

# ***Тепловой обмен человека со средой обитания***

Терморегуляция

Организм человека постоянно находится в состоянии **теплообмена** с окружающей средой.

Вследствие белкового, углеводного и жирового обмена в организме вырабатывается тепло (**теплопродукция**)  $Q_T$ , количество которого зависит от рода деятельности и интенсивности выполняемой работы. Это тепло для спокойного состояния человека составляет **80 - 100 Вт**.



# Отдача тепла от тела человека

Теплопродукция организма отдаётся в окружающую среду посредством **конвекции**, **излучением** тепла и **испарением** влаги с поверхности кожи.

Тепло, передающееся **конвекцией**  $Q_k$  (вт) определяется:

$$Q_k = \alpha F (t_m - t_e),$$

где  $\alpha$  - коэффициент теплоотдачи, который зависит от скорости движения воздуха, вт/(м<sup>2</sup>×град.); F - площадь поверхности тела, м<sup>2</sup>;  $t_m$ ,  $t_e$  - температура тела и воздуха.

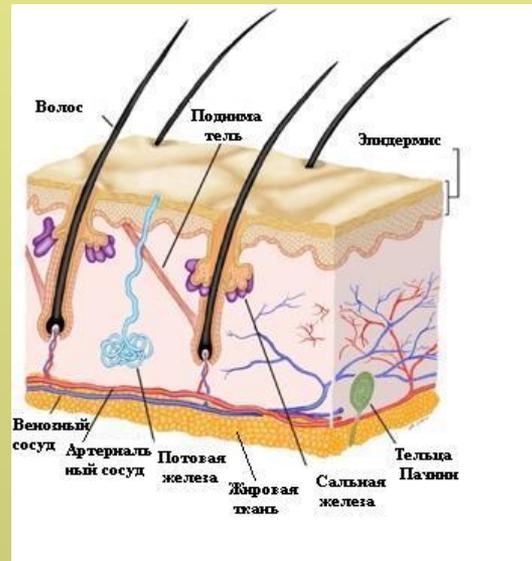
- Для рассеяния тепла конвекцией требуется обтекание поверхности тела потоком с более низкой температурой, контактирующий с кожей слой воздуха нагревается, снижает свою плотность, поднимается и замешается более холодным и плотным воздухом.
- когда температура воздуха равна **20°C**, относительная влажность – **40–60 %**, тело взрослого человека рассеивает в окружающую среду **путем теплопроводения и конвекции** около **25–30% тепла**.
- Количество отдаваемого тепла увеличивается при возрастании скорости движения воздушных потоков

Количество тепла, рассеиваемого организмом в окружающую среду излучением, пропорционально **площади поверхности** (площадь поверхности тех частей тела, которые соприкасаются с воздухом) и **разности средних значений температур** кожи и окружающей среды. Поток энергии описывается уравнением

$$E = K (T_1 - T_2),$$

где  $K$  – коэффициент передачи тепла излучением,  $(T_1 - T_2)$  – разность температур между кожей и внешней средой.

- При температуре окружающей среды  $20^{\circ}\text{C}$  и относительной влажности воздуха 40–60% организм человека рассеивает путем излучения около **40–50%** всего отдаваемого тепла.
- Если температуры **поверхности кожи** и **среды** выравниваются, то отдача тепла излучением *прекращается.*



# Отдача тепла от тела человека

Теплоотдача за счёт **испарения** влаги  $Q_{\text{исп.}}$  (Вт) с поверхности кожи зависит от влажности воздуха, а для открытых участков тела ещё и от скорости его движения.

Абсолютная влажность воздуха ( $A$ , г/кг) - это количество водяного пара, содержащегося в 1 кг воздуха при данной температуре и давлении.

Максимальная влажность ( $F$ , г/кг) - это количество водяного пара, которое может содержаться в 1 кг воздухе при тех же условиях.

Относительная влажность  $\varphi$  определяется:

$$\varphi = \frac{A}{F} 100, \%$$

# *Испарение*

- отдача тепла в окружающую среду **за счет испарения пота или влаги** с поверхности кожи и слизистых дыхательных путей. Повышение внешней температуры, выполнение физической работы усиливают потоотделение, и оно может возрасти до **500...2000 г/ч**
- Терморегуляция направлена на предупреждение нарушений теплового баланса организма или на его восстановление, если такие изменения уже произошли.

