© Давлетова Н.Х., Тафеева Е.А., 2021 УДК 613.15

# Анализ изменения концентрации диоксида углерода в воздухе учебных помещений спортивного вуза

Н.Х. Давлетова<sup>1,2</sup>, Е.А. Тафеева<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Поволжская государственная академия физической культуры, спорта и туризма», Минспорта России, Деревня Универсиады, д. 35, г. Казань, 420010, Российская Федерация <sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный медицинский университет» Минздрава России, ул. Бутлерова, д. 49, г. Казань, 420012, Российская Федерация

Резюме: Введение. Качество воздушной среды помещений спортивного вуза определяет комфортность учебного и тренировочного процессов и может рассматриваться как фактор риска здоровью студентов. Цель – гигиеническая оценка изменения концентраций СО₂ в воздухе учебных помещений спортивного вуза в течение учебного дня. Материалы и методы. Были проведены замеры в 12 учебных, 6 лекционных аудиториях, 3 спортивных и тренажерном залах. Субъективная оценка качества воздуха в учебных помещениях анализировалась по результатам анкетирования 651 студента. Результаты. Разпичия в удельном весе проб, не соответствующих гитиеническим нормативам, между группами учебных помещений незначительны и составили от 32 ± 4,66 % до 41,33 ± 2,84 % в холодный период (ХП) и от 42,33 ± 2,85 % до 49,33 ± 4,08 % в теплый период (ТП). Среднее значение концентраций СО₂ в нестандартных пробах составило 1132,11 ± 93,21 ррт в ХП и 1124,98 ± 98,51 ррт в ТП. Выявлено, что концентрации СО₂ в воздухе в ХП к 15.40 превышали допустимое содержание в 100 % учебных аудиторий, в 50 % лекционных залов и тренажерном зале, а к концу учебного дня в 100 % обследованных значений уже к 13.00, а к 15.40 превышения наблюдались в 100 % обследованных помещениях; 25,25 ± 1,2 % опрошенных указали на наличие сильного запаха в спортивных и тренажерном залах. Выводы. В значительной части учебных помещений концентрации СО₂ не превышают допустимых значений в течение более 80 % времени учебного дня. Тем не менее, после четвертого учебного занятия данный показатель выходил за пределы нормативных значений к к концу учебного дня в 100 % обследованных помещений наблюдалось превышают допустимых значений наблюдалось превышение допустимого содержания СО₂.

**Ключевые слова:** диоксид углерода, воздух общественных зданий, учебные помещения, спортивные залы, студенты-спортсмены, анкетирование.

Для цитирования: Давлетова Н.Х., Тафеева Е.А. Анализ изменения концентрации диоксида углерода в воздухе учебных помещений спортивного вуза // Здоровье населения и среда обитания. 2021. № 2 (335). С. 22–27. DOI: https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-335-2-22-27

Информация об авторах:

☑ Давлетова Наиля Ханифовна – к.м.н., доцент кафедры медико-биологических дисциплин ФГБОУ ВО «Поволжская государственная академия физической культуры, спорта и туризма»; e-mail: davletova0681@mail. ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-2014-1746

Тафеева Елена Анатольевна – д.м.н., доцент кафедры гигиены, медицины труда ФГБОУ ВО «Казанский государственный медицинский университет» Минздрава России; e-mail: tafeeva@mail.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-4161-2463.

## Analysis of Changes in the Concentration of Carbon Dioxide in Indoor Air of a Sports University

N.Kh. Davletova, 1,2 E.A. Tafeeva<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Volga Region State Academy of Physical Culture, Sports and Tourism of the Russian Ministry of Sport, 35 Universiade Village, Kazan, 420010, Russian Federation

<sup>2</sup> Kazan State Medical University of the Russian Ministry of Health, 49 Butlerov Street, Kazan, 420012, Russian Federation

Summary. Introduction: Air quality of the premises of a sports university determines comfort and effectiveness of the educational and training processes and can be considered as a risk factor for students' health. The purpose of our study was to give a hygienic assessment of changes in the indoor  $CO_2$  concentration at a sports university during the school day. Materials and methods: Air quality measurements were taken in twelve classrooms, six lecture halls, three sports halls, and a gym. The subjective assessment of air quality in classrooms was analyzed using data of a questionnaire-based survey of 651 students. Results: We found that differences in the proportion of air samples with elevated  $CO_2$  concentrations between the rooms were insignificant and ranged from  $32 \pm 4.66$ % to  $41.33 \pm 2.84$ % in the cold season (CS) and from  $42.33 \pm 2.85$ % to  $49.33 \pm 4.08$ % in the warm season (WS). Average  $CO_2$  concentrations in non-standard samples were  $1,132.11 \pm 93.21$  ppm and  $1,124.98 \pm 98.51$  ppm in the cold and warm season, respectively. We established that in the cold season, indoor  $CO_2$  concentration exceeded the permissible limit in 100% of the classrooms, 50% of the lecture halls and the gym already by 3.40 p.m. (15.40); by the end of the school day, the excess was registered in 100% of the university rooms. In the warm season,  $CO_2$  concentrations were above the limit in the gym and in 33.3% of the lecture halls by 1 p.m. (13.00), and by 3.40 p.m. the excess was observed in 100% of the rooms examined. Subjective air quality assessments indicated that most students often complained about stuffiness in classrooms;  $25.25 \pm 1.2$ % of the respondents mentioned a strong odor in sports halls and the gym. Conclusion: In a significant part of sports university rooms,  $CO_2$  concentrations did not exceed permissible values for more than 80% of school hours. Yet, after the fourth double lesson, this air quality indicator went beyond the standard value, and by the end of the school day in

