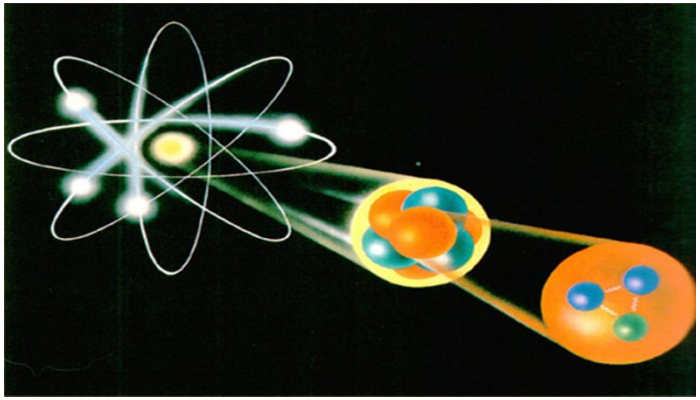
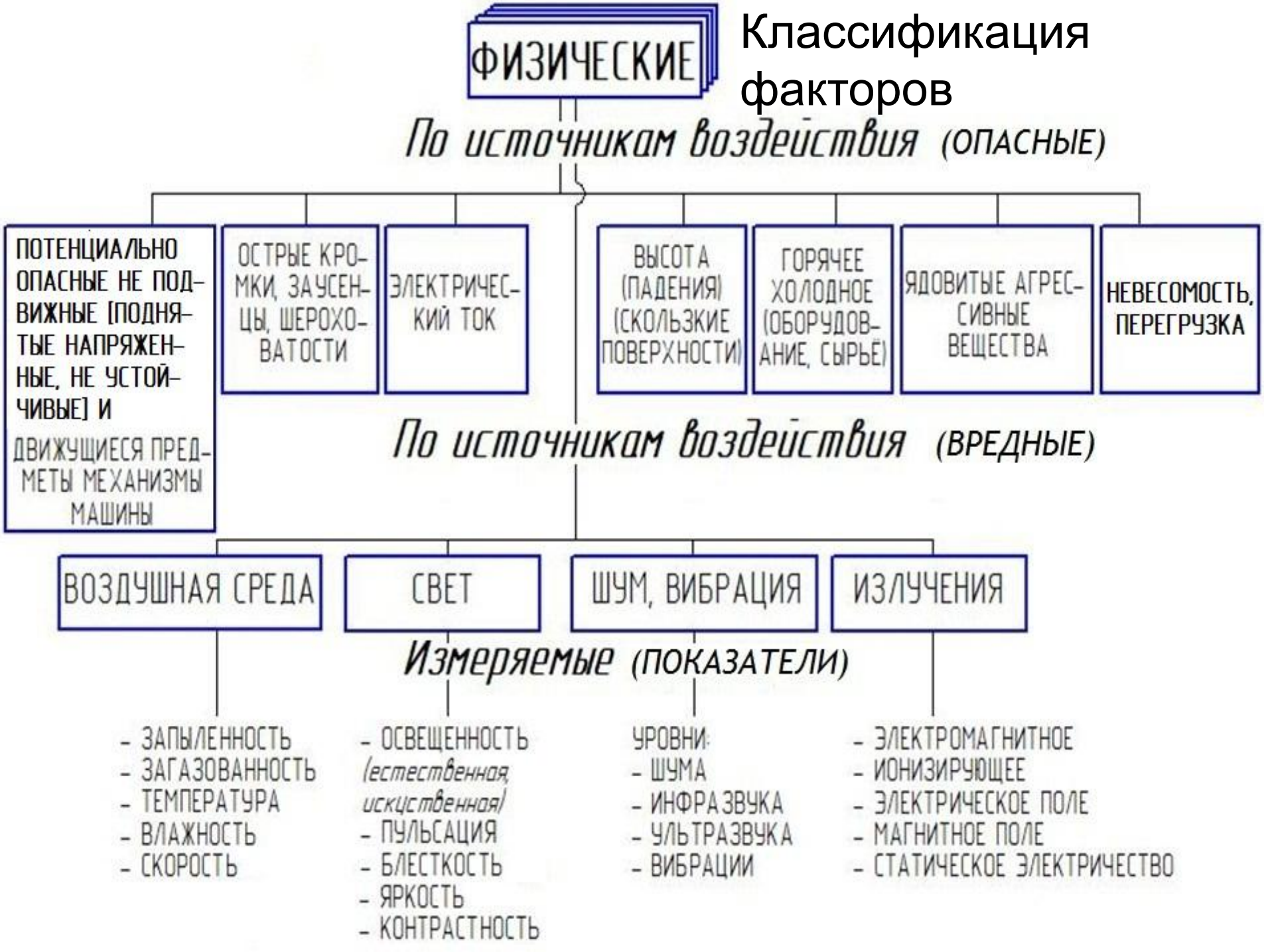


Открытый урок: Природа влияния температуры воздуха на безопасность жизнедеятельности человека

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

Доцент Наконечных Денис Владимирович

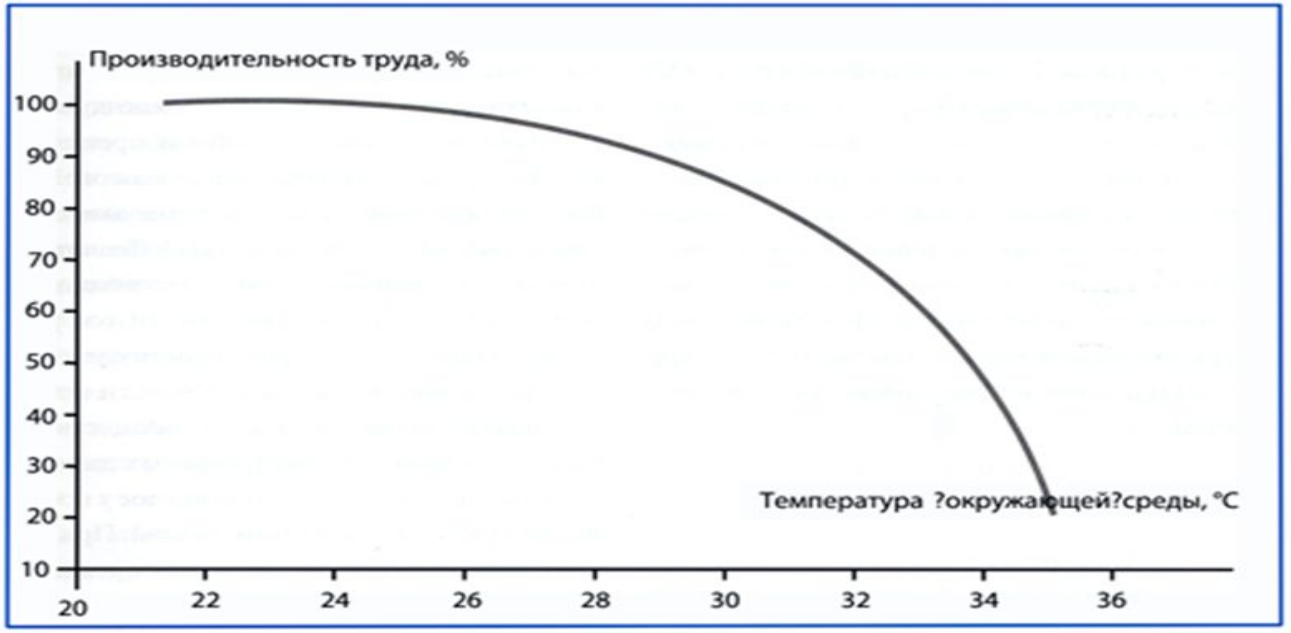
Классификация факторов



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 Чентри, проводили часы в натопленной 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»**

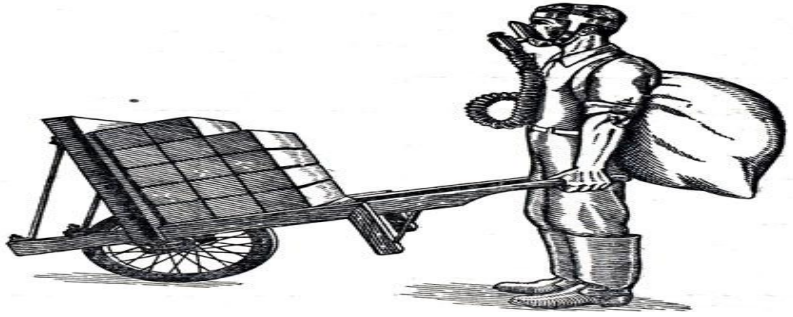
Что такое Температура?

- Температура – мера средней кинетической энергии движения молекул.
- $E_к = \frac{m \cdot v^2}{2}$ [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***.

