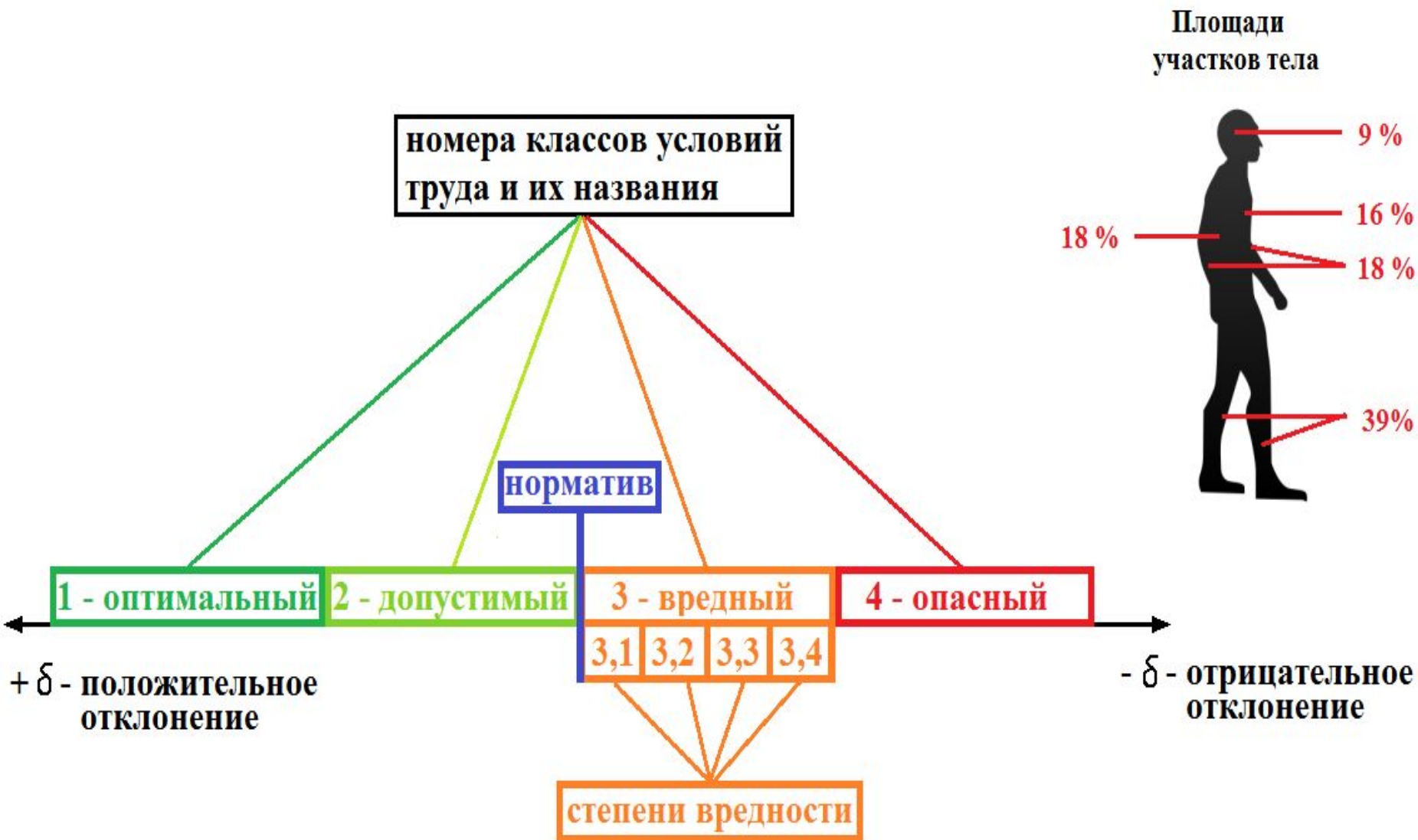
Теплоотдача снижена

Теплоотдача повышена

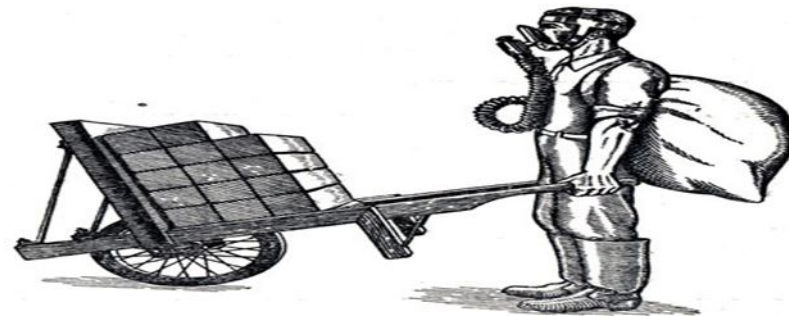


Классификация условий труда (СанПиН 2.2.4.548 - 96)

по отклонению от нормативов



Суммарная величина энергозатрат



- В нормативных документах [6] (ГОСТ, СанПиН) для характеристики работ по категориям энергозатрат используют суммарную величину:

- $$M_{\text{сум}} = M_0 + M_{\text{доп}} = M_0 + \frac{M_{\text{мех}}}{\eta}.$$

- Отношение, называемое коэффициентом физической активности:

- $$\frac{M_{\text{сум}}}{M_0} = \omega$$

- Из всей дополнительно производимой энергии только 20...21,7% расходуется на механическую работу $M_{\text{мех}}$ (её иногда называют управляемая энергия). То есть максимально КПД человека всего лишь:

- $$\eta = \frac{M_{\text{мех}}}{M_{\text{доп}}} = 0,2$$

Передача тепла возможна только в сторону низких температур следующими путями:

- 1) Без контакта молекул, за счет электромагнитного (теплового) излучения (радиации) когда фотоны излучаются из одних атомов и переносятся к другим;
- 2) За счёт непосредственного контакта молекул тела и воздуха, когда при соприкосновении кинетическая энергия движения от одних молекул передаётся другим и далее нагретые массы воздуха переносятся внешней (конвективной) силой. Перемещение может происходить под действием силы Архимеда или благодаря ветру.
- 3) При нулевом или отрицательном температурном напоре отведение тепла от тела возможно только испарением. Этот путь организм форсировано использует, когда первые два пути не могут передавать (отводить) тепло и остановить перегрев тела.