# Уравнение теплового комфорта

Нормальные для определённого вида деятельности теплоощущения человека характеризуются уравнением теплового комфорта:

$$Q_T = Q_K + Q_{\text{изл.}} + Q_{\text{исп.}}$$

В организме человека имеется психофизиологическая система **терморегуляции**, позволяющая ему адаптироваться к изменениям климатических факторов и поддерживать нормальную постоянную температуру тела. Терморегуляция осуществляется двумя процессами: выработкой тепла и теплоотдачей, течение которых регулируется **ЦНС**.

# Уравнение теплового баланса

Теплоотдача обеспечивает равновесие с окружающей средой. Описывается уравнением теплового баланса:

$$Q = M \pm R \pm C - E$$

**Q** - кол-во тепла, получаемое или отдаваемое организмом;

**M** – кол-во тепла, вырабатываемое организмом (теплопродукция);

**R** – кол-во тепла, получаемое (отдаваемое) с помощью излучения;

**C** – кол - во тепла, получаемое (отдаваемое) при конвекции;

**E** – кол –во тепла, отдаваемое при потоотделении

# **Химическая терморегуляция**

- теплопродукция в организме складывается из **первичной теплоты**, выделяющейся в ходе протекающих в тканях **реакций обмена веществ**, и **вторичной теплоты**, образующейся при расходовании энергии на выполнение работы.
- **Наибольшее количество тепла образуется в мышцах при их напряжении и сокращении.**
- Образование тепла в мышцах при этих условиях получило название **сократительного термогенеза**

# Физическая терморегуляция

- **совокупность физиологических процессов**, ведущих к изменению **уровня теплоотдачи**.
- При повышении температуры среды **теплоотдача увеличивается**, а при понижении – **уменьшается**.  
Различают следующие механизмы отдачи тепла в окружающую среду: излучение, теплопроводность, конвекция и испарение.
- **Излучение** – это отдача тепла в виде электромагнитных волн инфракрасного диапазона ( $\lambda = 5...20$  мкм).

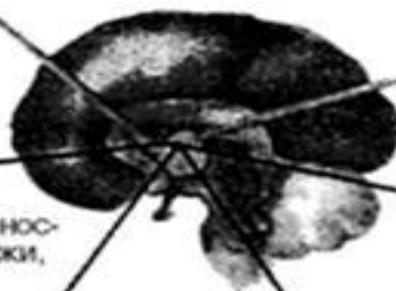


ГИПОТЕРМИЯ

Низкая температура тела стимулирует терморецепторы



В гипоталамус поступают сигналы



Сужение кровеносных сосудов кожи, вследствие чего уменьшается отдача тепла кожей

Активируются скелетные мышцы, вызывая дрожь, что приводит к повышению интенсивности обменных процессов и образованию большого количества тепла



Температура тела повышается

ГИПЕРТЕРМИЯ

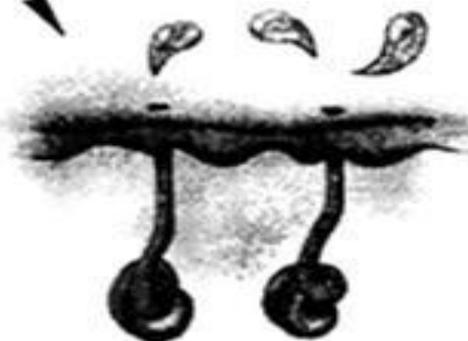
Высокая температура тела стимулирует терморецепторы



В гипоталамус поступают сигналы



Расширение кровеносных сосудов кожи, приводящие к отдаче большого количества тепла



Повышается активность потовых желез, а следовательно, и потери тепла испарением

Температура тела понижается

# Гипотермия

**Гипотермия (переохлаждение)** начинается, когда теплопотери становятся больше теплопродукции организма, а система терморегуляции не справляется с этими изменениями.

$$(Q_k + Q_{изл.} + Q_{исп.}) > Q_m$$

Нарушается кровоснабжение, что вызывает такие простудные заболевания, как невриты, радикулиты, заболевания верхних дыхательных путей.

В результате гипотермии наблюдается отклонение от нормального поведения, а затем апатия, усталость, ложное ощущение благополучия, замедленные движения, угнетение психики, а в тяжёлых случаях - потеря сознания и летальный исход.