Условия эксперимента при определении количества производимой энергии



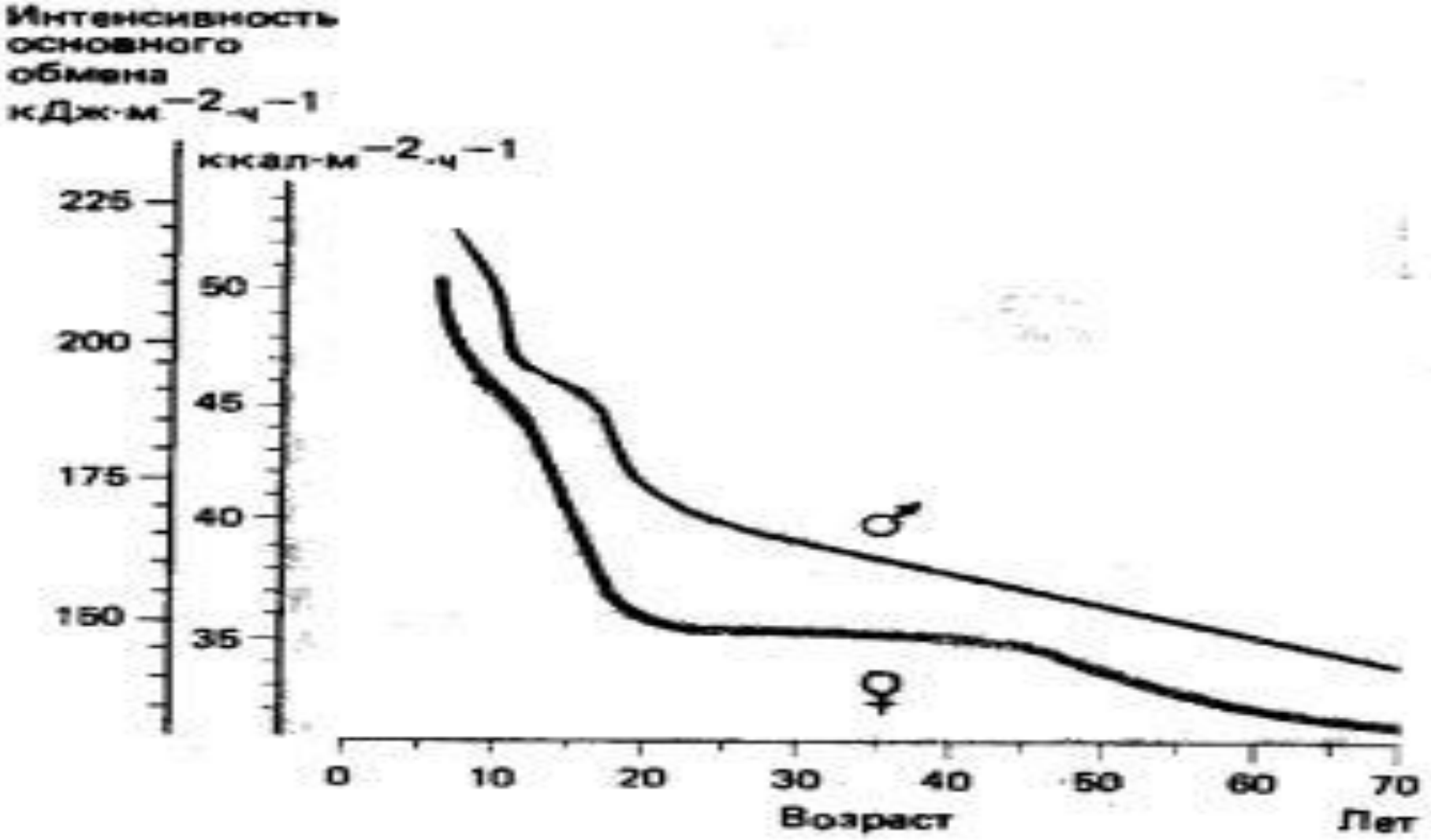
-Масса тела человека ($m_ч = 70$кг), возраст средний (В=35лет), пол мужской, площадь кожи(S=1,8м^2).

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

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

- $$E_к = 5\frac{ккал}{литр} = 20{,}88\frac{кДж}{л} = 5{,}8\frac{Вт\cdot час}{л}$$
- Величина основного уровня производимой энергии определяется ***по потреблению кислорода*** человеком при данных условиях:
- $$M_о = E_к \cdot \mathbf{V_о} = \mathbf{5{,}8}\frac{Вт\cdot час}{л} \cdot \mathbf{12 \ldots 15}\frac{л}{час} = \mathbf{70 \ldots 87}\ Вт$$

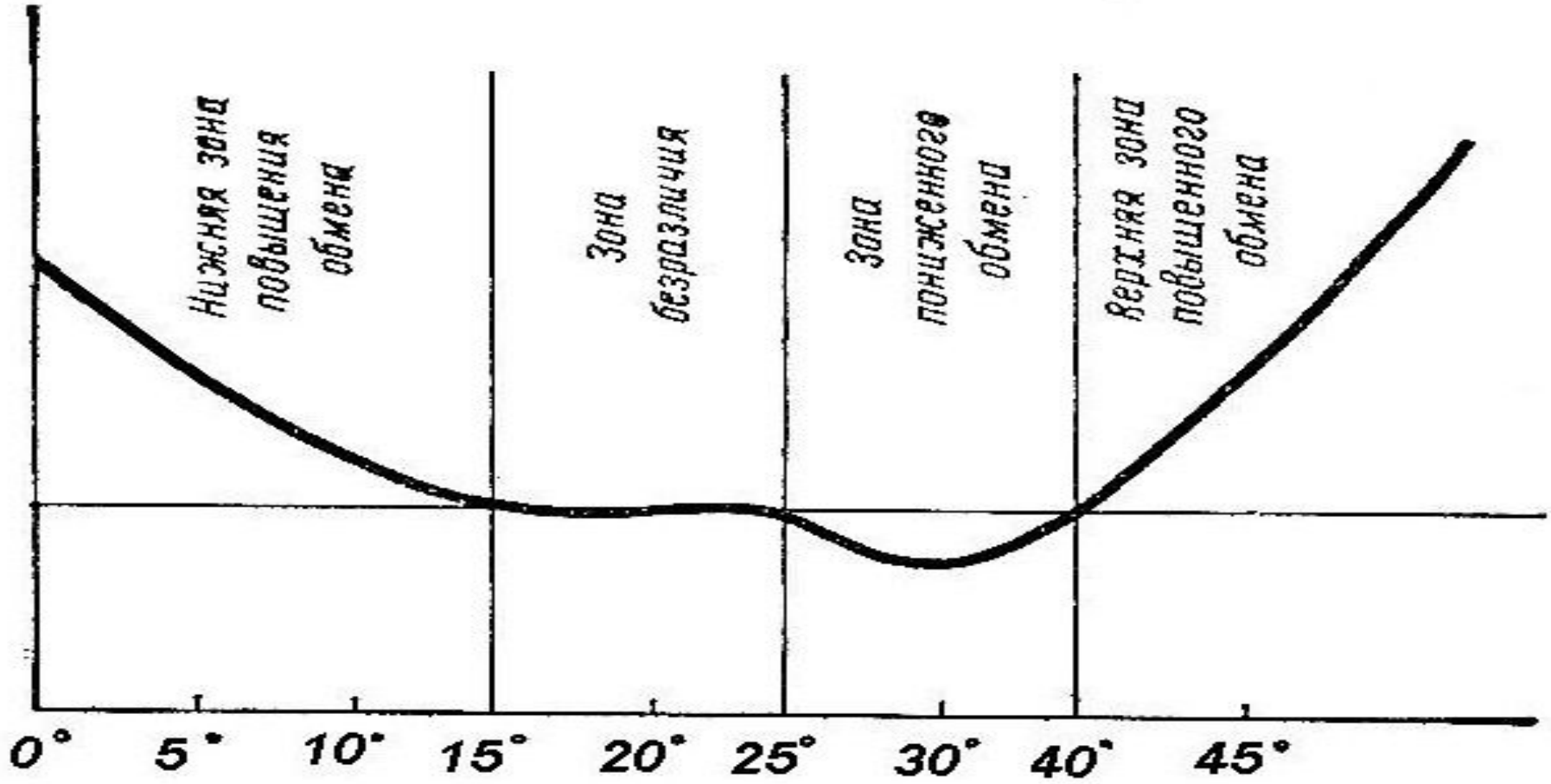
Возрастные изменения производимой человеком энергии



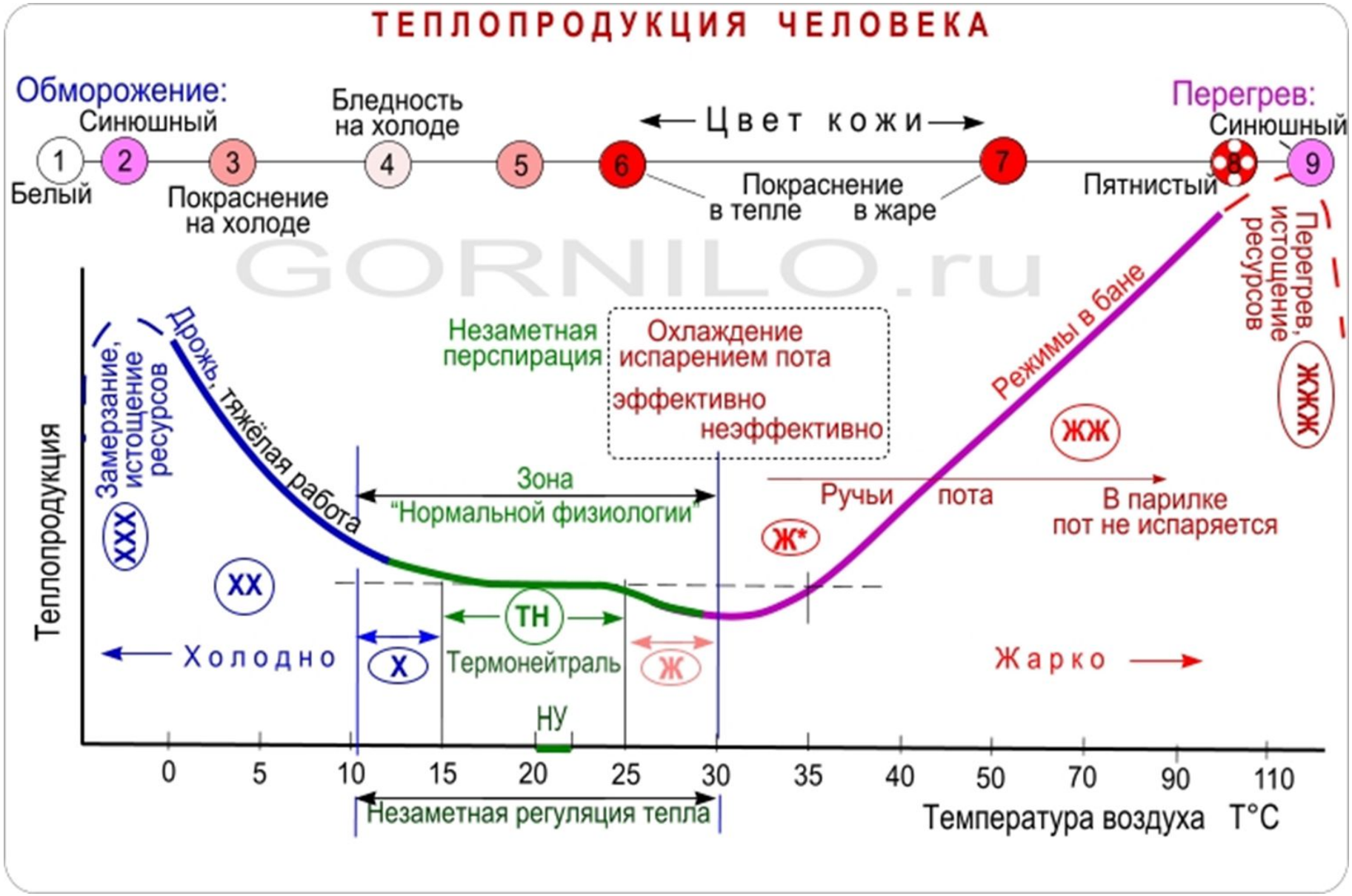
Удельная энергия производимая теплокровными