Радиация

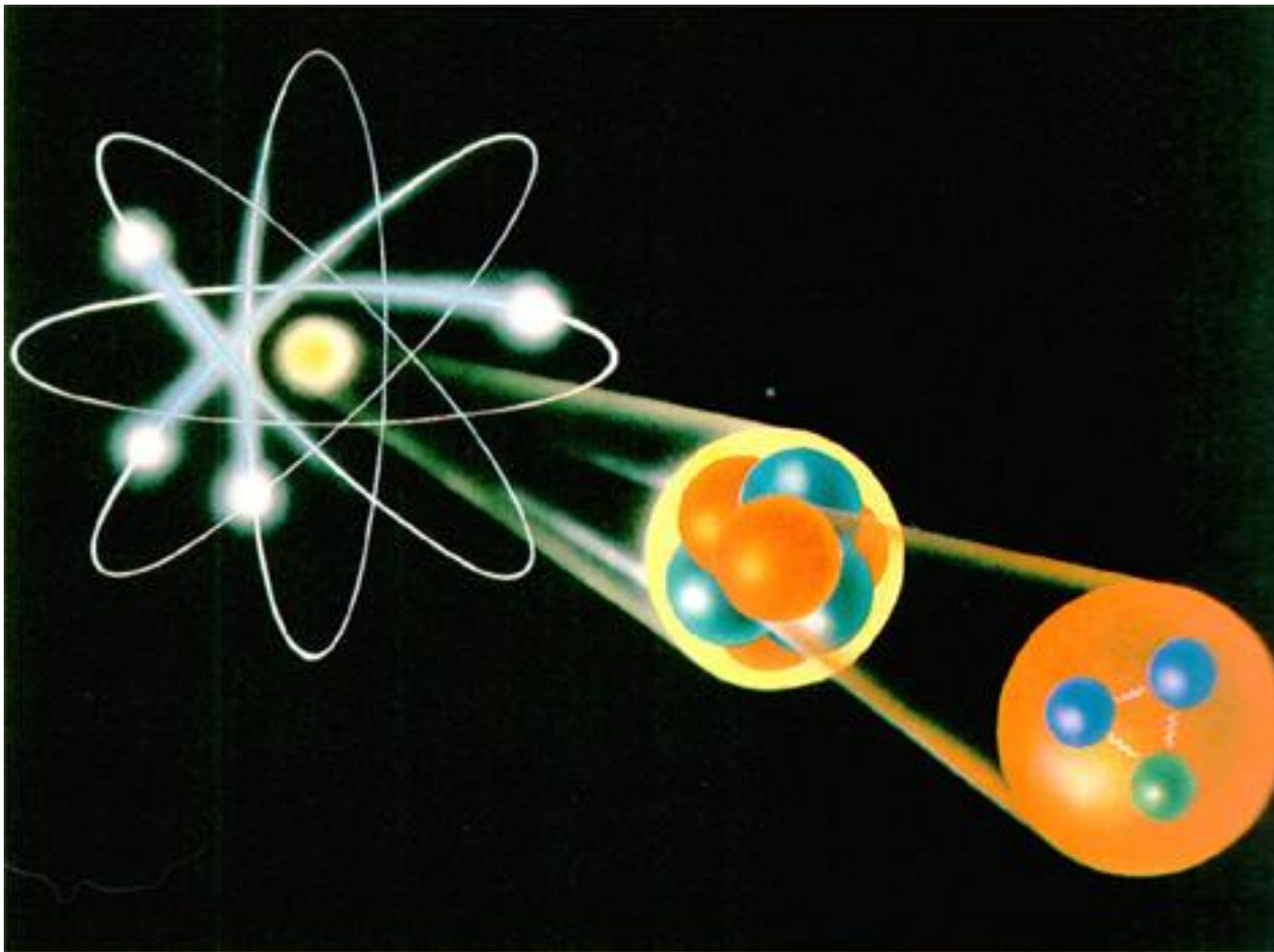
- Плотность потока от абсолютно черного тела в пределах полусферы телесного угла определяется по закону Стефана - Больцмана:

$$E_p = k_{CB} \cdot T^4$$

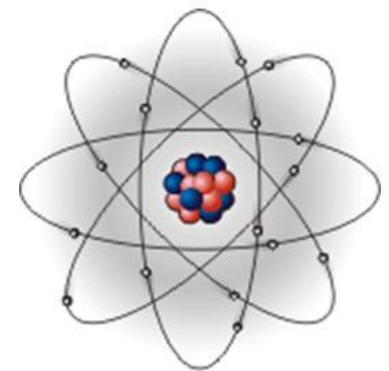
- ($k_{CB} = 5,67 \cdot 10^{-8} \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}^4}$ - постоянная Стефана - Больцмана, T - температура излучающего тела по шкале Кельвина). Тепловое излучение от стен и других предметов, нагретых воздухом поглощается телом человека. Излучающие свойства не черных тел отличаются и это учитывается, введением специального поправочного коэффициента- ϵ . Для тела человека можно принять: $\epsilon = 0,75$ (примерно как для бумаги, дерева).