Keywords: carbon dioxide, indoor air quality, classrooms, gyms, student athletes, a questionnaire-based survey. For citation: Davletova NKh, Tafeeva EA. Analysis of changes in the concentration of carbon dioxide in indoor air of a sports university. *Zdorov'e Naseleniya i Średa Obitaniya*. 2021; (2(335)):22–27. (In Russian) DOI: https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-335-2-22-27

## Author information:

⊠ Nailya Kh. **Davletova**, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Department of Biomedical Sciences, Volga Region State Academy of Physical Culture, Sports and Tourism; e-mail: davletova0681@mail.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-2014-1746.

Elena A. Tafeeva, D.M.Sc., Associate Professor, Department of Occupational Health, Medicine, Kazan State Medical University of the Russian Ministry of Health; e-mail: tafeeva@mail.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-4161-2463.

Введение. Одним из актуальных вопросов, требующих научного анализа, является изучение условий обучения студенческой молодежи [1, 2]. Студенты большую часть времени проводят в стенах высшего учебного заведения, и параметры воздушной среды учебных помещений (учебных, лекционных аудиторий, лабораторий, спортивных тренажерных залов) определяют комфортность учебного и тренировочного процессов, оказывая непосредственное влияние на самочувствие и работоспособность учащихся, и могут рассматриваться как факторы риска здоровью [3-5]. При этом риски для здоровья от воздействия загрязненного воздуха в учебных аудиториях могут быть выше, чем те, которые связаны с загрязнением наружного воздуха [6, 7].

Хорошо известно, что косвенным показателем загрязнения воздушной среды помещений является содержание углекислого газа (СО<sub>2</sub>) [8-10]. На основе измерения концентрации диоксида углерода проводится оценка качества воздуха закрытых помещений и эффективность воздухообмена [11-14]. Особую актуальность проблема повышения концентрации СО<sub>2</sub> приобретает для спортивных и тренажерных залов из-за более интенсивного его поступления в окружающую среду с выдыхаемым воздухом во время выполнения физических нагрузок. В то же время тренировки в неблагоприятных условиях окружающей среды могут способствовать формированию отклонений в состоянии здоровья студентов-спортсменов [15, 16].

При увеличении содержания  $CO_2$  в воздухе помещений происходит рост числа жалоб на быстрое утомление: возникают сложности с концентрацией внимания, появляются чувство сонливости, головные боли [17]. Так, согласно данным исследований, при концентрации  $CO_2$  выше 600-800 ррт наблюдается снижение внимания на 30%; при концентрациях более 1500 ррт у 79% испытуемых отмечается чувство усталости; у 97%, страдающих мигренью, жалобы на головную боль появляются при уровне углекислого газа в воздухе 1000 ррт и выше [18]. Длительное нахождение в помещениях с повышенным содержанием  $CO_2$  в воздухе может рассматриваться как фактор риска развития синдрома хронической усталости, учащения случаев заболеваний верхних дыхательный путей [19, 20].

Необходимость детального изучения изменения концентраций  $\mathrm{CO}_2$  в учебных и лекционных аудиториях, спортивных и тренажерных залах высших учебных заведений для обеспечения в них надлежащего качества воздуха и создания комфортной, безопасной для здоровья студенческой молодежи среды определило актуальность настоящего исследования.

**Цель исследования** — гигиеническая оценка изменения концентраций  $CO_2$  в воздухе учебных помещений спортивного вуза в течение учебного дня.