В связи с этим интересно ещё одно наблюдение: каждый грамм массы человека производит в миллионы раз больше энергии чем грамм массы Солнца

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
Обморожение:
Синюшный
Бледность на холоде
Цвет кожи
Перегрев:
Синюшный
1
2
3
4
5
6
7
8
9
Белый
Покраснение на холоде
Покраснение в тепле
в жаре
Пятнистый
GORNILO.ru
Перегрев, истощение ресурсов
ЖЖЖ
Замерзание, истощение ресурсов
Дрожь, тяжёлая работа
Незаметная перспирация
Охлаждение испарением пота
эффективно
неэффективно
Режимы в бане
ЖЖ
Теплопродукция
ХХХ
Зона
"Нормальной физиологии"
Ручьи пота
В парилке пот не испаряется
Ж*
ХХ
ТН
Холодно
Х
Термонейтраль
Ж
Жарко
НУ
0
5
10
15
20
25
30
35
40
50
70
90
110
Незаметная регуляция тепла
Температура воздуха Т°С

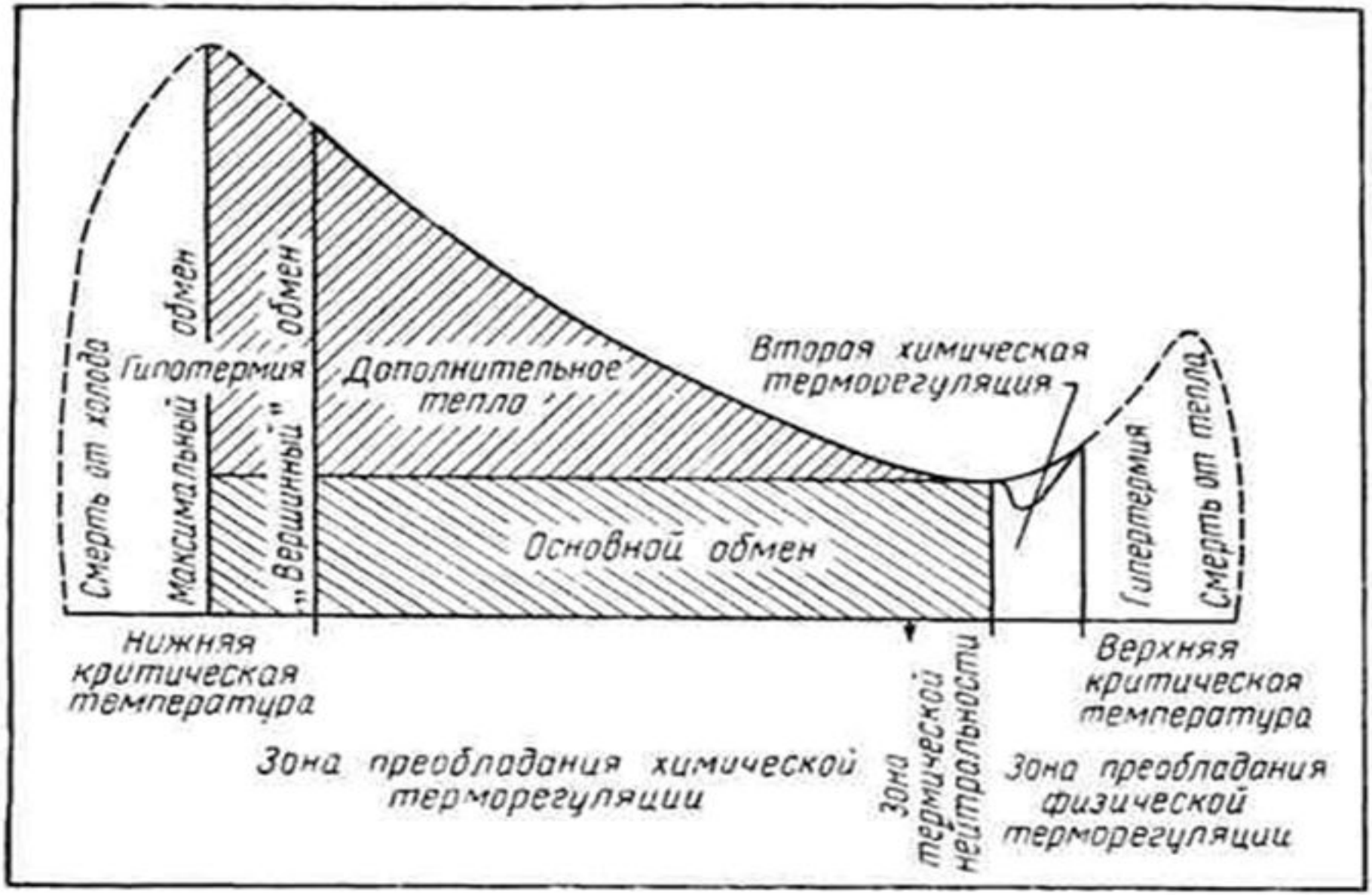


Рис. 35. Схема химической терморегуляции у гомойотермных организмов (по Gelineo, 1964)

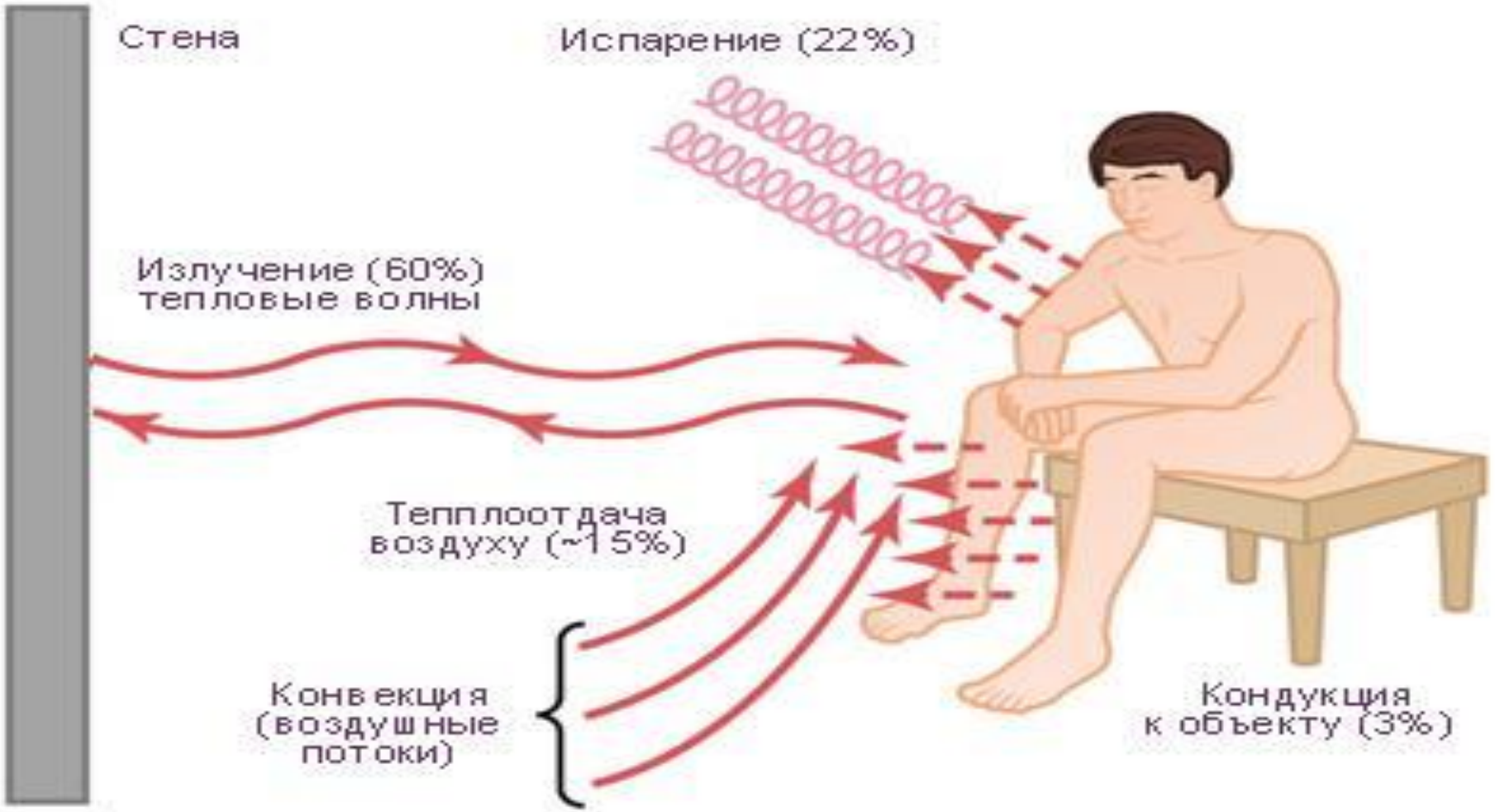
Тепловой баланс

- ***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*** $43°\text{C}$ ***(т.е. для повышения температуру тела на:*** $\Delta t = 43 - 36,6 = 6,4°\text{C}$***) определиться как:***

$$\tau = \frac{c_ч \cdot \Delta t}{M^{уд}_{сум}} = \frac{3,48 \cdot 6,4}{13,59} = 1,64\text{час} = 98\ \text{мин}$$