- Теряемая энергия, как **разница** между излучаемым и поглощаемым теплом, определится как:

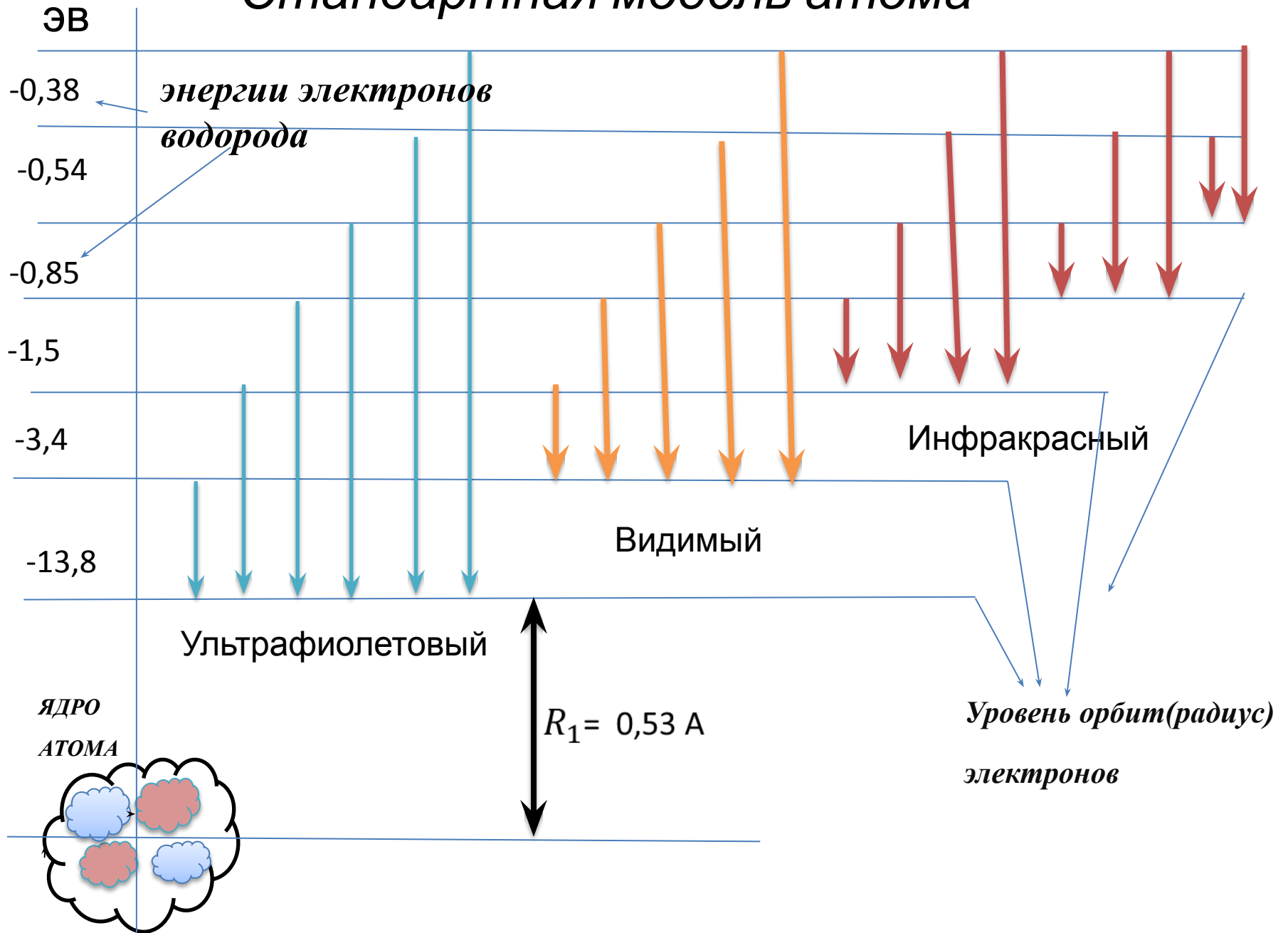
$$E_p = k_{CB} \cdot \epsilon \cdot S(T_K^4 - T_B^4) = 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot 0,75 \cdot 1,8(300^4 - 293^4) = 59 \text{ Вт}$$



