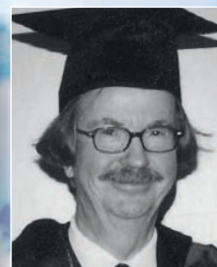


М. Петтенкофер



Ф. Эрисман



О. Фангер

**Является ли углекислый газ, содержащийся в воздухе жилых и общественных зданий, вредностью? И если нет, то: 1) почему мы нормируем его концентрацию в гигиенических нормативных документах [1]; 2) почему количество требуемого вентиляционного воздуха определяется в том числе по величине удаляемого углекислого газа?**

ru.depositphotos.com



Согласно «Основам теплогасоснабжения и вентиляции» [2] человек в час вдыхает и выдыхает в среднем 500 л воздуха. Выдыхаемый воздух содержит в процентах по объему кислорода – 15 %, азота – 79 %, углекислоты – 5 %, прочих газов – 1 %.

Углекислота не является вредной даже при содержании ее в воздухе до 4 % по объему. Однако в результате жизнедеятельности организма

одновременно с углекислотой выделяются вредные продукты: пары различных органических кислот, сероводород, аммиак и т. д., что дает основание рассматривать углекислоту как критерий для суждения о чистоте воздуха и пригодности его для дыхания. Исходя из этого, предельное содержание углекислоты в воздухе принимается не более 0,2% [2].



В 1862 году в Германии Макс фон Петтенкофер (1818–1901) впервые высказал предположение, что неудовлетворительное качество воздуха определяется в большей степени не концентрацией углекислого газа, а уменьшением содержания кислорода [3]. Он заявил, что в стандартных условиях концентрация углекислого газа никогда не достигнет того уровня, при котором он будет иметь вредное физиологическое воздействие. Последующие опыты показали, что в хорошо построенных зданиях содержание кислорода может упасть с 21 до 20 %, а содержание углекислого газа может вырасти с 0,03 до 0,50 %. Столь большие перепады концентрации не замечаются даже в самых многолюдных и плохо проветриваемых помещениях. Реальная практика строительства исключает отсутствие отверстий инфильтрации для наружного воздуха. Только полностью герметичная структура – это единственный вариант помещения, в котором сокращение содержания кислорода и накопление углекислого газа могут иметь последствия для здоровья человека. Снижение концентрации кислорода на 1–2% не будет иметь

пагубного физиологического эффекта, поскольку человеческий организм легко адаптируется к атмосфере с пониженным парциальным давлением кислорода, как это происходит, например, на большой высоте. Более того, многие курорты располагаются на большой высоте над уровнем моря, при этом они известны очень благоприятным для здоровья климатом.

По результатам наблюдений, ограниченное повышение концентрации углекислого газа (до 0,5%) тоже не оказывает негативного воздействия. Симптомы ухудшения самочувствия наблюдаются только при таких концентрациях углекислого газа, которые превышают его стандартное содержание в плохо проветриваемом помещении. Фон Петтенкофер утверждал, что концентрация углекислого газа может использоваться в качестве индикатора при определении уровня органических веществ, выделяемых легкими и кожей человека. Он полагал, что именно эти органические вещества были теми загрязнителями, которые ухудшают качество воздуха. Теория фон Петтенкофера приобрела широкую популярность.

В опубликованной в 1872 году работе «Acoustics and Ventilation» («Акустика и вентиляция») американский архитектор Александер Зелтцер выдвигает предположение, что настоящим токсином являются органические загрязнители. Зелтцер тоже был уверен, что выдыхаемый углекислый газ может использоваться для измерения количества органических загрязнений в воздухе.

Еще одна работа стала, вероятно, самой авторитетной американской статьей того времени по проектированию систем вентиляции. Статья Джона Шоу Биллингса (1838–1913) «Ventilation and Heating» («Вентиляция и отопление») была написана в последнем десятилетии XIX века и поэтому тоже отражала широко распространенную теорию о загрязнении воздуха испарениями от организма человека. Автор акцентирует внимание на «общеизвестной» связи между недостаточной вентиляцией и уровнем распространения чахотки (туберкулеза легких).