**Материалы и методы**. Измерения концентраций диоксида углерода проводились в основных

помещениях учебно-лабораторного комплекса Поволжской государственной академии физической культуры, спорта и туризма в теплый и холодный периоды с 2018 по 2020 г. Были проведены замеры в 12 учебных аудиториях (площадь  $49,1 \pm 4,45 \text{ м}^2$ ), в 6 лекционных (поточных) аудиториях (площадь  $136,43 \pm 17,67 \text{ м}^2$ ), в спортивном зале общей площадью 1546 м<sup>2</sup> (площадь зала разделена двумя перегородками высотой 2 метра на 3 отдельных – борцовский, волейбольный, баскетбольный залы), в тренажерном зале площадью 228 м<sup>2</sup>. Таким образом, было проведено исследование всех лекционных аудиторий, тренажерного и спортивного залов, которые находятся в здании учебно-лабораторного корпуса. Выбор учебных аудиторий для обследования основывался на том, что это аудитории, в которых занимались исключительно студенты-спортсмены, задействованные в анкетировании; аудитории располагались на разных этажах здания Поволжской государственной академии физической культуры, спорта и туризма; загруженность аудитории в течение учебного дня составляла 5 учебных пар длительностью по 1,5 часа. Продолжительность использования каждого обследованного учебного помещения в течение дня согласно расписанию была одинаковой: с 8.30 до 17.10.

Замеры концентраций диоксида углерода проводились согласно ГОСТ Р ИСО  $16000\text{-}26\text{-}2015^{\text{-}}$ . Количество точек замера зависело от площади исследуемого помещения и составило от одной точки в помещениях до  $50\text{ м}^2$  до пяти точек в аудиториях площадью более  $50\text{ м}^2$ , спортивных и тренажерном залах. При расположении точек замера был использован метод конверта: 1 м от внутренних углов и в центре помещения на высоте 1,5 м от пола. Измерения проводили при помощи газоанализатора AZ-7755 Handheld  $CO_2$  Detector Carbon Dioxide Gas Detector with Temperature and Humidity (диапазон измерения от 0 до 2000 ppm, точность  $\pm 50$  ppm  $\pm 5$ %). Общее количество замеров -1100.

Для оценки изменения концентраций диоксида углерода в воздухе помещений в течение учебного дня были проведены замеры до первого занятия (8.30), на большой перемене (13.00) и после последнего занятия (17.10). Для оценки изменений концентраций СО<sub>2</sub> в течение учебного занятия были проведены измерения в начале (8.30, 15.40) и в конце практического (семинарского, лекционного) занятия или тренировки (10.00, 17.10). При проведении измерений не акцентировалось внимание на обязательности соблюдения требований к проветриванию помещений, преподаватели и студенты самостоятельно принимали решение о его необходимости. Поэтому режим проветривания учебных помещений был неодинаковым.

Оценку качества воздуха помещений по содержанию  $CO_2$  проводили согласно ГОСТ  $30494-2011^2$ , ГОСТ Р ЕН  $13779-2007^3$ .

Субъективная оценка качества воздуха в учебных помещениях анализировалась по

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> ГОСТ Р ИСО 16000-26—2015 Воздух замкнутых помещений. Часть 26. Отбор проб при определении содержания диоксида углерода (СО2). Доступно по: http://docs.cntd.ru/document/1200124959. Ссылка активна на 16 апреля 2020. 
<sup>2</sup> ГОСТ 30494—2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. Доступно по: http://docs.cntd.ru/document/gost-30494-2011. Ссылка активна на 16 апреля 2020.

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> ГОСТ Р ЕН 13779—2007 Вентиляция в нежилых зданиях. Технические требования к системам вентиляции и кондиционирования Доступно по: http://docs.cntd.ru/document/gost-r-en-13779-2007. Ссылка активна на 16 апреля 2020.

результатам анкетирования 651 студента 1-4 курсов бакалавриата и 1-2 курсов магистратуры Поволжской академии физической культуры, спорта и туризма. Средний возраст опрошенных респондентов составил  $20.5 \pm 1.9$  лет. Анкетирование проводилось через заполнение Google-формы<sup>4</sup>.

Статистический анализ полученных данных осуществлялся с помощью методов непараметрической статистики (средние значения, стандартное отклонение  $M\pm s$  и ошибка показателя  $P\pm p$ ) с использованием компьютерной программы Microsoft Excel и пакета анализа Statistica 8.0. Достоверность различий между группами оценивалась по непараметрическому критерию Краскела — Уолиса, Манна — Уитни для несвязанных выборок (критический уровень значимости p < 0,05).

**Результаты исследования.** Основным источником загрязнения углекислым газом воздуха внутри помещений является человек, который в течение часа выдыхает от 18 до 110 литров  $CO_2$  в зависимости от вида деятельности и уровня физической активности [19]. Согласно данным исследований и нормативных документов, критерием безопасного качества воздушной среды общественных зданий является концентрация  $CO_2$  не более 1000 ppm. Такая концентрация  $CO_2$  в воздухе помещений не оказывает негативного влияния на самочувствие и работоспособность человека [19, 20—23].