Планетарная модель атома



Стандартная модель атома



Контактная отдача и конвективный перенос энергии (E_K)

- *Допускаем, что тепло передаётся в окружающую среду через прослойку воздуха (толщина которой $\chi = 4 \dots 10$ мм) вокруг человеческого тела по закону передачи через твёрдые тела.*
- Поток энергии от тела человека в окружающую среду прямо пропорционален тепловому напору (перепаду температур между кожей и воздухом ($t_K - t_B$)) и обратно пропорционален термосопротивлению (эмпирический закон Ньютона):

$$E_K = \frac{S \cdot (t_K - t_B)}{R_K}$$

- Здесь: $R_K = \frac{\chi}{\lambda}$ - коэффициентом термического сопротивления при контактной теплопередаче;
- λ — коэффициент теплопроводности - количество теплоты проходящей через среду толщиной в 1 м, площадью в 1 м^2 за 1 секунду при температурном градиенте в 1 градус $\left[\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}} \right]$.

Почему ощущение холода больше?

Материал	
Сталь	47
Стекло	1,2
Вода	0,6
Дерево	0,2
Пенополистирол	0,04
Воздух	0,02
Вакуум	0

$R_k = \frac{\chi}{\lambda}$ - коэффициент теплового сопротивления

Вид одежды	Тепловое сопротивление одежды	
	$^{\circ}\text{C} \cdot \text{м}^2/\text{Вт}$	«clo»
Легкое летнее платье	0,08	0,5
Домашняя одежда, школьная форма	0,15	1,0
Демисезонная одежда	0,31–0,39	2,0–2,5
Зимняя одежда	0,49–0,54	3,0–3,5

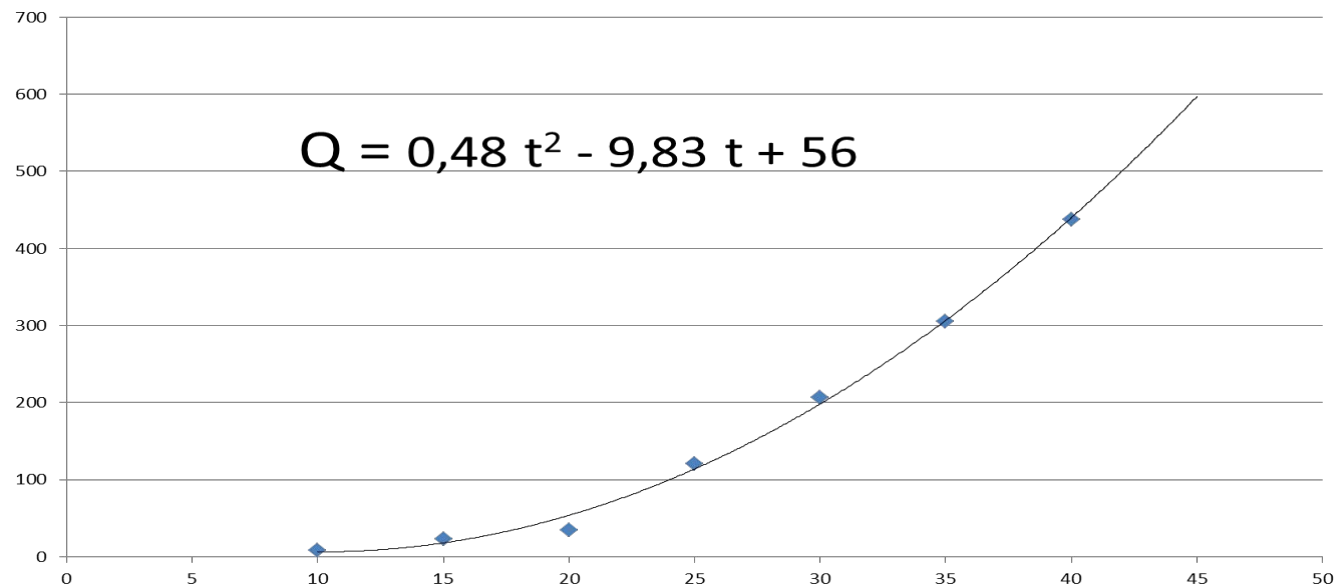
Процесс испарения и конвективный перенос пара

