

НОКСОЛОГИЯ

**Доцент кафедры
авиатопливообеспечения**

**кандидат технических наук, доцент
КАЛЯКИН АЛЕКСЕЙ ВИТАЛЬЕВИЧ**

УВАУ ГА - 2016

Занятие № 2/1 – Лекция № 3

Взаимодействие человека с окружающей средой

Учебные вопросы:

- 1. Энергообмен человека**
- 2. Теплообразование и температура тела человека**
- 3. Влияние параметров микроклимата на самочувствие человека**
- 4. Массообмен человека**
- 5. Информационный обмен человека**

Литература

- **Ноксология : учебник для бакалавров** : учеб. для студ. вузов, обуч. по напр. подгот. 280700 "Техносферная безопасность" / Белов, Сергей Викторович, Симакова, Елена Николаевна ; под общ. ред. С. В. Белова. - М. : Юрайт, 2012. - 429 с.
стр. 86-100.

Вопрос 1. Энергообмен человека

Совокупность всех химических реакций в организме, необходимых для обеспечения его веществом и энергией, называется **обменом веществ.**

В науке используют понятия:

□ Основного обмена

□ обмена при различных видах деятельности.

Основной обмен характеризуется величиной всех затрат энергии в организме **при полном мышечном покое, в стандартных условиях** (при комфортной температуре окружающей среды, спустя 12...16 ч после приема пищи, в положении лежа).

Эта энергия тратится **только на поддержание жизни в теле человека**. Ее расход составляет **4,2 кДж/ч на 1 кг массы тела**.

Справочно: Для человека массой 70 кг общие затраты энергии при основном обмене составляют 294 кДж/ч, что соответствует мощности 81,7 Вт.

Суточные энергозатраты (МДж)

зависят от вида деятельности человека:

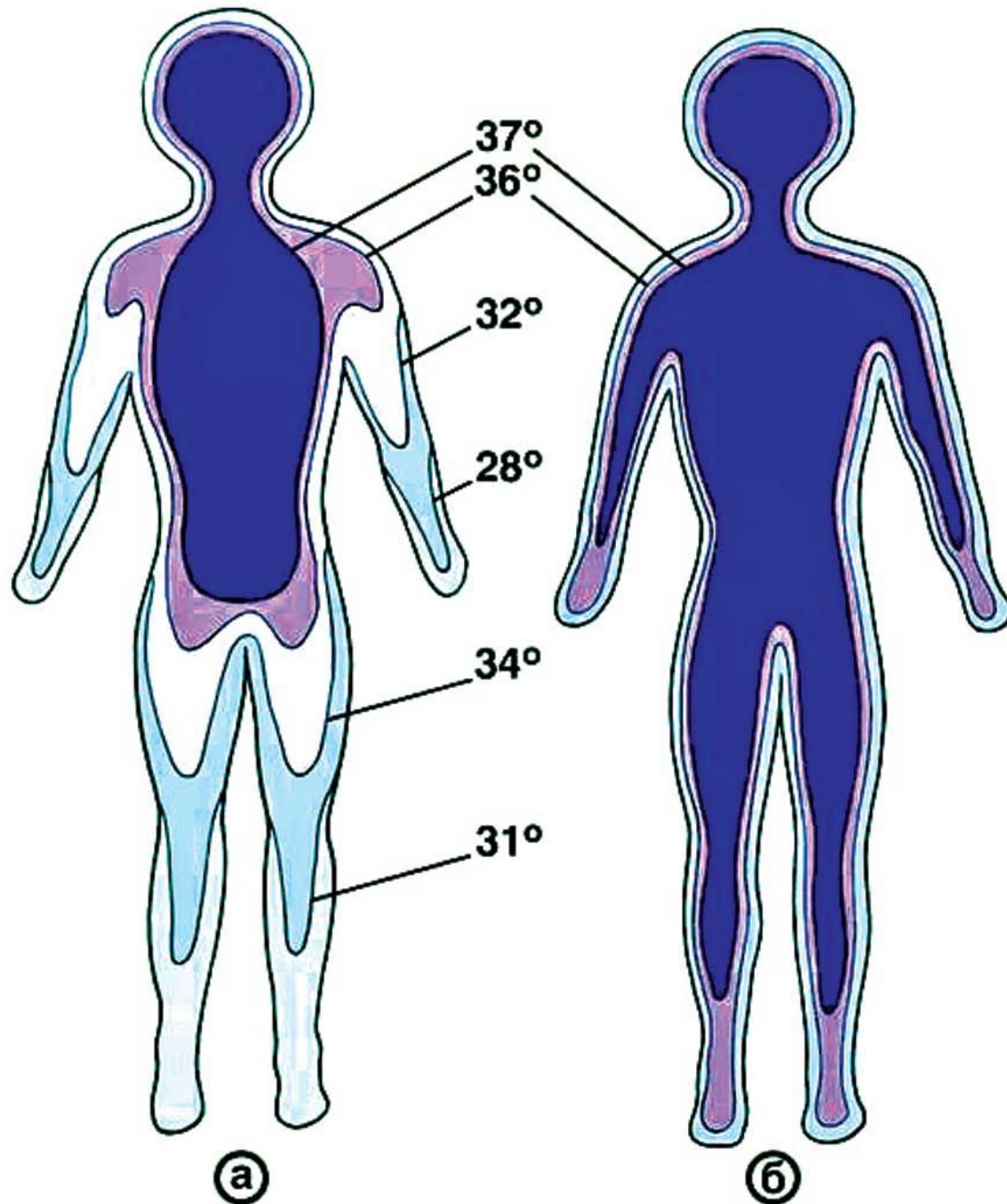
- **Работники умственного труда** (врачи, педагоги, диспетчеры и др.) **10,5...11,7**
- **Работники механизированного труда и сферы обслуживания** (медсестры, продавцы, рабочие, обслуживающие автоматы) **11,3...12,5**
- **Работники, выполняющие работу средней тяжести** (станочники, шоферы, хирурги, полиграфисты, тейщики, сельскохозяйственные рабочие и др.) **12,5...15,5**
- **Работники, выполняющие тяжелую работу** (лесорубы, грузчики, горнорабочие, металлурги) **16,3...18**