Согласно нормативным документам, качество воздуха делится на четыре класса: 1 класс (IDA 1) — высокое качество (концентрация  $CO_2$  — менее 400 ppm); 2 класс (IDA 2) — среднее качество (концентрация  $CO_2$  — 400—600 ppm); 3 класс (IDA 3) — допустимое/приемлемое качество (концентрация  $CO_2$  — 600—1000 ppm); 4 класс (IDA 4) — низкое качество (концентрация

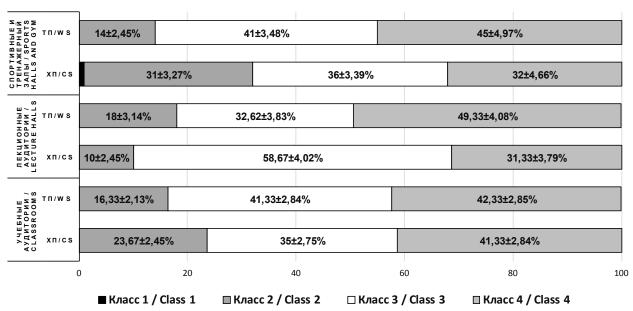
 $CO_2$  — более 1000 ppm). В ходе исследования был рассчитан удельный вес проб по классам качества воздуха в отдельных группах учебных помещений в теплый и холодный период года (рис. 1).

Сравнительная оценка качества воздуха в учебных и лекционных аудиториях, спортивных и тренажерном залах не выявила статистически значимых различий. Установлено, что большинство проб воздуха относится к третьему и четвертому классам качества. Наибольшее количество проб воздуха, относящихся ко второму классу, с концентрацией  $CO_2$  в пределах 400-600 ррт, наблюдалось в холодный период года в спортивных и тренажерном залах ( $31\pm3,27~\%$ ) и учебных аудиториях ( $23,67\pm2,45~\%$ ), наименьшее — в лекционных (поточных) аудиториях ( $10\pm2,45~\%$ ).

Четвертый класс качества воздуха оценивается как низкий и характеризуется превышением допустимого содержания  $CO_2$  (1000 ppm). Различия в удельном весе проб, не соответствующих гигиеническим нормативам, между группами учебных помещений незначительны и составляют от  $32 \pm 4,66 \%$  до  $41,33 \pm 2,84 \%$  в холодный период и от  $42,33 \pm 2,85 \%$  до  $49,33 \pm 4,08 \%$  в теплый период (табл. 1).

Установлено, что удельный вес проб с превышением допустимого содержания  $CO_2$  не имеет статистически значимых отличий в разное время года. Среднее значение концентраций  $CO_2$  в нестандартных пробах составило  $1132,11\pm93,21$  ppm в холодный период года и  $1124,98\pm98,51$  ppm — в теплый.

Анализ изменений концентрации  $CO_2$  в воздухе различных групп помещений в течение учебного дня показал, что с утра и до обеда концентрации  $CO_2$  в воздухе учебных помещений не превышают допустимых значений.



Сокращения: XП — холодный период, ТП — теплый период Abbreviations: CS, cold season; WS, warm season

**Рис. 1.** Удельный вес проб по классам качества воздуха в учебных помещениях в холодный и теплый периоды года, %  $(P\pm p)$ 

Fig. 1. Distribution of samples taken in university rooms by air quality classes during cold and warm seasons, % (P  $\pm$  p)

<sup>4</sup> https://docs.google.com/forms/d/1QiS4L8IyR60hSYwkp-QaNJuSDP1QtiDRlCeKBExtADY/viewform?edit requested=true

Однако в течение дня наблюдается увеличение концентрации  $CO_2$  в воздухе и превышение допустимых значений после обеда к 15.40 (табл. 2).

Установлено, что к концу учебного дня концентрации диоксида углерода превышали допустимые значения в учебных аудиториях в холодный период на  $24,6\pm2,49$  %, лекционных — на  $15,64\pm2,9$  %, в спортивных и тренажерных залах — на  $12,5\pm3,31$  % и в теплый период на  $25,5\pm2,52$  %,  $17,7\pm3,12$  %,  $17\pm3,76$  % соответственно. Концентрации  $CO_2$  в воздухе в холодный период года превышали допустимое содержание в 100 % учебных аудиторий, в 50 % лекционных залов и тренажерном зале к 15.40 и в 100 % обследованных аудиторий к концу учебного дня. В теплый период года в тренажерном зале и в 33,3 % лекционных аудиторий наблюдалось превышение допустимых значений уже к 13.00, а к 15.40 превышения наблюдались в 100 % обследованных помещений.

Вне зависимости от времени года наблюдалось увеличение концентрации  $CO_2$  в воздухе учебных помещений к концу учебного дня, что может свидетельствовать о недостаточной эффективности работы системы искусственной вентиляции и отсутствии/недостаточности систематического проветривания. Как правило, продолжительность проветривания часто ограничивается погодно-климатическими условиями и, в основном, равна величине перерыва между учебными занятиями — 10 минут [24].