- *Испарение происходит всегда и его основные назначения: обеспечение теплового, водного баланса и вывод шлаков. Испарение на 2/3 происходит с кожи и на 1/3 с поверхности лёгких, хотя поверхность последних в 50 раз больше.*
- *Собственно интенсивность испарения через поверхность раздела вода-воздух определяют по закону Дальтона, с введением поправки на ветер:*

$$\bullet \theta = \frac{k_v \cdot A \cdot S (p_{\text{нп}} - p_{\text{п}})}{p}$$

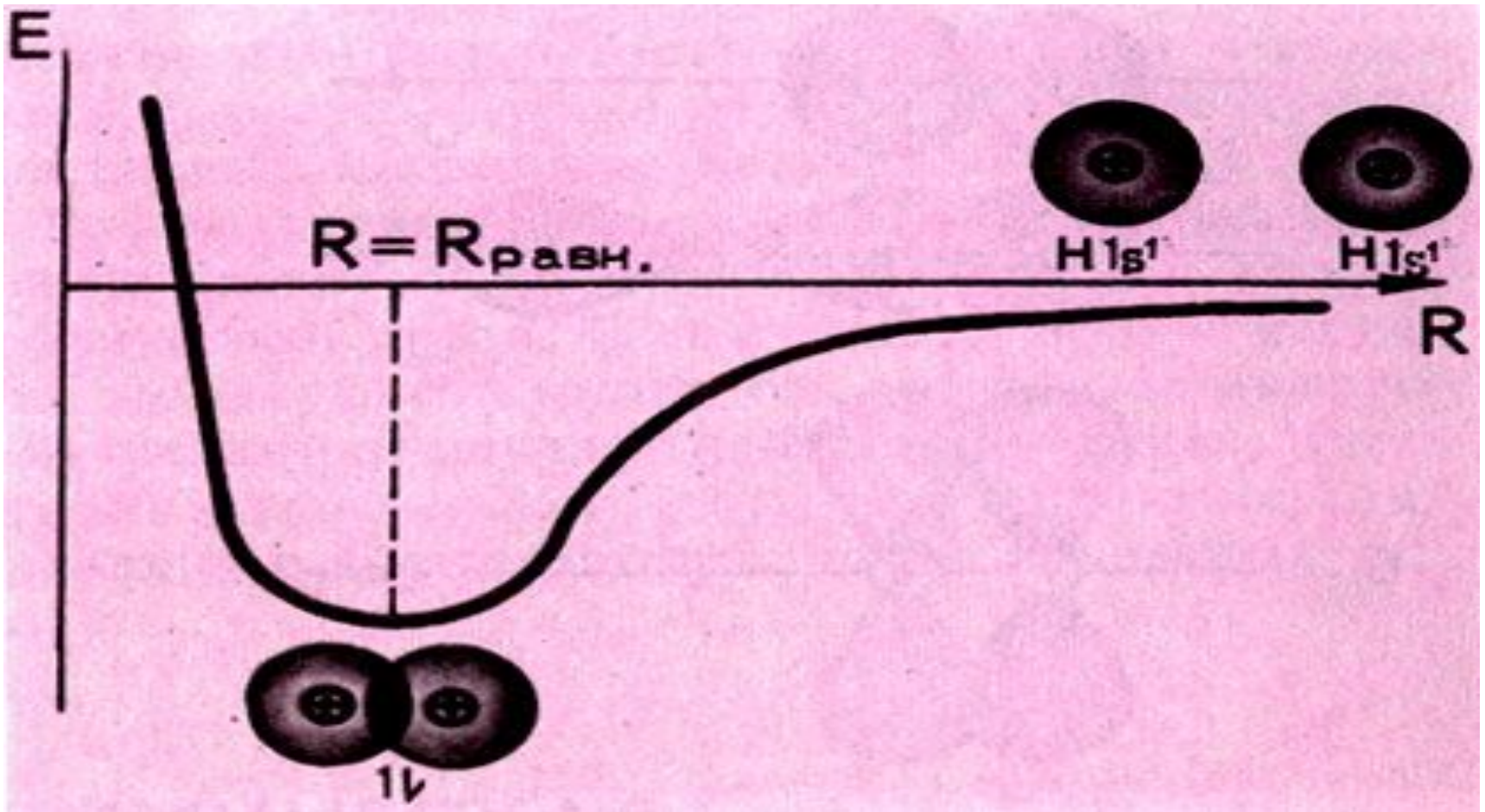
- где: k_v - коэффициент учитывающий скорость ветра, A - коэффициент; S - площадь испарения; $p = 101,3 \cdot 10^3$ Па - атмосферное давление; $d = (p_{\text{нп}} - p_{\text{п}})$ - дефицит влажности; $p_{\text{нп}}$ - давление (в состоянии насыщения) пара испаряющегося из жидкости с температурой $[t_{\text{жид}}]$; $p_{\text{п}}$ - давление пара находящегося в воздухе при температуре воздуха $[t_{\text{в}}]$.
- **Когда прекратится испарение?**