Вопрос 2. Теплообразование и температура тела человека

Жизнедеятельность организма человека возможна лишь при температуре тела не ниже $+25\text{ }^{\circ}\text{C}$ и не выше $+43\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Теплопродукция организма зависит от:

- интенсивности мышечной работы,
- температуры ОС



Количество теплоты (Вт), выделяющейся в теле человека при различных физических нагрузках и T воздуха в помещении

| Интенсивность работы | Температура воздуха в помещении, °C | | | | | |
|---------------------------|-------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 |
| Состояние покоя | 163 | 145 | 116 | 93 | 93 | 93 |
| Легкая работа | 180 | 157 | 151 | 145 | 145 | 145 |
| Работа средней тяжести | 215 | 210 | 204 | 198 | 198 | 198 |
| Тяжелая работа | 291 | 291 | 291 | 291 | 291 | 291 |

Теплообмен тела человека с окружающей средой **осуществляется:**

- через **кожные покровы**,
- в **процессе дыхания** за счет нагрева вдыхаемого в легкие воздуха
- путём **испарения воды с поверхности кожи** (пот).

При этом организм использует все существующие в природе **механизмы теплообмена:**

- **радиационный (лучистый)**,
- **конвективный**,
- **транспирационный** (посредством испарения влаги)

Количество отводимой в окружающую среду теплоты $Q_{\text{отв}}$

можно представить в виде суммы:

$$Q_{\text{отв}} = Q_{\text{к}} + Q_{\text{т}} + Q_{\text{ти}} + Q_{\text{п}} + Q_{\text{д}},$$

где $Q_{\text{к}}$, $Q_{\text{т}}$, $Q_{\text{ти}}$, $Q_{\text{п}}$, $Q_{\text{д}}$ — количество теплоты, Вт, отводимой за счет:

- конвекции ($Q_{\text{к}}$)
- теплопроводности ($Q_{\text{т}}$),
- теплового излучения ($Q_{\text{ти}}$)
- испарения пота ($Q_{\text{п}}$)
- дыхания ($Q_{\text{д}}$)

Конвективный теплообмен (его интенсивность и направление) зависит в основном от температуры и подвижности окружающего воздуха.