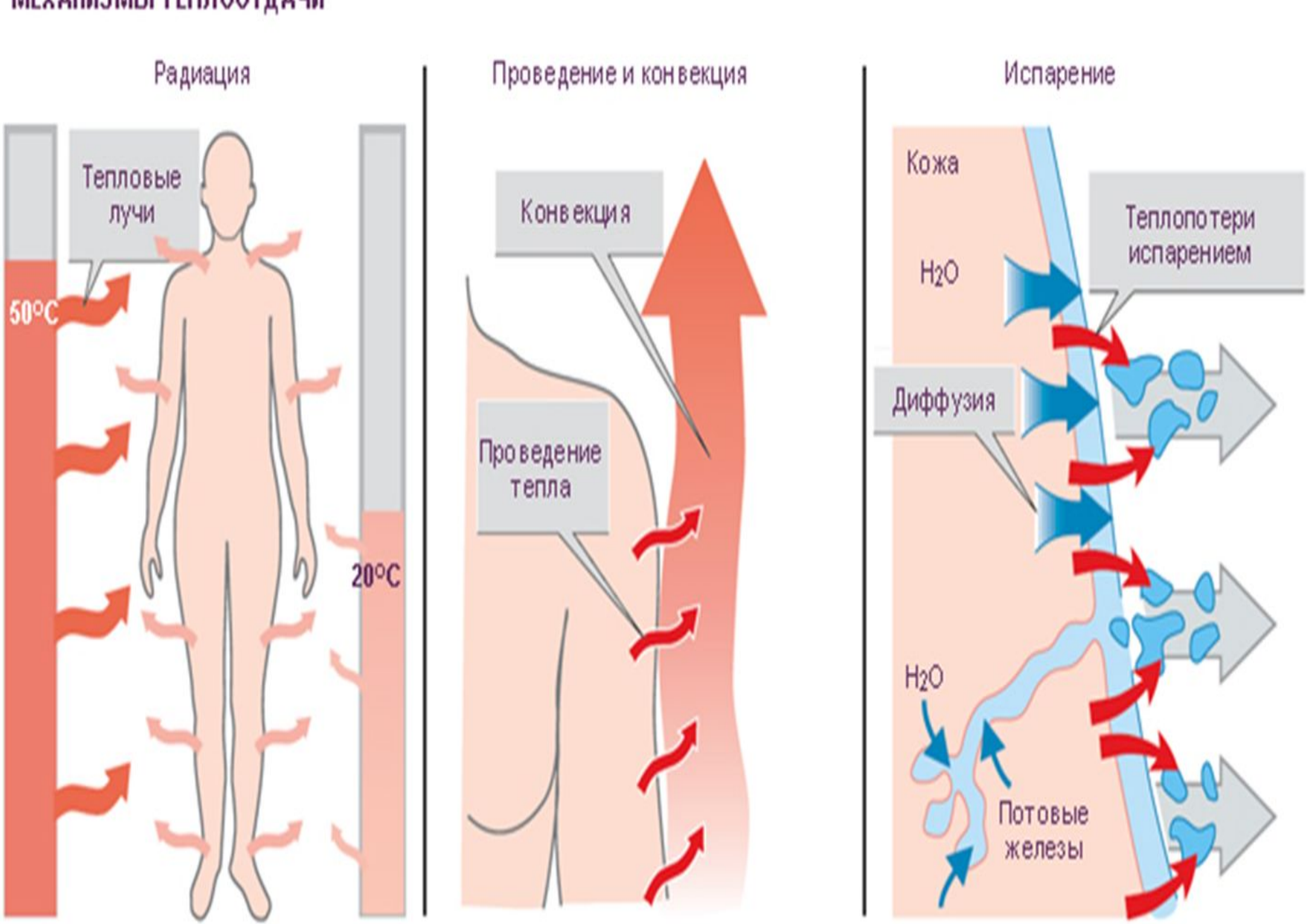
- ***В парилке человек не должен находиться более чем 7..15 мин, так как даже при этом температура тела увеличится на*** $1°\text{C}$ ***и чтобы сбить температуру желательно закопаться в снег. Так же ложатся, закапываются в снег волк, песец, реагируя (не на усталость!) на повышение температуры тела при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

Механизмы теплоотдачи

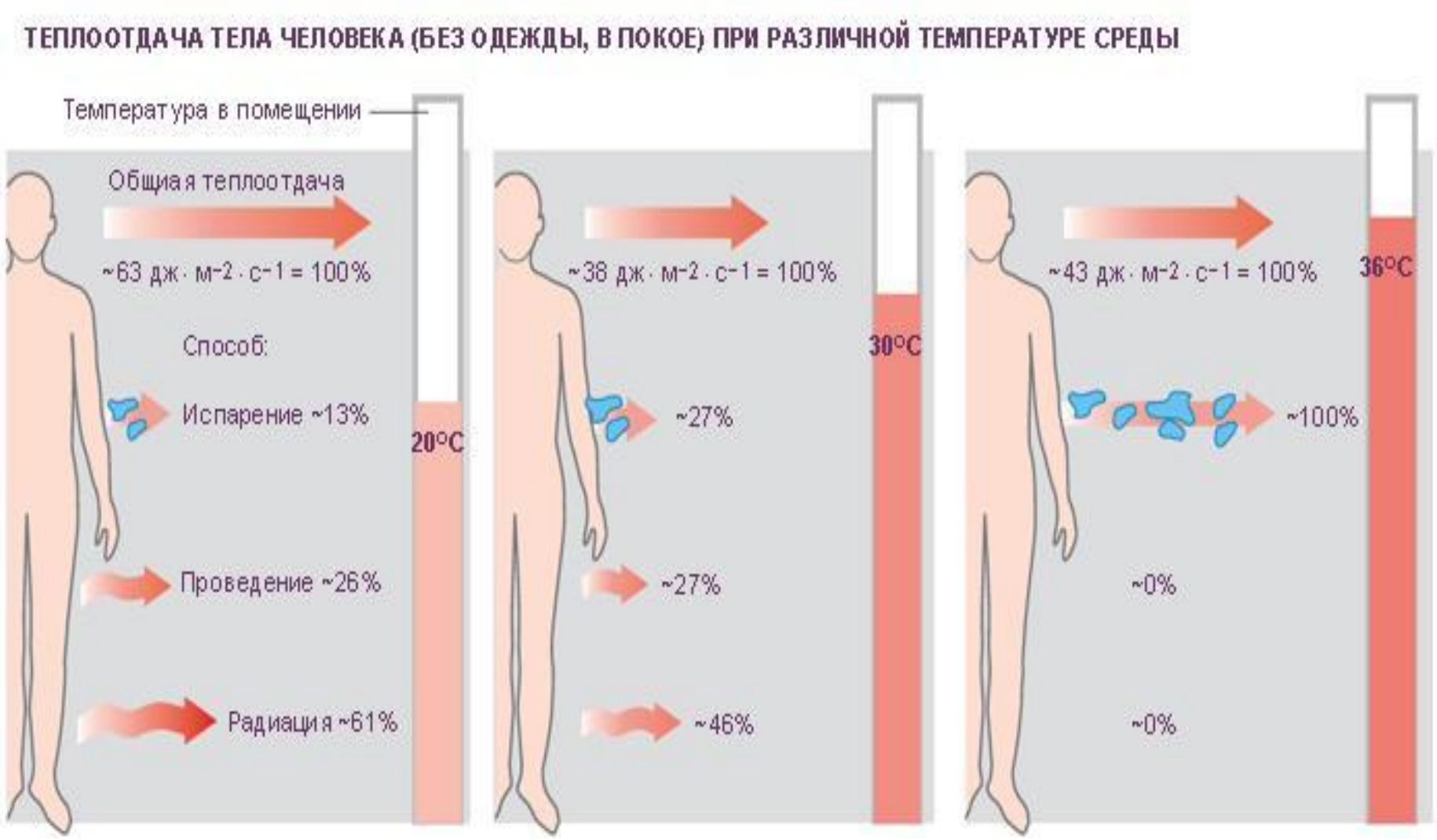


Передача тепла возможна только в сторону низких температур следующими путями:

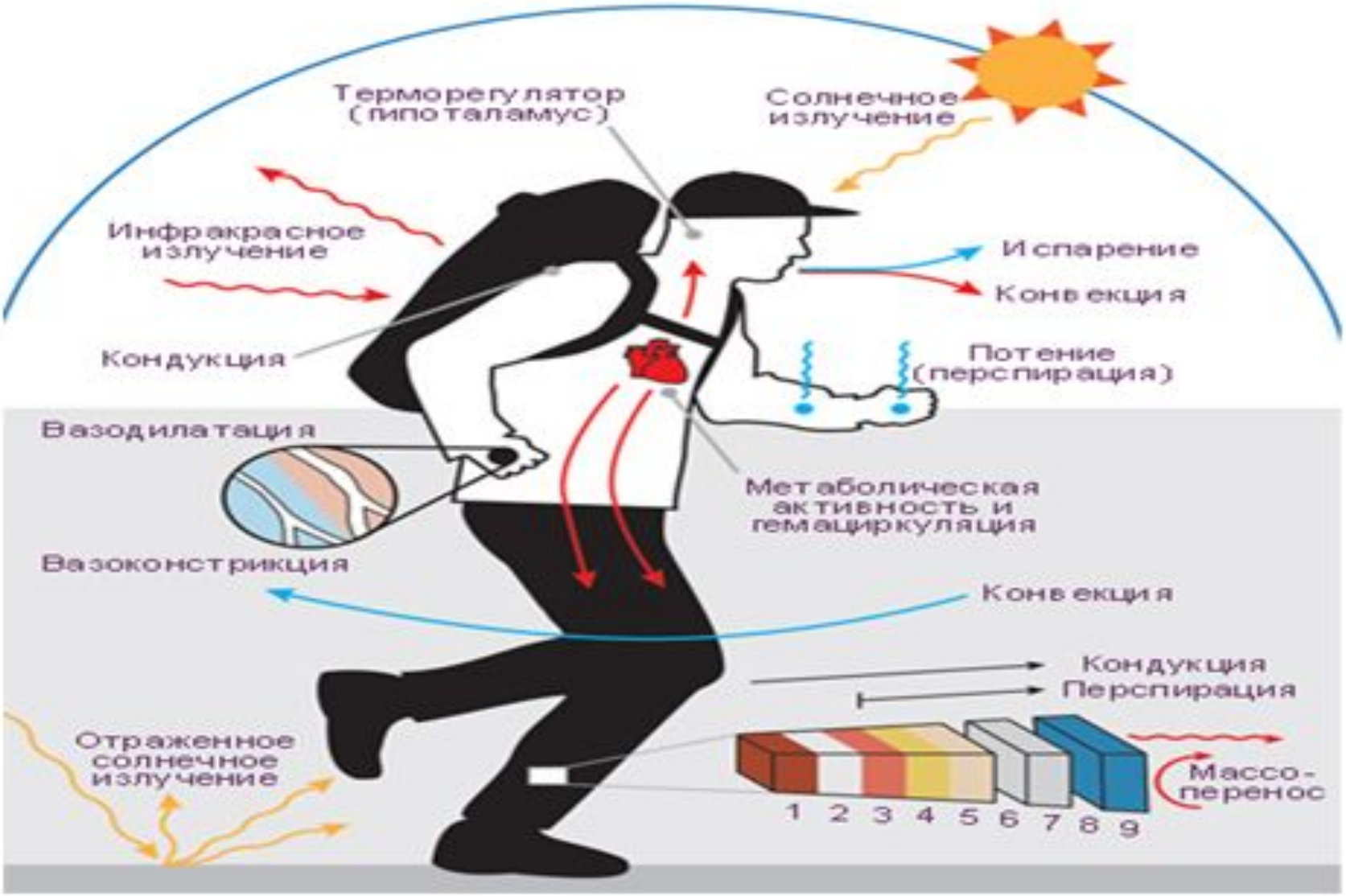
- ***1) Без контакта молекул, за счет электромагнитного (теплового) излучения (радиации) когда фотоны излучаются из одних атомов и переносятся к другим;***
- ***2) За счёт непосредственного контакта молекул тела и воздуха, когда при соприкосновении кинетическая энергия движения от одних молекул передаётся 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 ТЕПЛООТДАЧИ
Радиация
Тепловые лучи
50°C
20°C
Проведение и конвекция
Конвекция
Проведение тепла
Испарение
Кожа
H2O
Теплопотери испарением
Диффузия
H2O
Потовые железы

Изменение теплоотдачи при различной температуре воздуха



Механизмы теплоотдачи



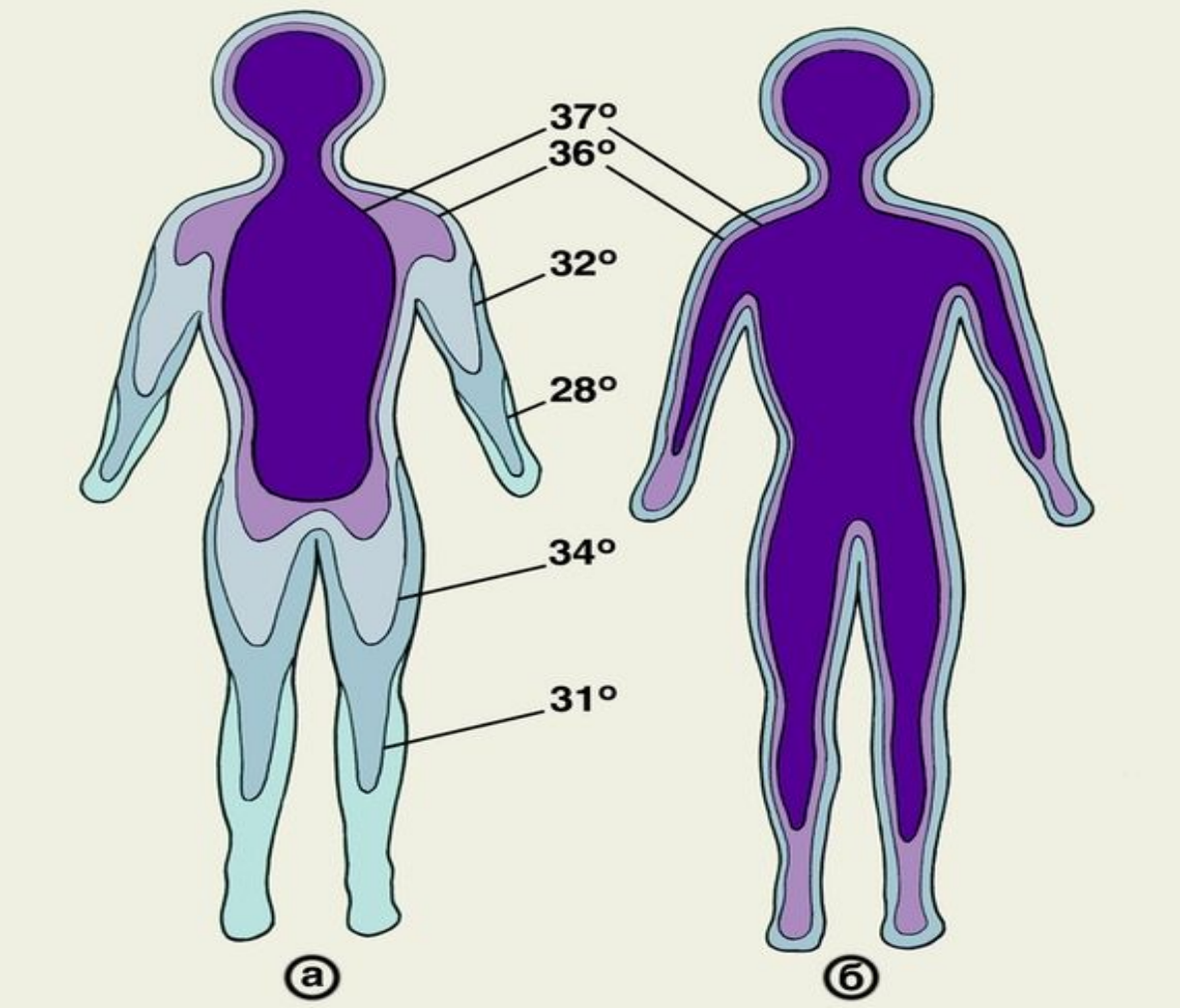
Основное назначение вырабатываемого тепла:

- ***Обеспечение постоянства температуры тела, которая в нормальных-комфортных условиях «автоматически» без напряжения сердечнососудистой системы и прочих возможных регуляторов меняется в узких пределах:*** $36,6^{+0.9}_{-0,2}$ ℃.
- ***Одно из утверждений о том, почему температура тела человека равна 36,6℃, 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°С и более.
- При повышении температуры ядра, увеличивается, и температура в некоторой части слоя оболочки. Такая способность по отведению тепла указывает на регулирующую 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^{+4}_{-5}°С» температуры кожи.

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

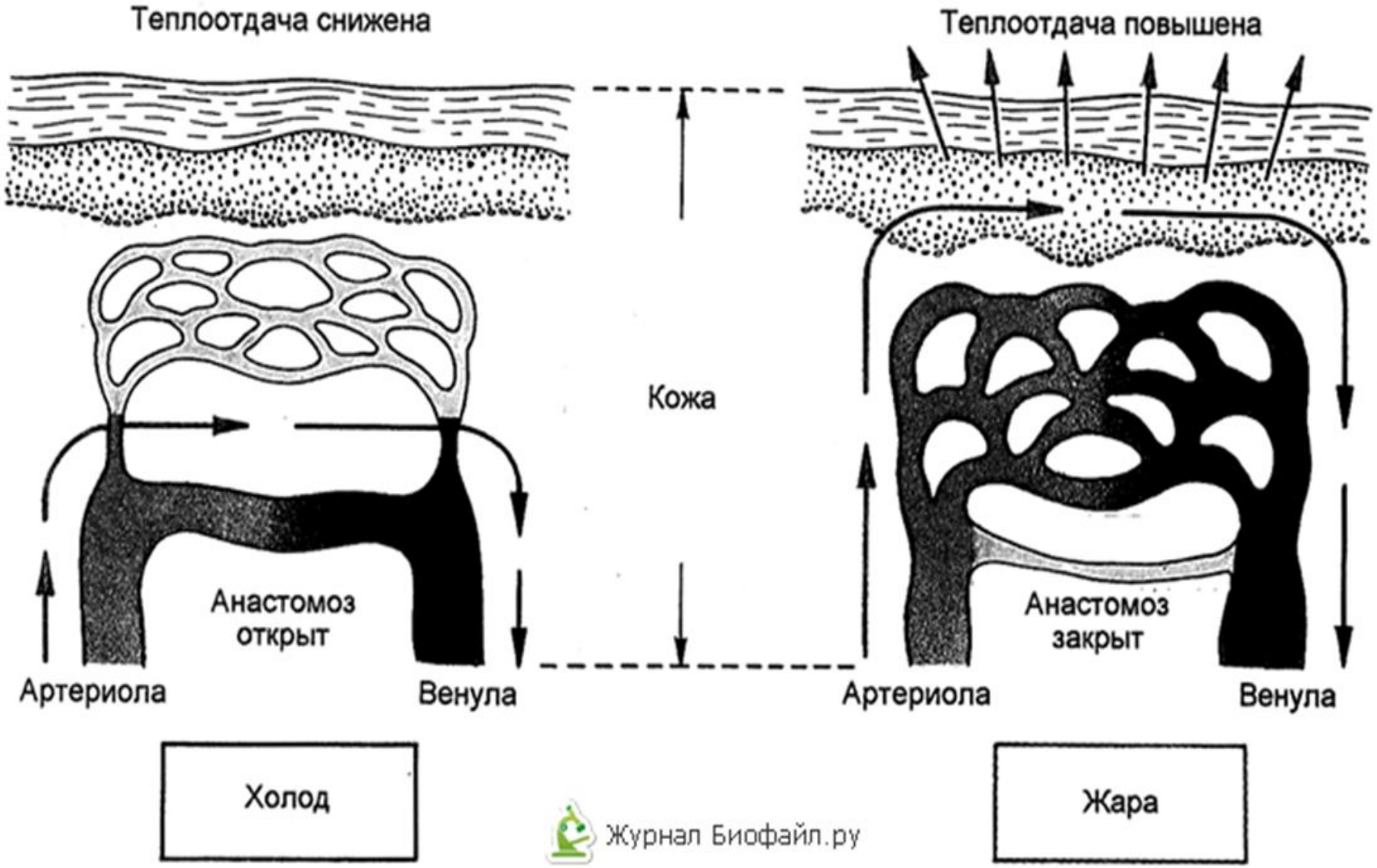


Вредными, критическими, смертельно опасными физиологи считают:

-температуру тела $(36,6\ ^{+6,4}_{-11,6})$,

-температуру кожи 33^{+8}_{-15}

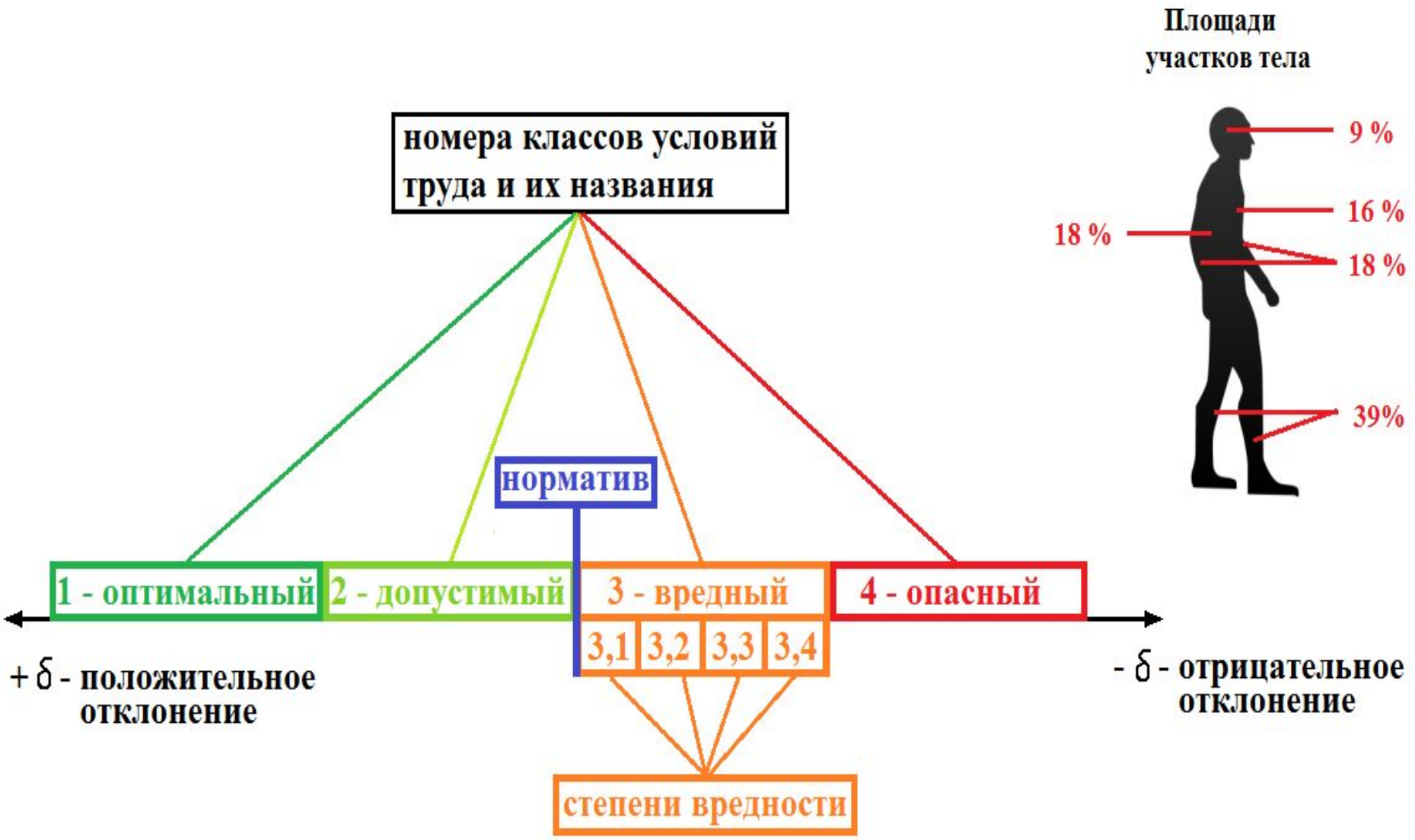
Механизм изменения теплоотдачи



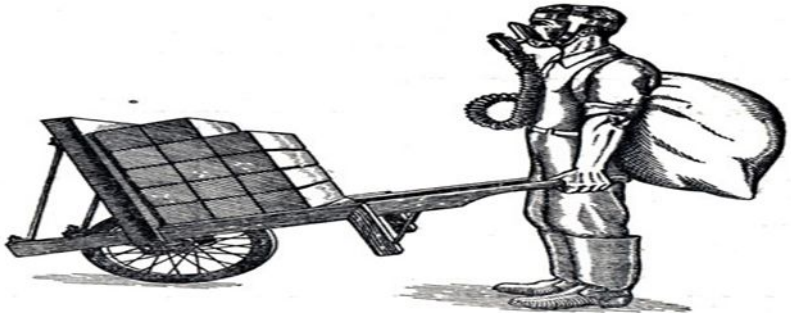
Журнал Биофайл.ру

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:**

$$M_{сум} = M_о + M_{доп} = M_о + \frac{M_{мех}}{\eta}.$$

- **Отношение, называемое коэффициентом физической активности:**

$$\frac{M_{сум}}{M_о} = \omega$$

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

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

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

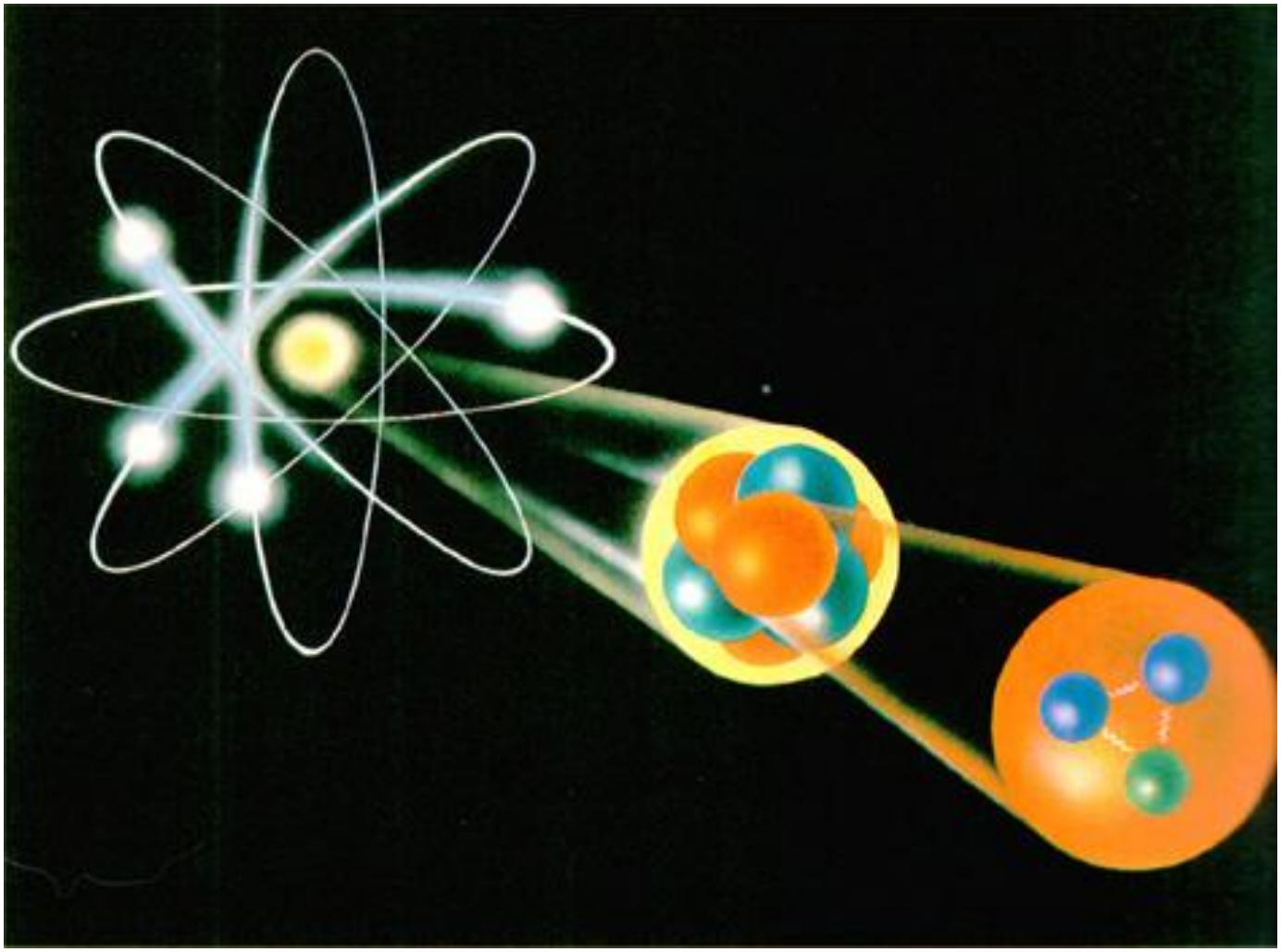
- ***Плотность потока от абсолютно черного тела в пределах полусферы телесного угла определяется по закону Стефана - Больцмана:***

