

## СОДЕРЖАНИЕ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА В ВОЗДУХЕ ПАЛАТ ОЖОГОВОГО ОТДЕЛЕНИЯ

УО «Белорусский государственный медицинский университет»

*По результатам 1162 исследований воздушной среды на содержание углекислого газа (CO<sub>2</sub>) в палатах ожогового отделения установлено, что его концентрация колеблется от 501 до 2200 см<sup>3</sup>/м<sup>3</sup> воздуха.*

*Выявлены статистически значимые различия в концентрации CO<sub>2</sub> в отдельные месяцы года: в период отопительного сезона содержание CO<sub>2</sub> больше, чем в летнее время. В палатах, оборудованных системой круглосуточно действующей приточно-вытяжной вентиляцией с механическим побуждением, отмечаются более низкие уровни CO<sub>2</sub>, чем в помещениях, воздухообмен в которых производится естественным побуждением.*

**Ключевые слова:** *углекислый газ, ожоговое отделение, воздушная среда.*

**E. E. Levsha**

### CONCENTRATION OF CARBON DIOXIDE IN THE AIR OF CHAMBERS OF THE BURN UNIT

*According to the results of 1162 researches of concentration of carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) in air environment in the chambers of the burn unit found that the concentration ranges from 501 to 2200 cm<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> of air. There were statistically significant differences in the concentration of CO<sub>2</sub> in the individual months of the year: during the heating season, the CO<sub>2</sub> content higher than in the summer. In chambers, equipped with a system with forced ventilation with mechanical drive, have lower levels of CO<sub>2</sub>, than in areas where ventilation is produced natural impulse.*

**Key words:** *carbon dioxide, burn unit, the air environment.*

Одной из составляющих успешного лечения пострадавших от ожогов является создание в палатах специализированных отделений надлежащих условий микроклимата воздушной среды. Существенная роль в обеспечении комфортных условий пребывания пациентов отводится концентрации в воздухе диоксида углерода (углекислый газ, CO<sub>2</sub>), уровень содержания которого является одним из важнейших гигиенических показателей качества воздушной среды для закрытых помещений с пребыванием в них людей. Основным источником CO<sub>2</sub> в помещении является накопление газа вследствие экспирации его организмом в процессе дыхания. Несмотря на то, что диоксид углерода относится к 4-му классу опасности, даже в невысоких концентрациях он негативно влияет на клеточные мембраны, увеличивает концентрацию в крови ионов бикарбоната, способствует снижению pH крови и приводит к развитию ацидоза. Считается, что по своему воздействию угле-

кислый газ также токсичен для человека, как двуокись азота.

В составе чистого атмосферного воздуха CO<sub>2</sub> содержится в количестве до 400 см<sup>3</sup> в 1 м<sup>3</sup> воздуха. Увеличение притока атмосферного воздуха в помещение приводит к снижению накопившейся концентрации CO<sub>2</sub>, что одновременно ведет к снижению концентрации и других загрязняющих газообразных веществ (сероводород, аммиак и т. д.) [1]. Особенно актуальна проблема обеспечения комфортных условий по газовому составу воздушной среды в палатах ожоговых отделений, в которых пациенты находятся продолжительное время, а в условиях реанимационного отделения они ограничены к самостоятельному передвижению или полностью его лишены.

**Цель исследования** состояла в сравнительной оценке содержания CO<sub>2</sub> в воздухе функционирующих реанимационных и послеоперационных палат ожогового отделения.

## Оригинальные научные публикации

### Материал и методы

В период с июля 2013 г. по май 2014 г. проведено 1162 исследований воздушной среды на содержание CO<sub>2</sub> в палатах ожогового отделения Минской городской клинической больницы скорой медицинской помощи. В отделении интенсивной терапии и реанимации (ОИТР) проведено 330 исследований, в послеоперационных палатах – 832. Количество исследований в отдельные месяцы колебалось от 16 до 72 в палатах ОИТР и от 40 до 129 – в послеоперационных палатах. Определение концентрации CO<sub>2</sub> проводилось в присутствии пациентов с помощью комбинированного прибора Wall-Mount CO<sub>2</sub> monitor (международный сертификат тестирования от 15.05.2008 г. и сертификат калибровки Белорусского государственного института метрологии ВУ 01 № 300-50 от 30.10.2013 г.) в соответствии с прилагаемой инструкцией производителя. Уровень содержания CO<sub>2</sub> определяли в величинах ppm (parts per million), т. е. количества частиц CO<sub>2</sub> на один миллион частиц воздуха (1000 ppm = 0,1% CO<sub>2</sub>) и выраженные в содержании CO<sub>2</sub> в см<sup>3</sup> в 1 м<sup>3</sup> воздуха.