Качество воздуха внутри учебных помещений в совокупности с другими специфическими особенностями учебного процесса в спортивном

вузе не может не отразиться на самочувствии студентов. Содержание в воздухе повышенных концентраций диоксида углерода субъективно может проявляться чувством дискомфорта у находящихся в помещении. Этот факт подтверждают и результаты ответов на вопрос: «Как часто вы замечаете чувство духоты в перечисленных учебных помещениях?» (рис. 2).

Так, большинство опрошенных студентов считают, что в учебных помещениях часто бывает душно. При этом  $13,66\pm0,94~\%$  респондентов всегда недовольны качеством воздуха в спортивных и тренажерном залах,  $5,28\pm0,87~\%-$  в лекционных аудиториях и  $4,98\pm0,48~\%-$  в учебных аудиториях. В то же время  $11,92\pm1,26~\%$  опрошенных ответили, что никогда не замечали чувства духоты в учебных аудиториях,  $11,61\pm1,24~\%-$  в лекционных залах,  $11,32\pm0,87~\%-$  в спортивных и тренажерном зале.

Из числа опрошенных студентов  $25,25\pm1,2~\%$  указали на наличие сильного запаха и только  $16,3\pm1,02~\%$  на его отсутствие в спортивных и тренажерном залах, а  $41,09\pm1,35~\%$  характеризовали запах как отчетливый.

В учебных и лекционных аудиториях большинство студентов отнесли интенсивность запаха воздуха к отчетливому (47,88  $\pm$  1,94 % и 47,73  $\pm$  1,94 % соответственно), 25,61  $\pm$  1,7 % и 25  $\pm$  1,69 % отметили, что не чувствуют постороннего запаха, а 22,42  $\pm$  1,62 % и 23,33  $\pm$  1,65 % указали, что запах в учебных и лекционных аудиториях едва заметный.

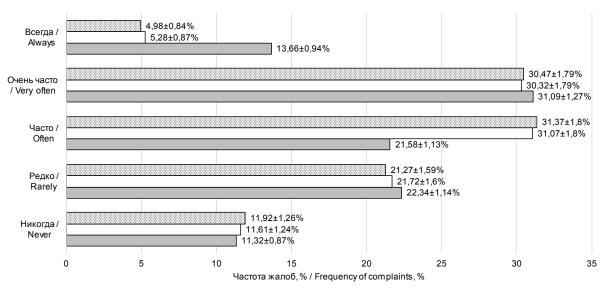
Заключение. Полученные нами данные сопоставимы с результатами исследований других

Таблица 1. Характеристика проб с превышением допустимого содержания CO<sub>2</sub> в учебных помещениях спортивного вуза Table 1. Characteristics of indoor air samples with CO<sub>2</sub> concentrations exceeding the permissible limit

Наименование учебного помещения / Room type	Удельный вес проб с превышением допустимого содержания $CO_2$ , % $(P \pm p)$ / Proportion of samples with $CO_2$ levels above the permissible limit, % $(P \pm p)$	Среднее значение концентрации диоксида углерода в пробах с превышением допустимого содержания $CO_2$ , ppm $(M \pm s)$ / Average concentration of carbon dioxide in samples exceeding the permissible limit, ppm $(M \pm s)$					
Холодный период / Cold season							
Учебные аудитории / Classrooms	$41,33 \pm 2,84$	$1147,74 \pm 99,49$					
Лекционные аудитории / Lecture halls	$31,33 \pm 3,79$	$1108,97 \pm 70,44$					
Спортивные и тренажерный залы / Sports halls and gym	32 ± 4,66	$1105,53 \pm 86,36$					
Tenлый nepuod / Warm season							
Учебные аудитории / Classrooms	$42,33 \pm 2,85$	$1146,8 \pm 107,19$					
Лекционные аудитории / Lecture halls	$49,33 \pm 4,08$	$1097,39 \pm 78,97$					
Спортивные и тренажерный залы / Sports halls and gym	45 ± 4,97	$1108,78 \pm 88,67$					

Таблица 2. Изменение концентрации диоксида углерода в учебных помещениях Table 2. Changes in indoor concentrations of carbon dioxide in university rooms