- $$E_р = k_{СБ} \cdot T^4$$

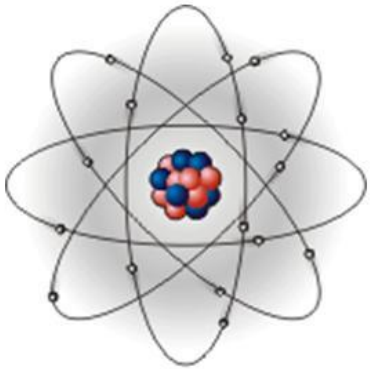
- ***(*** $k_{СБ} = 5,67 \cdot 10^{-8} \frac{Вт}{м^2 К^4}$ ***- постоянная Стефана - Больцмана , T - температура излучающего тела по шкале Кельвина). Тепловое излучение от стен и других предметов, нагретых воздухом поглощается телом человека. Излучающие свойства не черных тел отличаются и это учитывается,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

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

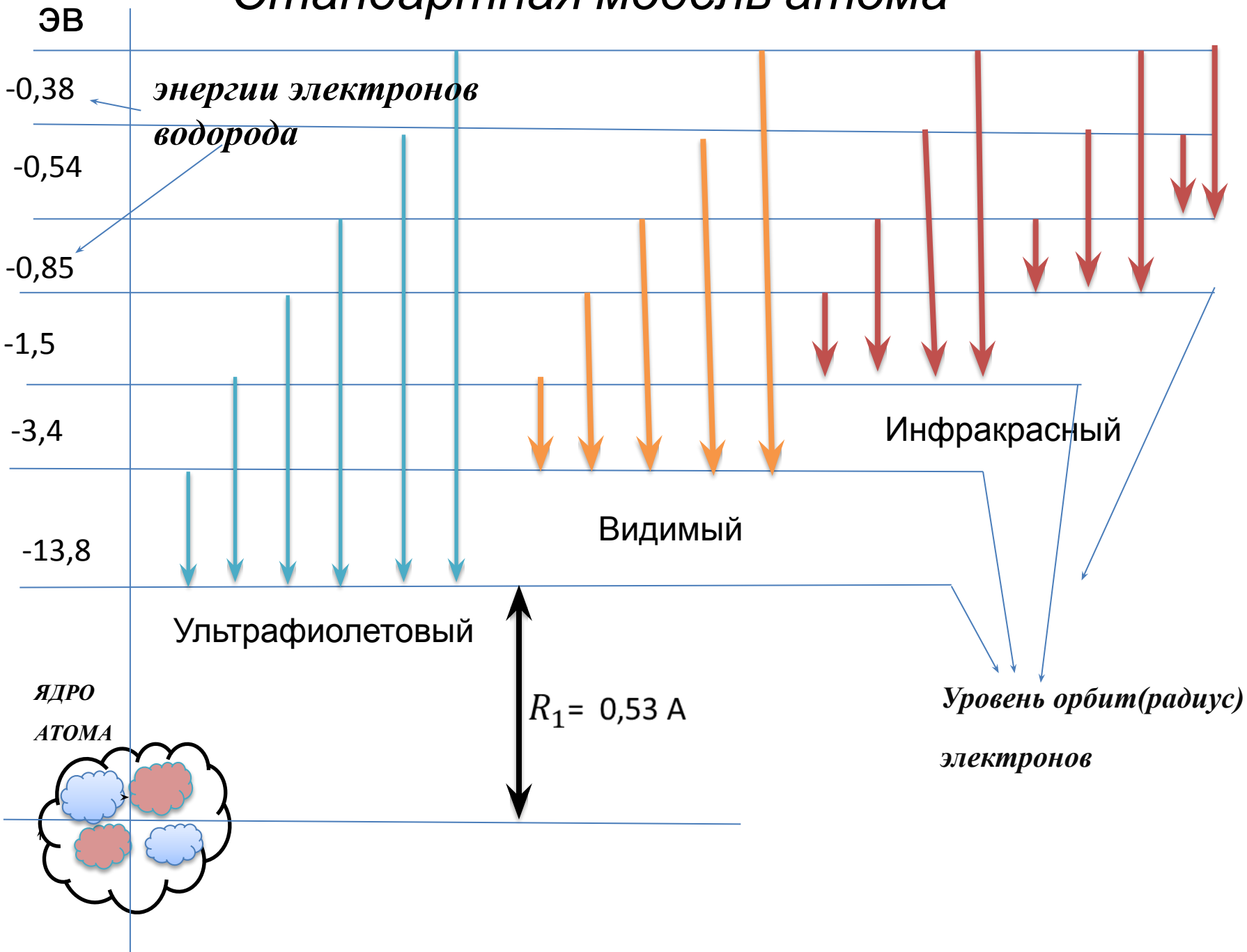
- $$E_р = k_{СБ} \cdot \varepsilon \cdot S\left(T_к^4 - T_в^4\right) = 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot 0,75 \cdot 1,8\left(300^4 - 293^4\right) = 59 \text{ Вт}$$



Планетарная модель атома



Стандартная модель атома



Контактная отдача и конвективный перенос энергии ($E_к$)

- ***Допускаем, что тепло передаётся в окружающую среду через прослойку воздуха (толщина которой $\chi = 4 \ldots 10$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 $(t_к - t_в)$) и обратно пропорционален термосопротивлению (эмпирический закон Ньютона):

$$E_к = \frac{S \cdot (t_к - t_в)}{R_к}$$

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

Почему ощущение холода больше?

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

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

Вид одежды	Тепловое сопротивление одежды	
	°С · м²/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

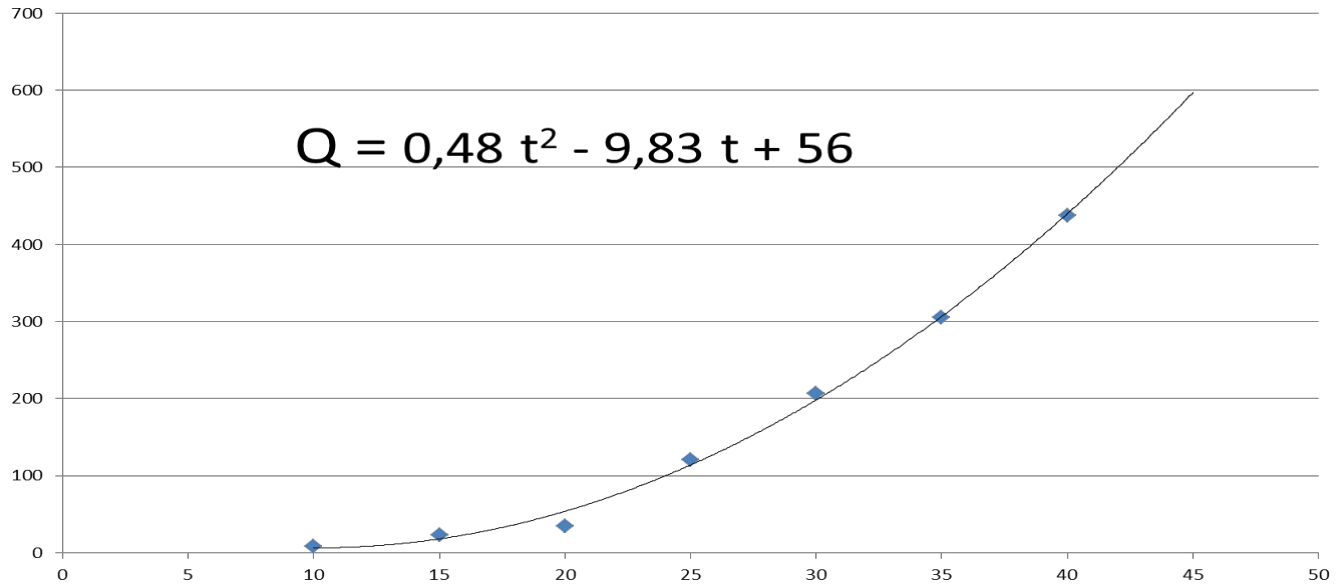
Процесс испарения и конвективный перенос пара

- ***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:***

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

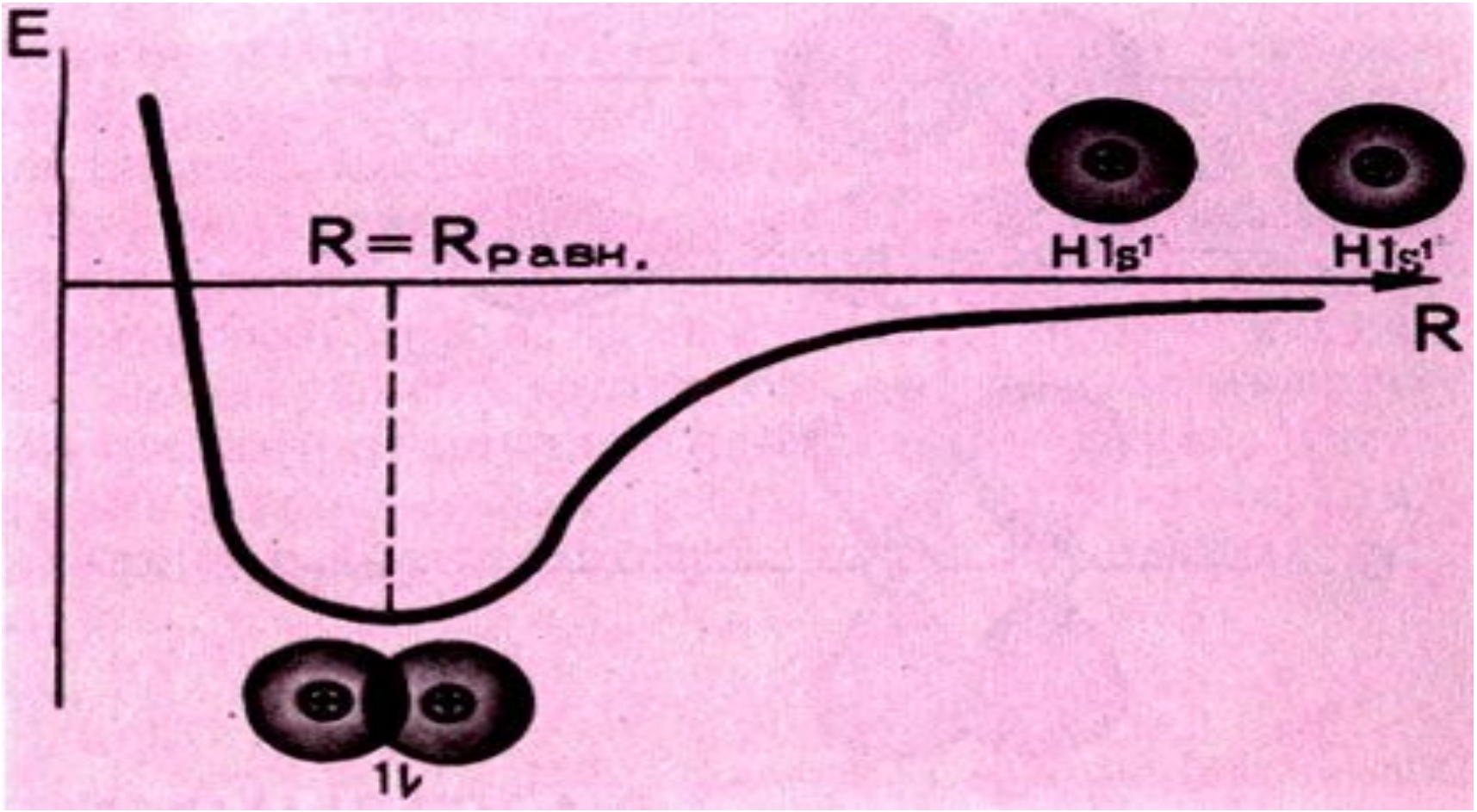
- где: k_v- коэффициент учитывающий скорость ветра,А-коэффициент; S-площадь испарения; $p = 101{,}3 \cdot 10^3$Па-атмосферное давление; $d = (p_{нп} - p_п)$ - дефицит влажности; $p_{нп}$- давление (в состоянии насыщения) пара испаряющегося из жидкости с температурой $[t_{жид}]$; $p_п$-давление пара находящегося в воздухе при температуре воздуха$[t_в]$.
- **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°С, постоянно и составляет $\theta_0 \cong$ 30г/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 °С , приближается к 5°С разнице с температурой кожи (33..34°С).
- Интенсивность включения потовых желез примерно пропорциональна квадрату температуры воздуха и при 45°С все 100% включаются.