Для статистической оценки полученных показателей рассчитывалась средняя арифметическая ( $\bar{x}$ ) со статистической ошибкой ( $S_x$ ) и доверительными интервалами (ДИ) 95% при уровне значимости  $P < 0,05$ . Значимость различий между средними величинами оценивали по значениям  $t$ -критерия Стьюдента в сравнении с критическими уровнями для конкретного объема выборочных совокупностей.

### Результаты и обсуждение

Концентрация CO<sub>2</sub> в воздухе палат колебалась от 501–600 см<sup>3</sup>/м<sup>3</sup> до 2200 см<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>. При этом, содержание CO<sub>2</sub> в концентрации от 501 до максимально допустимого гигиенического уровня 1000 см<sup>3</sup>/м<sup>3</sup> в палатах ОИТР отмечено в 97,2 ± 0,9% случаев (321 из 330), в то время как в послеоперационных палатах в 1,7 раза реже 55,3 ± 1,7% или в 460 случаев из 832; ( $P < 0,001$ ). Особенно существенны различия при невысоких концентрациях (501–600 и 601–700 см<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>), когда уровень CO<sub>2</sub> в палатах ОИТР был статистически значимо меньше в 6,8–15,4 раза по сравнению с послеоперационными палатами. Это свидетельствует о более комфортном газовом составе воздуха в палатах реанимации, тем более, что содержание в воздухе CO<sub>2</sub> в концентрации от 1300 до 2200 см<sup>3</sup>/м<sup>3</sup> вообще не обнаруживалось (таблица 1).

Поддержание концентрации CO<sub>2</sub> на более низком уровне при постоянном нахождении в палатах ОИТР пациентов с ожогами объясняется круглосуточным функционированием в данных помещениях принудительной механической вентиляции с преобладанием вытяжки над притоком. Что касается послеоперационных палат, то в них воздухообмен осуществлялся приточно-вытяжной вентиляцией с естественным побуждением.

В целом, средняя концентрация CO<sub>2</sub> в воздухе послеоперационных палат составила 1069 ± 55 см<sup>3</sup>/м<sup>3</sup> и была статистически значимо большей в 1,6 раза, чем в пала-

Таблица 1. Доля (абс. и %) отдельных концентраций CO<sub>2</sub> в ОИТР и послеоперационных палатах

Концентрация CO <sub>2</sub> в см <sup>3</sup> /м <sup>3</sup> воздуха	Палаты ОИТР n = 330	Послеоперационные палаты n = 832	P
501–600	61 18,5±2,1	10 1,2±0,4	<0,001
601–700	169 51,2±2,8	62 7,5±0,9	<0,001
701–800	57 17,3±2,0	152 18,3±1,3	>0,05
801–900	24 7,3±1,4	102 12,3±1,1	<0,01
901–1000	10 3,0±0,9	134 16,1±1,3	<0,001
1001–1100	6 1,8±0,7	79 9,5±1,0	<0,001
1101–1200	2 0,6±0,4	88 10,5±1,1	Не подлежит сравнению
1201–1300	1 0,3±0,3	81 9,7±1,0	Не подлежит сравнению
1301–1400	–	40 4,8±0,7	–
1401–1500	–	28 3,4±0,6	–
1501–1600	–	15 1,8±0,5	–
1601–1700	–	21 2,5±0,5	–
1701–1800	–	7 0,8±0,3	–
1801–1900	–	6 0,7±0,3	–
1901–2200	–	7 0,8±0,3	–

Таблица 2. Содержание CO<sub>2</sub> в воздухе палат ожогового отделения в отдельные месяцы года

Месяц	Количество исследований		Содержание CO <sub>2</sub> в см <sup>3</sup> /м <sup>3</sup> воздуха (x±S <sub>x</sub> )		P
	Палаты ОИТР	Послеоперационные палаты	Палаты ОИТР	Послеоперационные палаты	
Июль	44	129	640 ± 17 (606–674)	804 ± 18 (768–840)	<0,001
Август	72	168	664 ± 11 (642–686)	813 ± 12 (789–837)	<0,001
Сентябрь	31	84	790 ± 20 (750–830)	944 ± 19 (902–982)	<0,001
Октябрь	27	84	657 ± 14 (629–685)	1177 ± 19 (1139–1215)	<0,001
Ноябрь	20	55	659 ± 8 (643–675)	1392 ± 44 (1304–1480)	<0,001
Декабрь	21	77	835 ± 42 (751–919)	1198 ± 30 (1138–1258)	<0,001
Февраль	28	66	688 ± 6 (676–700)	1130 ± 32 (1066–1194)	<0,001
Март	27	88	684 ± 20 (644–724)	1118 ± 24 (1070–1166)	<0,001
Апрель	32	70	637 ± 27 (583–691)	944 ± 23 (898–990)	<0,001
Май	16	40	594 ± 10 (574–614)	1169 ± 10 (1063–1259)	<0,001