# Гипертермия

Гипертермия (перегрев) наблюдается при нарушении уравнения теплового комфорта, когда внешняя теплота  $Q_{в.т}$  суммируется с теплопродукцией организма, и эта сумма превышает величину теплопотерь.

$$(Q_m + Q_{в.т}) > (Q_k + Q_{изл.} + Q_{исп.})$$

При гипертермии возникает головная боль, учащённый пульс, снижение артериального давления, поверхностное дыхание, тошнота. При тяжёлом поражении возможна потеря сознания. Эти симптомы характерны для теплового и для солнечного удара.

***Повышенная влажность воздуха более 75% ускоряет развитие гипертермии и гипотермии.***



# Вопросы по теме «терморегуляция»

1. Что такое терморегуляция?
2. Физическая терморегуляция: конвекция, испарение, излучение,
3. Химическая терморегуляция.
4. Уравнение теплового комфорта
5. Гипотермия
6. Гипертермия

# Параметры микроклимата

1. Температура воздуха  $t_{\text{в}}, ^\circ\text{C}$
2. Скорость движения воздуха  $V_{\text{в}}, \text{м/с}$
3. Относительная влажность  $\varphi, \%$
4. Радиационная температура излучающих стен  $t_{\text{рад}}, ^\circ\text{C}$ .



## *Нормирование микроклимата*

Климатические факторы действуют на человека комплексно. В то же время установлены комфортные значения для каждого фактора:

Температура воздуха 20 - 23 °С.

Относительная влажность 40 - 60 %.

Скорость движения воздуха для лёгкой работы 0,2 - 0,4 м/с.

Для производственных помещений факторы микроклимата ( $t_v$ ,  $V_v$ ,  $\phi$ ) нормируют как оптимальные и допустимые в зависимости от периода года (*тёплый, холодный*) и от категории работы по степени тяжести (*лёгкая, средней тяжести и тяжёлая*).



# Оптимальные и допустимые параметры микроклимата

- **Оптимальными** являются такие параметры микроклимата, которые **не вызывают напряжения реакций терморегуляции** и обеспечивают высокую работоспособность человека.

- **Допустимыми** считаются такие параметры микроклимата, которые при **длительном воздействии** могут вызвать напряжение реакции терморегуляции человека, но к нарушению состояния здоровья не приводят.

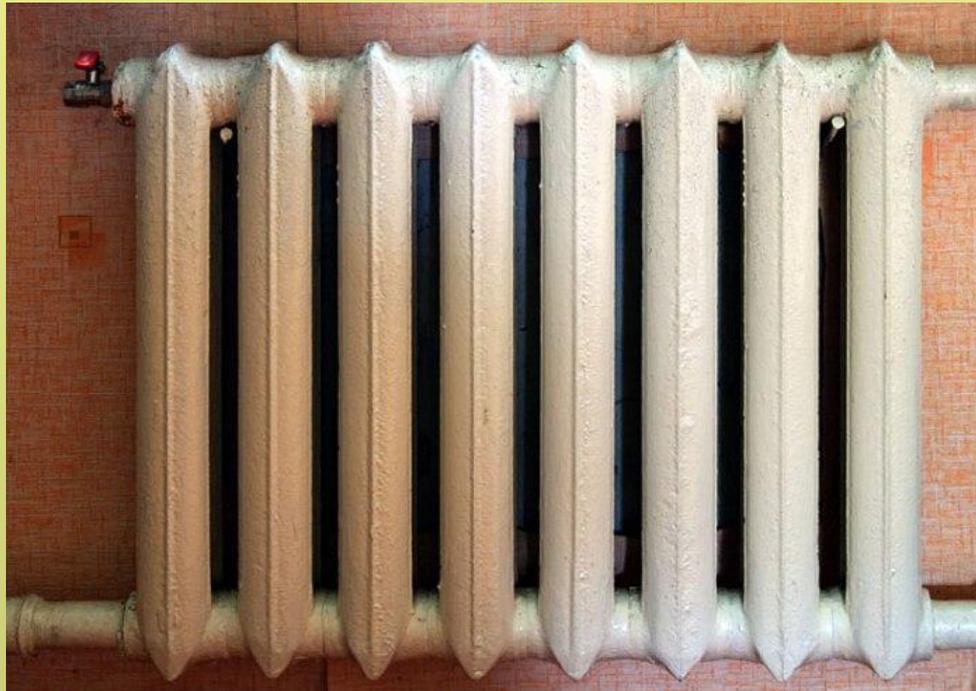
# Гигиеническое нормирование параметров микроклимата

- Гигиеническое нормирование параметров производственного микроклимата установлено системой стандартов безопасности труда (**ГОСТ 12.1.005-88**, а также **СанПиН 2.2.4.584-96**).
- Значения параметров микроклимата устанавливаются в зависимости от способности организма к акклиматизации в разное время года и категории работ по **уровню энергозатрат**.