Определяется законом Ньютона:

$$Q_k = a_k F_{\text{э}} (t_k - t_{\text{ос}})$$

где a_k - коэффициент теплоотдачи конвекцией, при норм. температуре $a_k = 4,06 \text{ Вт/м}^2 \text{ }^\circ\text{С}$;

t_k - температура кожи тела человека (зимой среднее значение температуры кожи около $27,7^\circ\text{С}$, летом около $31,5^\circ\text{С}$);

$T_{\text{ос}}$ - температура окр. воздушной среды, $^\circ\text{С}$;

$F_{\text{э}}$ - площадь эффективной поверхности тела человека (для практических расчетов эту площадь принимают равной $1,8 \text{ м}^2$).

Значение **коэффициента теплоотдачи конвекцией** можно приближенно определять как

$$A_k = \lambda / \delta,$$

где λ — коэффициент теплопроводности пограничного слоя воздуха, $\text{Вт}/(\text{м}^\circ\text{С})$ (при нормальной температуре воздуха - $0,025 \text{ Вт}/(\text{м}^\circ\text{С})$);

δ — толщина пограничного слоя воздуха, м.

Толщина пограничного слоя воздуха зависит от скорости движения воздуха. Так, при отсутствии движения воздуха $\delta = 4\text{--}8$ мм, а при скорости движения воздуха $2 \text{ м}/\text{с}$ толщина пограничного слоя уменьшается до 1 мм.

Передачу теплоты теплопроводностью можно описать уравнением Фурье:

$$Qm = (X_0/A_0) * F_{\text{э}} (t_{\text{пов}} - t_{\text{ос}})$$

где

X_0 — коэффициент теплопроводности тканей одежды человека, Вт/м • °С;

A_0 — толщина одежды человека.

Теплоизлучающий теплообмен
описывается обобщенным законом Стефана – Больцмана:

$$Q_{л} = C_{пр} F_K \Phi \{ (t_K / 100)^4 - (t_{оп} / 100)^4 \},$$

где

$C_{пр}$ — приведенный коэффициент излучения, для практических расчетов $C_{пр} \sim 4,9$ Вт/(м²К⁴);

F_K — площадь поверхности, излучающей лучистый поток, м²;

Φ — коэффициент облучаемости, зависящий от расположения и размеров поверхностей и показывающий долю лучистого потока, излучаемого поверхностью пламени (на практике = 1);

t_K — средняя температура кожи, К;

$t_{оп}$ — средняя температура окружающих поверхностей, К

Количество теплоты, отдаваемое телом человека в окружающую среду при испарении пота зависит от:

- температуры среды,
- относительной влажности
- скорости движения воздуха.

определяется уравнением:

$$Q_g = M_{\text{п}} r,$$

где $M_{\text{п}}$ — масса испарившегося пота, г/с;
 r — скрытая теплота испарения пота, Дж/г (для воды $r = 2450$ Дж/г).

Количество теплоты, расходуемой на нагревание **вдыхаемого воздуха, определяется по формуле**

$$Q_{\partial} = V_{\text{лв}} R_{\text{вд}} C_p (t_{\text{выд}} - t_{\text{вд}})$$

где

$V_{\text{лв}}$ — **объем воздуха, вдыхаемого человеком в единицу времени, «легочная вентиляция», $\text{м}^3/\text{с}$;**

$R_{\text{вд}}$ — **плотность вдыхаемого воздуха, $\text{кг}/\text{м}^3$;**

C_p — **удельная теплоемкость вдыхаемого воздуха, $\text{кДж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$;**