	Концентрация диоксида углерода, ppm ( $M \pm s$ ) / Carbon dioxide concentration, ppm ( $M \pm s$ )						
Время / Тіте	Холодный период / Cold season		Теплый период / Warm season				
	Учебные аудитории / Classrooms $(n = 300)$	Лекционные аудитории / Lecture halls ( <i>n</i> = 150)	Спортивные и тренажерный залы / Sports halls and gym (n = 100)	Учебные аудитории / Classrooms $(n = 300)$	Лекционные аудитории / Lecture halls ( <i>n</i> = 150)	Спортивные и тренажерный залы / Sports halls and gym (n = 100)	
8.30	$544,12 \pm 86,56$	$621,73 \pm 95,64$	$451,3 \pm 82,57$	$573,5 \pm 70,93$	$562,89 \pm 52,15$	$601,9 \pm 52,34$	
10.00	$674,62 \pm 82,76$	$717,2 \pm 119,88$	$549,55 \pm 95,26$	$690,23 \pm 61,64$	$713,16 \pm 105,62$	$647,05 \pm 66,7$	
13.00	$806,68 \pm 107,12$	$788,93 \pm 79,06$	$739,25 \pm 120,9$	$825,5 \pm 102,77$	$976,1 \pm 38,15$	$839,55 \pm 99,58$	
15.40	$1059,12 \pm 26,58$	$993,43 \pm 42,51$	$1033,25 \pm 83,1$	$1055,15 \pm 32,72$	$1059,2 \pm 24,35$	$1073,45 \pm 69,37$	
17.10	$1246,02 \pm 26,43$	$1156,4 \pm 33,1$	$1125,3 \pm 81,91$	$1255,03 \pm 24,84$	$1177,57 \pm 54,81$	$1170 \pm 72,87$	



■ Учебные аудитории / Classrooms

□Спортивные и тренажерный залы / Sports halls and gym

□Лекционные аудитории / Lecture halls

**Рис. 2.** Частота жалоб студентов на качество воздуха в учебных помещениях **Fig. 2.** Frequency of student complaints about indoor air quality

авторов [19, 25-27]. Анализ полученных в ходе исследования результатов показал, что в значительной части учебных помещений спортивного вуза концентрации СО2 не превышают допустимых значений в течение более 80 % времени учебного дня. Тем не менее, после четвертого учебного занятия данный показатель выходил за пределы нормативных значений и к концу учебного дня в 100 % обследованных помещений наблюдалось превышение допустимого содержания СО2. Полученный результат может быть объяснен недостаточностью естественной вентиляции и низкой эффективностью работы системы искусственной вентиляции, особенностями учебного процесса в высшей школе в части продолжительности учебного занятия, которая составляет 1,5 часа, и интенсивностью выполнения физической нагрузки (спортивные и тренажерные залы) [28-30].

На качество воздуха учебных помещений жалуются и сами студенты. Большинство опрошенных студентов отмечают наличие посторонних запахов и «чувство духоты» к концу учебного дня. Появление подобных жалоб может также свидетельствовать об увеличении концентраций антропотоксинов в воздухе учебных помещений.

Для обеспечения оптимального качества воздуха внутри помещений и создания комфортных условий для учебной и тренировочной деятельности необходимо регулирование работы систем искусственной вентиляции на основе систематического сбора и обработки информации об изменении концентраций СО<sub>2</sub>, составление графика проветриваний, включая сквозные проветривания в течение учебного или тренировочного занятия. Полученные результаты свидетельствуют о необходимости дальнейшего изучения условий обучения в спортивном вузе и разработки комплексной программы по созданию комфортной и безопасной среды для здоровья студентов-спортсменов.

**Информация о вкладе авторов:** разработка дизайна исследования, сбор и обработка материала, написание статьи — Давлетова Н.Х.; разработка дизайна

исследования, обработка и структурирование материала, написание и редактирование статьи — Тафеева Е.А.

**Финансирование:** исследование не имело спонсорской поддержки.

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### Список литературы (пп. 6–8, 10–13, 15, 16, 18, 20, 22, 23, 25, 26, 30 см. References)

- 1. Толмачёв Д.А., Мухаметзянов Р.Р., Минниярова А.И. Влияние учебного процесса на состояние здоровья студентов I—III курсов медицинского вуза // Modern Science. 2019. № 11-4. С. 178—180.
- Горбаткова Е.Ю. Гигиеническая оценка условий обучения (на примере высших учебных заведений Уфы) // Гигиена и санитария. 2020. Т. 99. № 4. С. 405—411.
- Глазков О.В., Пензева С.О. Оценка влияния параметров микроклимата в помещении на здоровье человека // Информационные технологии, энергетика и экономика. Сборник трудов XVI Международной научно-технической конференции студентов и аспирантов в 3 т. Смоленск: Издательство: Универсум, 2019. Т. 3. С. 222—226.
   Бекказинова Д.Б., Сыздыков Д.М., Токкожина А.Р.
- Бекказинова Д.Б., Сыздыков Д.М., Токкожина А.Р. и др. Состояние микроклимата и освещения в учебных помещениях высших учебных заведений (на примере КазНМУ) // Вестник Казахского Национального медицинского университета. 2014. № 3-3 С 121-125
- № 3-3. С. 121—125.