# Категории работ по времени года.

- **Теплый период года** характеризуется среднесуточной температурой наружного воздуха выше **+10 °С**,
- **Холодный** период года – температурой, ниже **+10 °С**



# Категории работ по времени года.

При нормировании параметров микроклимата по тяжести труда различают следующие категории работ:

• **легкий физический труд** (категории Ia и Ib) с расходом энергии не более 174 Вт. К **категории Ia** (до 139 Вт) относятся работы, производимые **сидя** и сопровождающиеся **незначительным** физическим напряжением (на часовом, швейном производстве, в сфере управления )

# Категории работ по тяжести

- К **категории Ib** (140...174 Вт) относятся работы, производимые **сидя, стоя или связанные с ходьбой** и сопровождающиеся **некоторым** физическим напряжением.
- Работы **средней тяжести** (категории **IIa, IIб**) – виды деятельности с расходом энергии 175...290 Вт.
- К **категории IIa** (175...232 Вт) относятся работы, связанные с постоянной **ходьбой** и **перемещением мелких (до 1 кг) изделий**

# Категории работ по тяжести

- К **категории IIб (233...290 Вт)** относятся работы, связанные с ходьбой, перемещением тяжестей **до 10 кг**.
- К **тяжелому физическому труду (категория III)** – виды деятельности с расходом энергии **более 290 Вт** – работы, связанные с **систематическим физическим** напряжением, с постоянным **передвижением и переноской (свыше 10 кг)** тяжестей



# Семинар

# Методы обеспечения параметров микроклимата

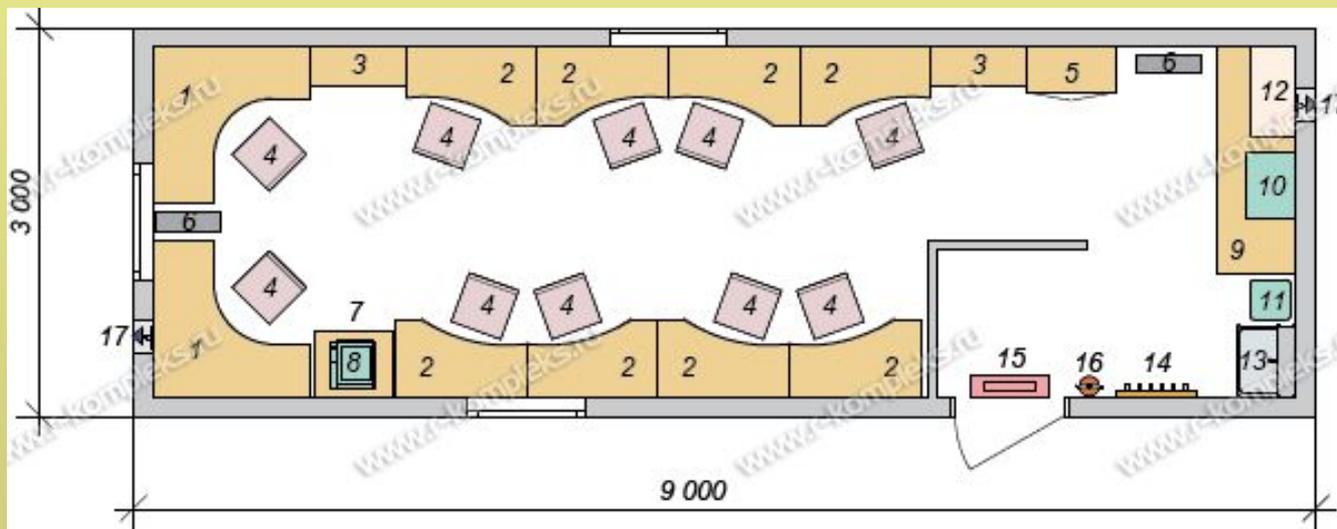
- В результате *жизнедеятельности* людей, *работы оборудования, приготовления* пищи, *сгорания* природного газа выделяются ВВ, влага, теплота.
- В результате **ухудшаются климатические условия**, **изменяется состав воздушной среды**.
- Основным **методом обеспечения** требуемых параметров микроклимата и состава воздушной среды является применение **систем вентиляции, отопления** и **кондиционирования воздуха**