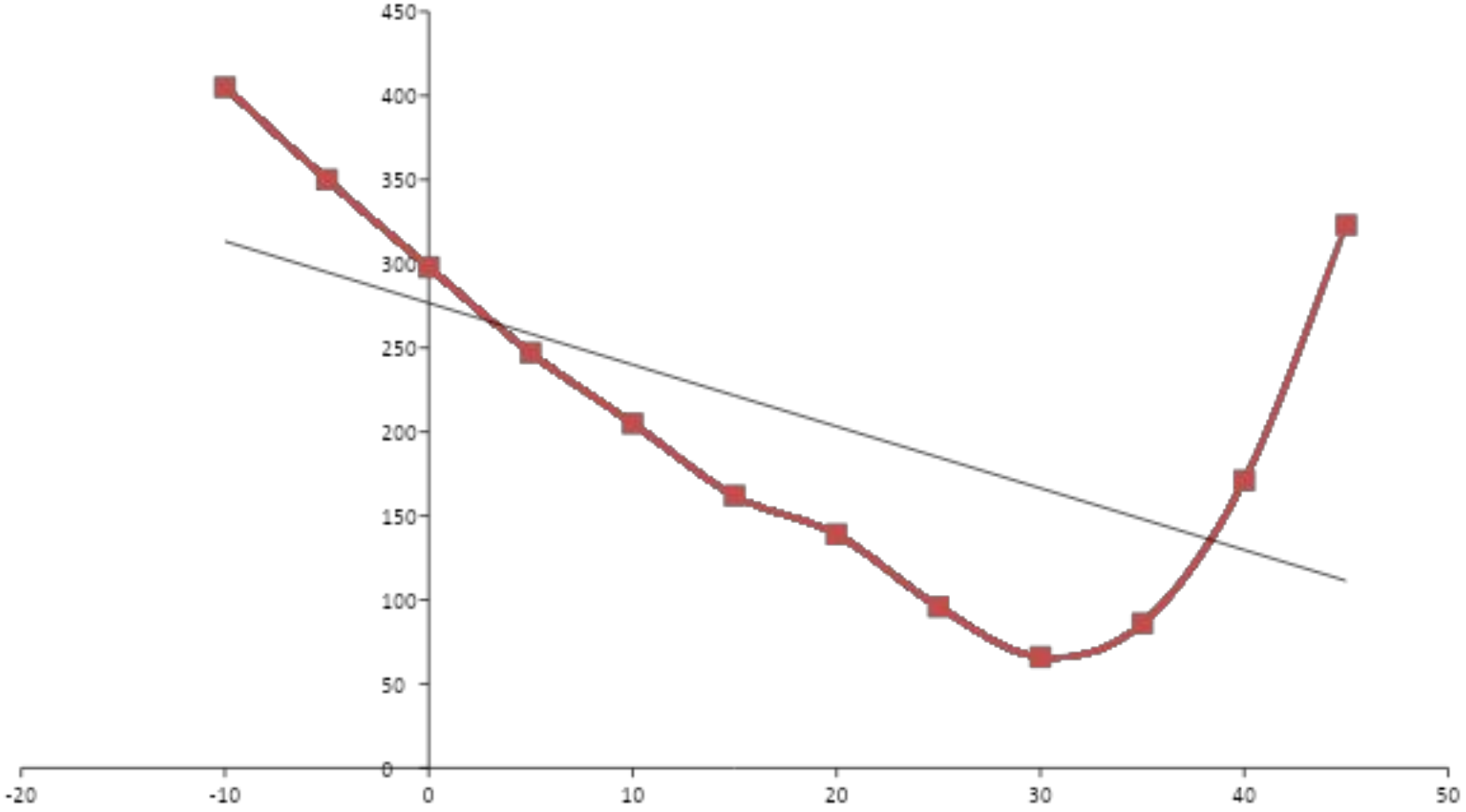
Энергия связи двух атомов в зависимости от расстояния между ними



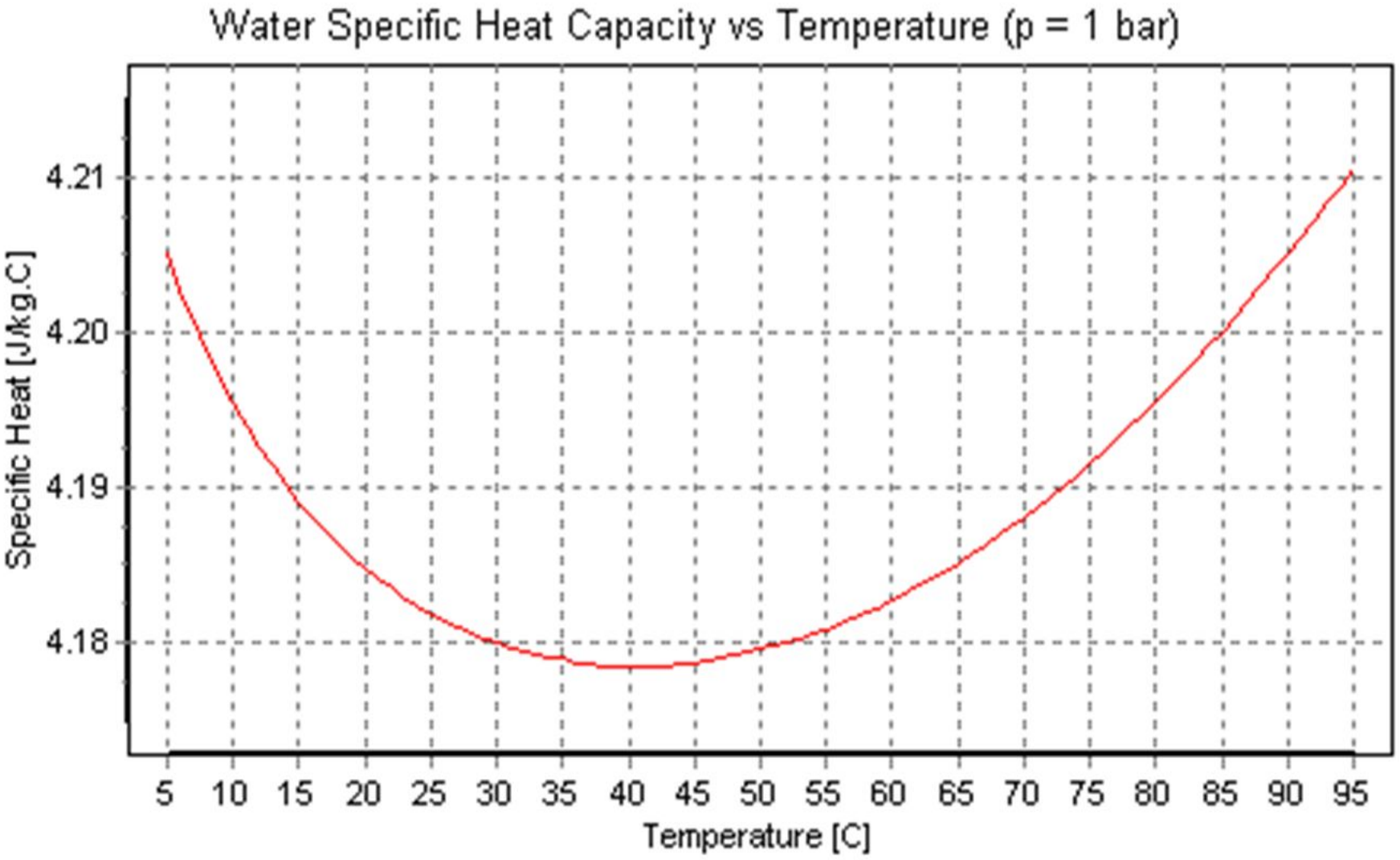
Результаты расчетов

Вид теплоотдачи	*Расчетная зависимость*;		
Радиация		*59*	*59*
Испарение и конвекция		*30*	*5*
Кондукция и конвекция		*39*	*39*
Через лёгкие		*10*	*4*
Общая тепло-отдача		138	107

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



Выводы

- Полноценная жизнедеятельность человека в условиях основного обмена осуществляется в пределах 18–22°С
- 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