  5. Гуляева С.С. Стратегические ориентиры здоровьесбережения нации // Наука и спорт: современные тенденции. 2018. Т. 18. № 1(18). С. 57—63.

  9. Агафонова В.В. Оценка качества воздуха в по-
- Агафонова В.В. Оценка качества воздуха в помещении офисного здания // Водоснабжение и санитарная техника. 2019. № 3. С. 61–64.
- Перцев А.Н., Каминская В.А., Лобанов Д.В. и др. Экспериментальное обоснование необходимости разработки вентиляционных систем в учебных аудиториях при реконструкции помещений // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. 2019. № 3(10). С. 58-67.
   Пронина Т.Н., Карпович Н.В., Полянская Ю.Н.
- 17. Пронина Т.Н., Карпович Н.В., Полянская Ю.Н. Уровень содержания углекислого газа в учебных помещениях и степень комфорта учащихся // Вопросы школьной и университетской медицины и здоровья. 2015. № 3. С. 32—35.
- 19. Губернский Ю.Д., Калинина Н.В., Гапонова Е.Б. и др. Обоснование допустимого уровня содержания

- диоксида углерода в воздухе помещений жилых и общественных зданий // Гигиена и санитария. 2014. Т. 93. № 6. С. 37-41.
- 21. Мансуров Р.Ш., Гурин М.А., Рубель Е.В. Влияние концентрации углекислого газа на организм человека // Universum: технические науки. 2017. № 8 (41). С. 20–23.
- 24. Семенова В.Н., Галузо Н.А., Крашенинина Г.И. и др. Гигиеническая оценка условий обучения в вузе //
- International scientific review. 2019. № 1(41). С. 36—38. 27. Камилова Р.Т., Мавлянова З.Ф., Абдусаматова Б.Э. Сравнительная санитарно-гигиеническая оценка условий обучения в разных типах образовательных учреждений // Медицина и экология. 2016. № 4 (81). С. 71–75.
- 28. Полиевский С.А., Глиненко В.М., Бобкова Т.Е. и др. Реализация оздоровительного потенциала производственного контроля в учреждениях спортивно-физкультурного и рекреационного назначения на современном этапе // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2019. № 1. С. 145–151.
- 29. Рымаров А.Г. Мониторинг параметров микроклимата и концентраций вредных примесей в помещениях здания // Приволжский научный журнал. 2014. № 1 (29). С. 61–63.

#### References

- 1. Tolmachev DA, Muhametzyanov RR, Minniyarova AI. [The influence of the educational process on the health status of students of I-III courses of a medical university.] Modern Science. 2019; (11-4):178-180. (In Russian).
- 2. Gorbatkova EJ. Hygienic assessment of learning environment conditions (by the example of higher educational institutions of the city of UFA). Gigiena i Sanitariya. 2020; 99(4):405-411. (In Russian). DOI: https://doi.org/10.47470/0016-9900-2020-99-4-405-411
- Glazkov OV, Penzeva SO. [Assessment of the influence of indoor microclimate parameters on human health.] In: Information Technology, Energy and Economics:
  Proceedings of the 16th International Scientific and
  Technical Conference of Students and Postgraduates,
  Smolensk, 25-26 April 2019. Smolensk: Universum
  Publ., 2019. Vol. 3. Pp. 222-226. (In Russian).
  4. Bekkazinova DB, Syzdykov DM, Tokkozhina AR, et
- al. The state of microclimate and illumination in the classrooms of the Universities (on the basis of example of KazNMU). *Vestnik KazNMU*. 2014; (3-3):121-125. (In Russian).
- 5. Gulyaeva SS. Strategic guidelines for nation health maintenance. Nauka i Sport: Sovremennye Tendentsii. 2018; 18(1(18)):57-63.
- Elavsky S, Jandačková V, Knapová L, *et al.* Physical activity in an air-polluted environment: behavioral, psychological and neuroimaging protocol for a prospective cohort study (Healthy Aging in Industrial Environment study - Program 4). *BMC Public Health*. 2021; 21(1):126. DOI: https://doi.org/10.1186/s12889-021-10166-4
- 7. Erlandson G, Magzamen S, Carter E, et al. Characterization of indoor air quality on a college campus: a pilot study. Int J Environ Res Public Health. 2019;
- a pilot study. Int J Environ Res Public Health. 2019;
   16(15):2721. DOI: https://doi.org/10.3390/ijerph16152721
   Cincinelli A, Martellini T. Indoor air quality and health. Int J Environ Res Public Health. 2017; 14(11):1286. DOI: https://doi.org/10.3390/ijerph14111286
   Agafonova VV. Indoor air quality assessment in office huildings. Vodosyabzhopie i Sanitarnaya Tekhnika 2019;
- buildings. Vodosnabzhenie i Sanitarnaya Tekhnika. 2019;
- 10. Batterman S. Review and extension of CO2-based methods to determine ventilation rates with application to school classrooms. *Int J Environ Res Public Health*. 2017; 14(2):145. DOI: https://doi.org/10.3390/ijerph14020145 11. Cichowicz R, Sabiniak H, Wielgosińsk G. The influence of
- a ventilation on the level of carbon dioxide in a classroom at a Higher University. *Ecol Chem and Eng S.* 2015; 22(1):61-71. DOI: https://doi.org/10.1515/eces-2015-0003
- 12. Bonino S. Carbon dioxide detection and indoor air quality control. Occup Health Saf. 2016; 85(4):46-8.