$t_{\text{выд}}$ — **температура выдыхаемого воздуха, $^\circ\text{C}$;**

$t_{\text{вд}}$ — **температура вдыхаемого воздуха, $^\circ\text{C}$.**

Нормальное тепловое состояние организма человека, называемое **ТЕПЛОВЫМ комфортом**, наблюдается при условии, когда **вся** вырабатываемая организмом теплота $Q_{\text{выр}}$ передается телом **окружающей среде** $Q_{\text{отв}}$, т.е. выполняется равенство

$$Q_{\text{выр}} = Q_{\text{отв}}$$

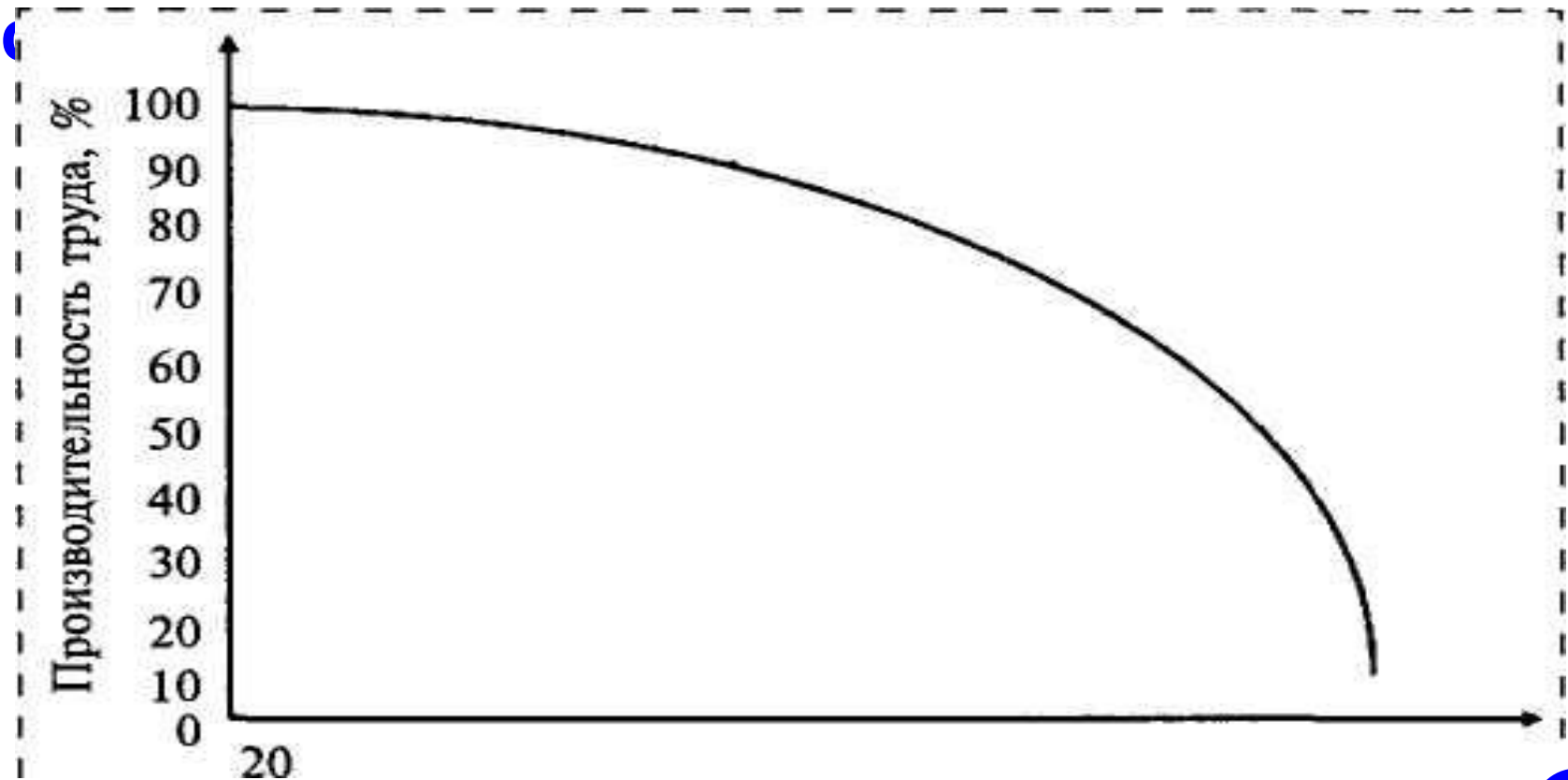
Вопрос 3. Влияние параметров микроклимата на самочувствие человека

Нормальная жизнедеятельность человека может осуществляться только при определенных метеорологических условиях:

- атмосферном давлении (P)
- температуре (T)
- относительной влажности
- скорости движения окр. воздуха (V)

Так, понижение T и повышение V способствуют усилению конвективного теплообмена и процесса теплоотдачи при испарении пота, что может привести к переохлаждению организма.