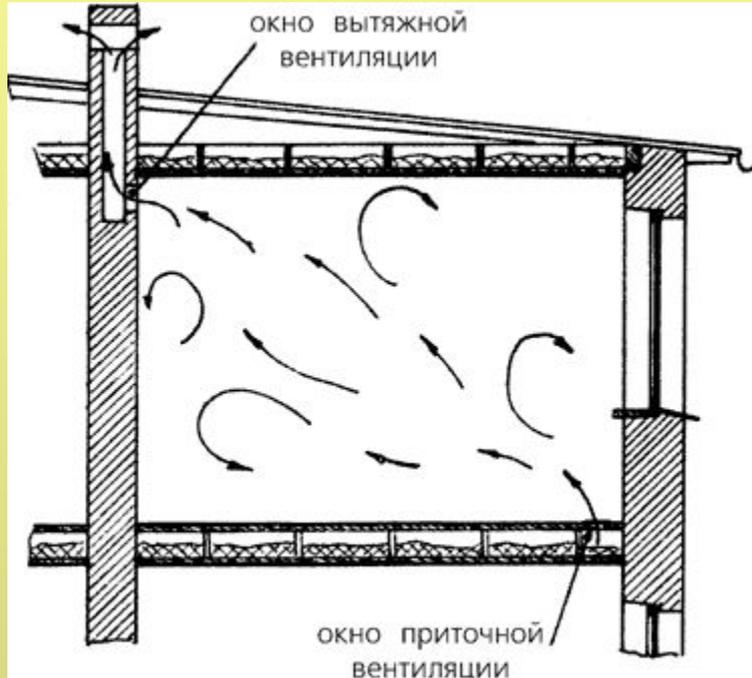
# Вентиляция

- Для обеспечения оптимальных параметров микроклимата необходима **общеобменная приточно-вытяжная вентиляция**. Применяется как *механическая*, так и *естественная* вентиляция.
- Если в помещении ***естественное проветривание***, а объем помещения, приходящегося на одного человека, не менее **20 м<sup>3</sup>**, производительность вентиляции должна быть не менее **20 м<sup>3</sup>/ч на одного**.
- Если же объем помещения, приходящегося на одного человека **менее 20 м<sup>3</sup>**, производительность вентиляции должна быть **не менее 30 м<sup>3</sup>/ч**

Рассчитайте минимальный допустимый объем допустимой вентиляции для данного офиса. Высота помещения 3 м. Планируется размещение 10 рабочих мест.