Интенсивность испарения



- Анализ опытных данных (Витте Н.К., Коц Я.М.), позволяет принять, что испарение кожи для человека, находящегося в покое до температуры воздуха около 15°C , постоянно и составляет $\theta_0 \cong 30\text{г/час}$.
- Всегда работают потовые железы только на 10% поверхности тела (конечности, подмышечные впадины). Перспирация (неощутимая) становится ощутимой только после того, как температура воздуха в $28..29^{\circ}\text{C}$, приближается к 5°C разнице с температурой кожи ($33..34^{\circ}\text{C}$).
- Интенсивность включения потовых желез примерно пропорциональна квадрату температуры воздуха и при 45°C все 100% включаются.

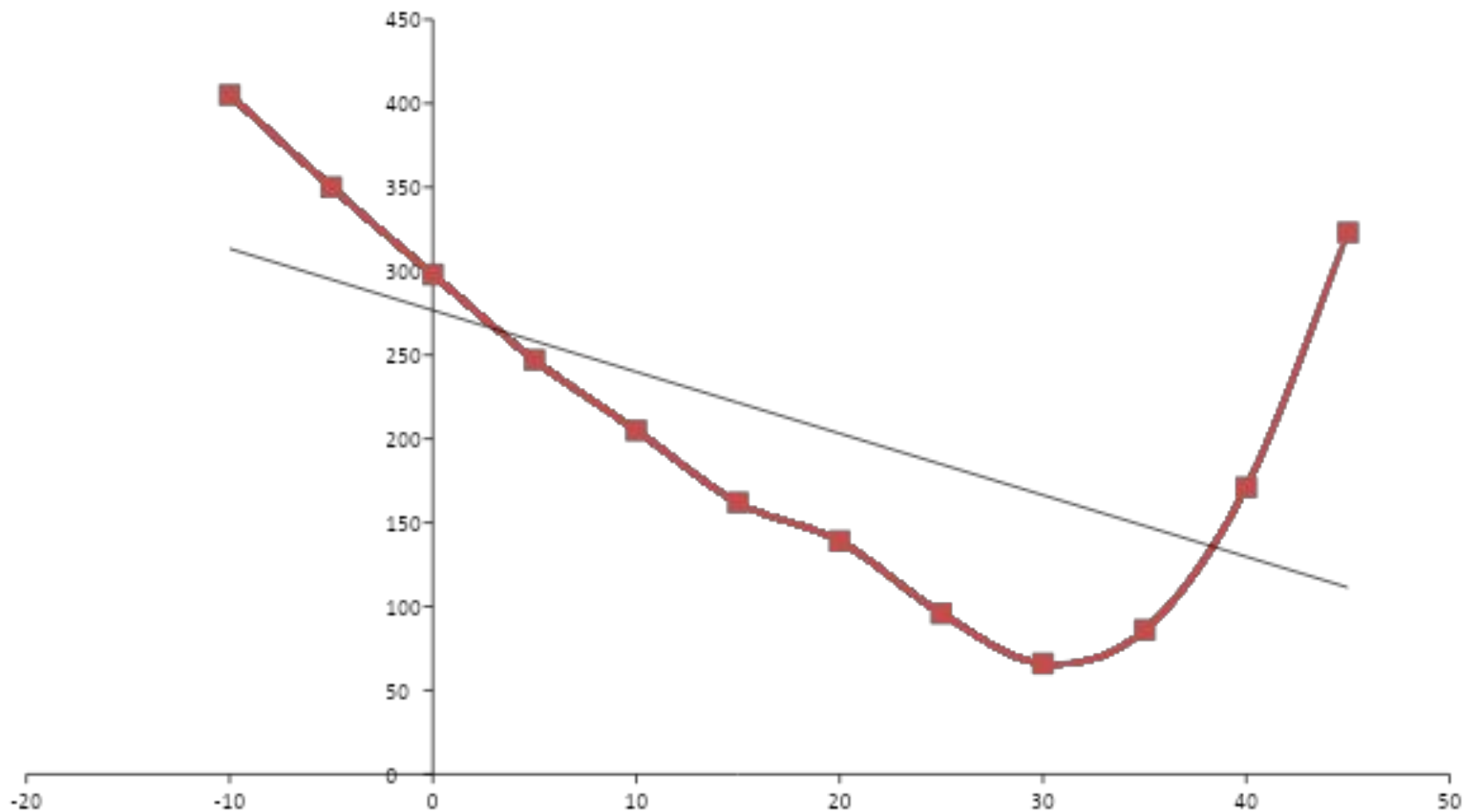
Энергия связи двух атомов в зависимости от расстояния между ними



Результаты расчетов

Вид теплоотдачи	<i>Расчетная зависимость;</i>		
Радиация		59	59
Испарение и конвекция		30	5
Кондукция и конвекция		39	39
Через лёгкие		10	4
Общая теплоотдача		138	107

Расчетная (суммарная) величина отводимого тепла
($E_{\text{сум}}$, Вт) при различной температуре воздуха
($t_{\text{в}}$, °C).



Выводы

- Полноценная жизнедеятельность человека в условиях основного обмена осуществляется в пределах 18–22°C
- Организм может многократно увеличить теплопродукцию, в то время как снизить ее он может незначительно, причем в большей степени за счет отказа от физической активности
- Температура тела человека характеризует процесс терморегуляции организма. Она зависит от скорости потери теплоты, которая, в свою очередь, зависит от температуры и влажности воздуха, скорости его движения, наличия тепловых излучений и теплозащитных свойств одежды
- Процессы отвода (передачи) энергии в окружающую среду базируется на разнице параметра этой среды и параметра живого организма. Такими параметрами является температура кожи, влагосодержание в воздушной прослойке у тела человека и температура, влажность атмосферы. При нулевой разнице параметров человек перегреется

Удельная теплоемкость воды Дж/кг К

Water Specific Heat Capacity vs Temperature ($p = 1$ bar)