Примечание: в скобках приведены доверительные интервала при уровне значимости P < 0,05.

тах ОИТР ( $685 \pm 22 \text{ см}^3/\text{м}^3$ )  $P \leq 0,001$ . При этом различия в концентрации данного газа отмечались во всех проанализированных месяцах года (таблица 2).

При сравнительной оценке показателей содержания углекислого газа в палатах ОИТР и в палатах послеоперационного отделения установлено, что на протяжении всего периода наблюдения газовый состав воздуха в отделении реанимации соответствовал гигиеническим требованиям, поскольку концентрация диоксида углерода лишь в единичных случаях (9 из 330 или  $2,8 \pm 0,9\%$ ) превышала допустимый уровень ( $1000 \text{ см}^3/\text{м}^3$ ) для закрытых помещений в присутствии людей. В сентябре средняя концентрация содержания диоксида углерода увеличилась до  $790 \pm 20 \text{ см}^3$  в  $1 \text{ м}^3$  воздуха (ДИ 750–830  $\text{см}^3$  в  $1 \text{ м}^3$ ), а в декабре – до  $835 \pm 42 \text{ см}^3$  в  $1 \text{ м}^3$  воздуха (ДИ 751–919  $\text{см}^3$  в  $1 \text{ м}^3$ ), что было статистически значимо больше ( $P < 0,001$ ), чем в остальные месяцы, хотя и не превышало гигиенически допустимого уровня ( $1000 \text{ см}^3/\text{м}^3$ ). В то же время, в послеоперационных палатах с марта по май концентрация углекислого газа колебалась от  $1118 \pm 24 \text{ см}^3/\text{м}^3$  до  $1392 \pm 44 \text{ см}^3/\text{м}^3$ . Более высокое содержание CO<sub>2</sub> в палатах послеоперационного отделения в течение всего времени наблюдения объясняется тем, что в указанных палатах функционирует приточно-вытяжная вентиляция не с механическим, а с естественным побуждением. В результате, из проведенных 318 исследований воздушной среды в ОИТР превышение содержания диоксида углерода выше гигиенически допустимого уровня (более  $1000 \text{ см}^3/\text{м}^3$  воздуха) отмечено в 8 случаях ( $2,5 \pm 0,9\%$ ), в то время как в пос-

леоперационных палатах в 529 исследованиях из 861 ( $61,4 \pm 1,7\%$ ), т. е. статистически значимо чаще в 24,5 раза.

Следует отметить, что в послеоперационных палатах даже в теплое время года (сентябрь, апрель, июль, август), когда дополнительный приток воздуха обеспечивался через открытые окна, а также через фрамуги, средний уровень содержания CO<sub>2</sub> оказался статистически значимо более высоким ( $876 \pm 34 \text{ см}^3/\text{м}^3$ ), чем в это же время в палатах ОИТР ( $683 \pm 32 \text{ см}^3/\text{м}^3$ ),  $P \leq 0,001$ .

### Выводы

1. Концентрация CO<sub>2</sub> в воздухе палат ожогового отделения колеблется от  $501 \text{ см}^3/\text{м}^3$  до  $2200 \text{ см}^3/\text{м}^3$ , при этом в палатах ОИТР оборудованных системой круглосуточно действующей приточно-вытяжной вентиляцией с механическим побуждением с преобладанием оттока воздуха над притоком, созданы и поддерживаются более комфортные для пациентов условия по содержанию CO<sub>2</sub>.

2. Среднее содержание CO<sub>2</sub> в воздухе палат существенно изменяется в отдельные месяцы года.

3. Концентрация CO<sub>2</sub> увеличивается в период отопительного сезона, особенно в палатах с естественным воздухообменом.

### Литература

1. Борисоглебская, А. П. Вентиляция и кондиционирование воздуха лечебно-профилактических учреждений // Вентиляция, отопление, кондиционирование (АВОК). – 2008. – № 10.

Поступила 27.10.2014 г.