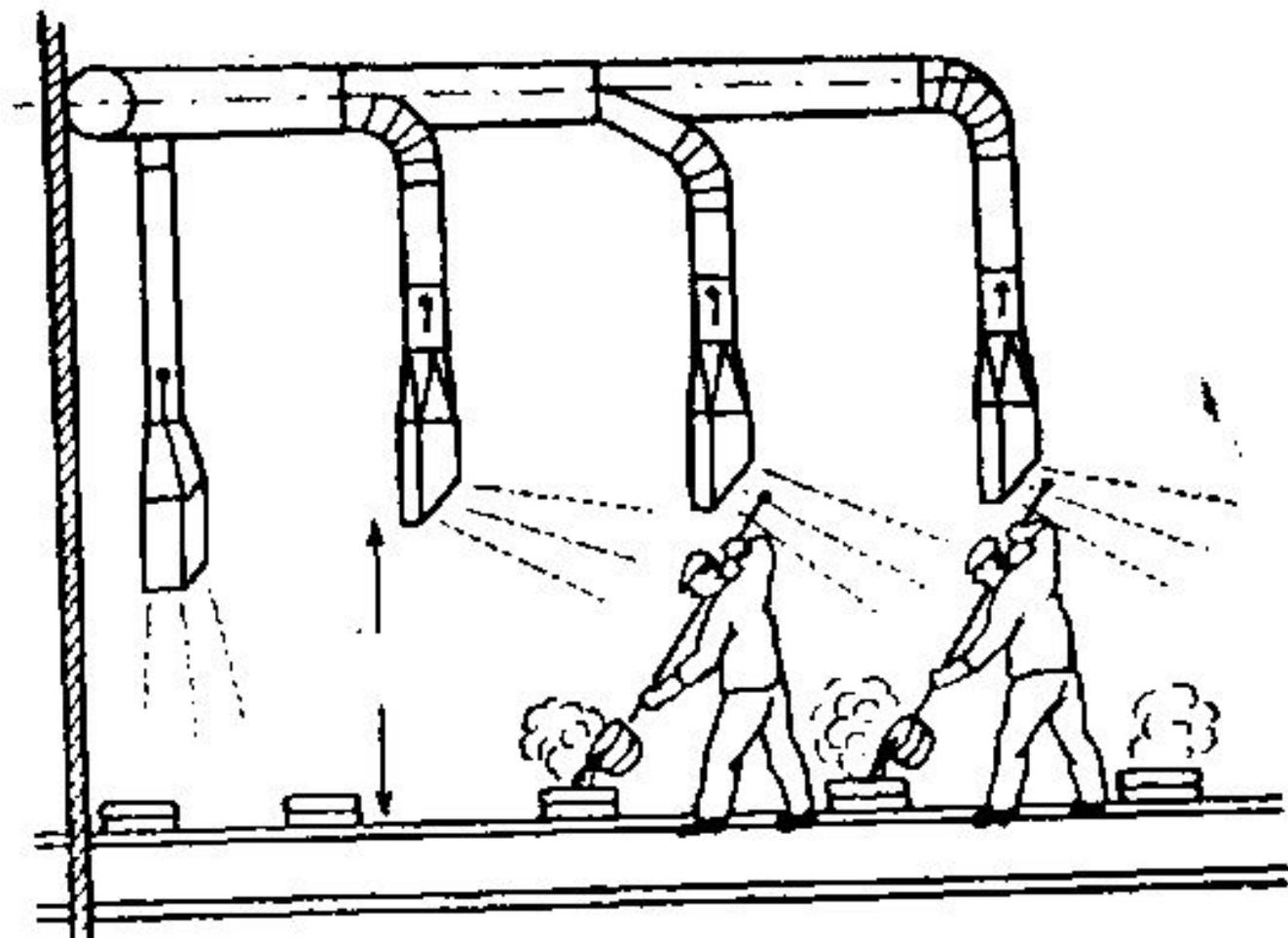
Сколько человек может работать в данном помещении при условии только естественного проветривания?





# Воздушное душирование

- При выделении в помещении от оборудования и технологических процессов влаги и теплоты производительность вентиляции должна быть увеличена
- В **жаркое время** года и в **горячих цехах**, с интенсивным воздействием тепловых потоков от печей, раскаленных отливок и других источников тепла, дополнительно применяют **воздушное душирование**, заключающееся в **обдуве работающего потоком воздуха** с целью увеличения конвективного теплообмена и отвода теплоты за счет испарения



# Кондиционирование

- **Автоматическая обработка** воздуха с целью поддержания гигиенических параметров независимо от изменения наружных и внутренних условий. Автоматически регулируется  $t^0$ , относительная влажность и скорость подачи воздуха.
- **Установки полного кондиционирования** обеспечивают оптимальные параметры микроклимата, осуществляют озонирование, дезодорацию и ионизацию.



# Системы очистки воздуха

- В системе приточной вентиляции обеспечивает защиту работающих и создание условий для эксплуатации, а в системе вытяжной вентиляции устройство обеспечивает защиту воздуха населенных мест от вредных воздействий.

В зависимости от использования средств, очистку подразделяют на:

- **грубую** (концентрация  $> 100 \text{ мг/м}^3$  вредных в-в);
- **среднюю** (концентрация  $100 - 1 \text{ мг/м}^3$  вредных в-в);
- **тонкую** (концентрация  $< 1 \text{ мг/м}^3$  вредных в-в).

Очистка воздуха, удаляемого из помещения, осуществляется с помощью **2-х типов устройств:**

1) пылеуловители; 2) фильтры