При повышении T возникают обратные явления. Установлено, что при температуре свыше $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ работоспособность человека начинает



Высокая влажность воздуха уменьшает скорость испарения пота, что ухудшает теплообмен с поверхностью кожи и ведет к **перегреву тела** человека.

Интенсивное потовыделение при высоких T приводит к **обезвоживанию организма**.

Обезвоживание **на 6%** влечет за собой нарушение умственной деятельности, снижение остроты зрения, **на 15...20 %** - приводит к смертельному исходу.

Вместе с потом организм теряет значительное количество минеральных солей, микроэлементов и водорастворимых витаминов.

Длительное воздействие *высокой температуры* особенно в сочетании с *повышенной влажностью* может привести к значительному накоплению теплоты в организме и развитию его перегревания выше допустимого уровня - **гипертермии - состоянию, при котором температура тела поднимается до 38...39 °С.**

Справочно: Предельная температура вдыхаемого воздуха, при которой человек в состоянии дышать в течение нескольких минут без специальных средств защиты около 116 °С.

Влияние атмосферного давления (P)

Нормальное P на уровне моря в среднем составляет **760 мм рт. ст.**

С высотой P уменьшается и становится опасным для человека на высоте 4-5 км над уровнем моря из-за кислородной недостаточности. **(для Ульяновска?)**

При снижении относительно уровня моря (например, в шахте) P возрастает на каждые 100 м примерно на 9 мм рт. ст.

При погружении в водную среду давление водяного столба растет на одну атмосферу на каждые 10 метров глубины. Поэтому безопасным считается погружение без специальных средств на 2-3 м.

Влияние электромагнитного поля Земли

**Естественными источниками
геомагнитного поля являются:**

- атмосферное электричество,**
- излучение Солнца,**
- электрические и магнитные поля
Земли.**

**Напряженность магнитного поля Земли
при спокойной магнитной обстановке
составляет 70—150 А/м. Во время
магнитных бурь магнитная напряженность
возрастает на порядок.**

**Коэффициент ослабления
интенсивности геомагнитного поля на**

Излучение Солнца,
представляющее собой
электромагнитные волны различной
длины, крайне значимо для живой
природы и человека. Оно является
основным внешним источником
энергии, определяет
продолжительность светового дня,
его видимый диапазон излучения,
обеспечивает непосредственную
связь организма с окружающим
миром, давая **до 90% информации о**

Влияние естественной радиации

Естественные **источники излучения** можно подразделить следующим образом:

- **внешние источники** внеземного происхождения (космическое излучение);
- **источники земного происхождения** (естественные радионуклиды).

С удалением от поверхности земли интенсивность космического излучения возрастает. Поэтому дозовая нагрузка на людей, проживающих в горной местности, в несколько раз больше, она равна примерно 0,7 и 5,0 мЗв в год соответственно на высотах 2 и 4-5 км.

На высоте полетов **современных самолетов** **уровень космического излучения** в несколько

Внешнее облучение обусловлено радионуклидами, содержащимися в почве и горных породах

Внутреннее — радионуклидами, содержащимися в воздухе, воде и продуктах питания.

Средняя доза облучения населения России составляет 3,4 мЗв/чел. в год.

Вопрос 4. Массообмен человека

В процессе жизнедеятельности человек потребляет:

- кислород из атмосферы при дыхании,
- воду питьевую и воду, содержащуюся в продуктах питания,
- пищевые вещества, содержащиеся в продуктах питания, — белки, жиры и углеводы.

А выделяет?

В сутки человеку требуется в среднем:

- **1,75 кг пищи** (из них **твердых веществ около 0,6 кг**),
- **7,3 л воды** (**2,5 л питьевой и 4,8 л технической**)
- **0,9 кг кислорода.**

Вместе с питьем и пищей получается около 3,5 л жидкости в день (для климата средней полосы России при минимальной физической нагрузке).

От отравлений пищей в мире ежегодно умирают около 2 млн чел.