Биллингс полагал, что даже 30 кубических футов в минуту ( $51 \text{ м}^3/\text{ч}$ ) недостаточно для надлежащей вентиляции постоянно заполненных помещений. Он считал, что в подобных условиях воздух загрязняется и оказывает пагубное воздействие на здоровье присутствующих в помещении людей. Независимо от проведенного в помещении

времени, они будут склонны к туберкулезу и другим подобным заболеваниям. Биллингс был не согласен с распространенной в то время теорией о достаточности 10 кубических футов воздуха в минуту ( $17 \text{ м}^3/\text{ч}$ ) для большинства объектов. Если в помещениях постоянно находятся люди, то, по его мнению, только минимальный объем должен составлять 30 кубических футов в минуту ( $51 \text{ м}^3/\text{ч}$ ), но рекомендуется увеличивать его до 60 кубических футов в минуту ( $102 \text{ м}^3/\text{ч}$ ). Данные цифры обосновывались следующим образом. Как уже отмечалось ранее, в то время полагали, что между концентрацией углекислого газа и содержанием загрязняющих веществ в воздухе существует прямая связь. Исследования показали, что при поддержании концентрации выделяемого при дыхании углекислого газа ниже 200 промилле содержание загрязняющих веществ будет сохраняться на приемлемом уровне. Из расчета выделения 0,6 кубических фута ( $0,017 \text{ м}^3/\text{ч}$ ) углекислого газа на человека легко определить необходимый объем свежего воздуха, требуемый для поддержания концентрации углекислого газа в пределах 200 промилле:

выдыхается  $\text{CO}_2$   $0,6 \text{ фут}^3/\text{ч}$  /  $A \text{ фут}^3/\text{ч}$  требуется свежего воздуха =  $200/10^6$ ;

$A = 0,6 \cdot 10^6 / 200 = 3000 \text{ фут}^3/\text{ч}$  свежего воздуха =  $= 85 \text{ м}^3/\text{ч}$ .



**В заключение отметим два обстоятельства:**

- По мнению многих специалистов концентрация углекислого газа – ненадежный показатель адекватности вентиляции, поскольку она не коррелирует с интенсивностью запахов тела [3].
- Дальнейшее развитие работ по качеству воздуха было осуществлено выдающимся профессором О. Фангером [6, 7].

*Более подробная информация о нормировании воздухообмена по содержанию  $\text{CO}_2$  в наружном и внутреннем воздухе изложена в статье Е. О. Шилькрота, Ю. Д. Губернского «Сколько человеку нужно воздуха для комфорта?» на с. 74 данного номера.*

### Литература

1. ГН 2.2.5.2100–06 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Дополнение № 2 к ГН 2.2.5.1313–03». – М., 2006.
2. Копьев С. Ф., Качанов Н. Ф. Основы теплогазоснабжения и вентиляции. – М.: Изд-во лит-ры по строительству, 1964.
3. Klauss A. K., Tull R. H., Roots L. M., Pfafflin J. R. Требования к вентиляции: история и развитие // АВОК. – 2012. – № 3.
4. Шилькрот Е. О., Губернский Ю. Д. Сколько воздуха нужно человеку для комфорта? // АВОК. – 2008. – № 4.
5. Макс фон Петтенкофер. URL: <https://ru.wikipedia.org>.
6. Fanger P. O. Качество внутреннего воздуха в зданиях, построенных в холодном климате и его влияние на здоровье, обучение и производительность труда людей // АВОК. – 2006. – № 2.
7. Fanger P. O. Качество внутреннего воздуха в XXI веке: влияние на комфорт, производительность и здоровье людей // АВОК. – 2003. – № 4.
8. Табунщиков Ю. А., Малявина Е. Г., Дионов С. Н. Механическая вентиляция – путь к комфорту и энергосбережению // Энергосбережение. – 2000. – № 3. ■