Вопрос 5. Информационный обмен

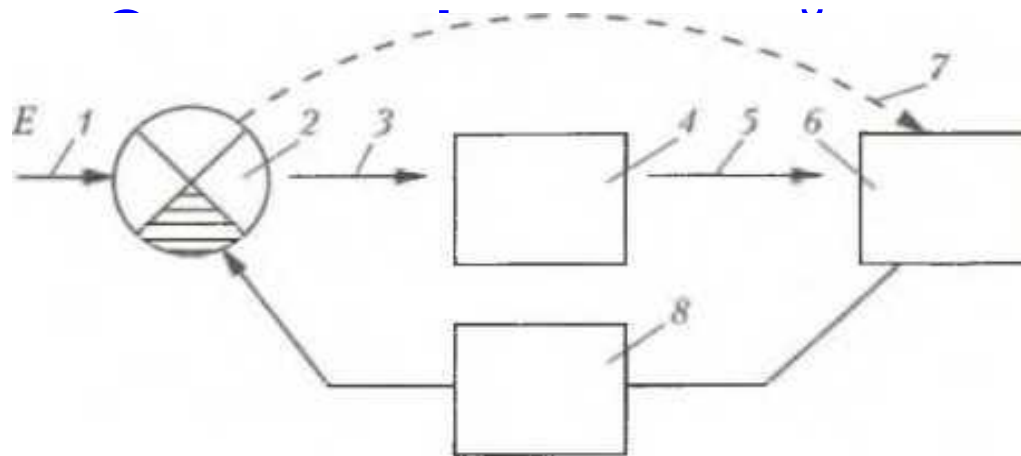
человека

Взаимосвязь человека с любой системой (в том числе технической) может быть описана через информационную модель, которая объединяет сенсорное и сенсомоторное поля.

К сенсорному (чувствительному) полю относятся комплекс сигналов, которые воспринимаются человеком непосредственно от системы (шум, вибрация, ЭМП и т.д.) и из ряда сигнальных показаний приборов, индикаторов и т.п.

К сенсомоторному полю относятся комплекс сигналов от органов управления — рычагов, ручек, кнопок и т.д.

Информационная совместимость - соответствие возможностей человека по приему и переработке потока закодированной информации и эффективного положения управляющих воздействий в системе.



- 1 - энергия E раздражителя (сигнал, информация);
- 2 - рецептор; 3 - нервные волокна; 4 - ЦНС;
- 5 - нервные волокна; 6 - исполнительный орган;
- 7 - путь безусловного рефлекса; 8 - обратная связь

*Датчиками системы восприятия внешних воздействий являются структурные нервные образования, называемые **рецепторами**.*

*Согласно классификации по характеру ощущений различают **зрительные, слуховые, обонятельные, осязательные рецепторы, рецепторы боли, рецепторы положения тела в пространстве.***

С помощью органов чувств человек получает обширную информацию от окружающем мире.

*Количество информации принято измерять **в битах**.*

Характеристика органов чувств по скорости передачи информации

| Воспринимаемый сигнал | Характеристика | Максимальная скорость, бит/с |
|------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|
| Зрительный | Длина линии | 3,25 |
| | Цвет | 3,1 |
| | Яркость | 3,3 |
| Слуховой | Громкость | 2,3 |
| | Высота тона | 2,5 |
| Вкусовой | Соленость | 1,3 |
| Обонятельный | Интенсивность | 1,53 |
| Тактильный | Интенсивность | 2,0 |
| | Продолжительность | 2,3 |
| | Расположение на теле | 2,8 |

Человек обладает **долговременной** и **кратковременной (оперативной)** памятью.

Объем **долговременной** памяти составляет **10^{21}** бит, а **кратковременная** память имеет малую емкость — **50** бит.

Стереотип — это устойчиво сформировавшаяся в прежнем осознанном опыте рефлексорная дуга, выводимая в пограничную зону «сознание - подсознание».

Процесс принятия решения является многовариантным, в том числе и содержащим возможность ошибки.

Аксиома о потенциальной опасности деятельности человека:

Реакция человека на внешние раздражения может быть ошибочной и сопровождаться антропогенно-техно-генными опасностями