- 13. Marques G, Ferreira CR, Pitarma R. Indoor air quality assessment using a CO<sub>2</sub> monitoring system based on Internet of Things. *J Med Syst.* 2019; 43(3):67. DOI:
- https://doi.org/10.1007/s10916-019-1184-x 14. Pertsev AN, Kaminskaya VA, Lobanov DV, *et al.* Experimental justification of the need for development of ventilation systems in educational auditories for reconstruction of premises. Zhilishchnoe Khozyaystvo i Kommunal'naya Infrastruktura. 2019; (3(10)):58-67. (In Russian).
- 15. Pasqua LA, Damasceno MV, Cruz R, et al. Exercising in air pollution: the cleanest versus dirtiest cities challenge. Int J Environ Res Public Health. 2018; 15(7):1502.
- DOI: https://doi.org/10.3390/ijerph15071502 16. An R, Zhang S, Ji M, *et al.* Impact of ambient air pollution on physical activity among adults: a asystematic review and meta-analysis. *Perspect Public Health*. 2018; 138(2):111-121. DOI: https://doi.org/10.1177/1757913917726567

  17. Pronina TN, Karpovich NV, Polyanskaya YN. Carbon
- dioxide level in school premises and comfort assessment of children. Voprosy Shkol'noy i Universitetskoy Meditsiny *i Zdorov'ya*. 2015; (3):32-35. (In Russian). 18. Robertson DS. Health effects of increase in concentration
- of carbon dioxide in the atmosphere. Curr Sci. 2006; 90(12):1607-1609.
- 19. Gubernskiy YuD, Kalinina NV, Gaponova EB, et al. Rationale for the permissible level of carbon dioxide in indoor air in residential and public buildings with the permanent human presence. Gigiena i Sanitariya. 2014; 93(6):37-41. (In Russian).
- 20. Pitarma R, Marques G, Ferreira BR. Monitoring indoor air quality for enhanced occupational health. *J Med Syst.* 2017; 41(2):23. DOI: https://doi.org/10.1007/s10916-016-0667-2
- 21. Mansurov RSh, Gurin MA, Rubel EV. The effect of carbon dioxide concentration on the human body. Universum: Tekhnicheskie Nauki. 2017; (8(41)):20-23. (In Russian).
- 22. Lee MC, Mui KW, Wong LT, et al. Student learning performance and indoor environmental quality (IEQ) in air-conditioned university teaching rooms. Build Environ. 2012; 49:238-244. DOI: https://doi.org/10.1016/j. buildenv.2011.10.001
- 23. Fan G, Xie J, Liu J. Indoor air quality in a naturally ventilated research student office in Chinese universities during heating period. Procedia Eng. 2017; 205:1272-
- 78. DOI: https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.10.377
  24. Semenova VN, Galuzo NA, Krasheninina GI, *et al.*Hygienic assessment of the conditions of study at the University. International Scientific Review. 2019; (1(41)):36-38. (In Russian).
- 25. Andrade A, Dominski FH. Indoor air quality of environments used for physical exercise and sports practice: Systematic review. J Environ Manage. 2018; 206:577-586.
- Systematic review. J Environ Manage. 2018; 200:377-386. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.11.001
  26. Gaihre S, Semple S, Miller J, et al. Classroom carbon dioxide concentration, school attendance, and educational attainment. J Sch Health. 2014; 84(9):569-574. DOI: https://doi.org/10.1111/josh.12183
  27. Kamilova RT, Mavlyanova ZF, Abdusamatova BE.
- Comparative sanitary and hygienic assessment of the environment of schooling in different types of educational institutions. Meditsina i Ekologiya. 2016; (4(81)):71-75. (In Russian).
- 28. Polievskiy SA, Glinenko VM, Bobkova TE, et al. The implementation of the wellness potential of production control in the institutions of sports and recreational purpose at the present stage. Vestnik Novykh Meditsinskikh Tekhnologiy. 2019; (1):145-151. (In Russian).
- 29. Rymarov AG. [Monitoring of microclimate parameters and concentrations of harmful impurities in the premises of the building.] *Privolzhskiy Nauchnyy Zhurnal.* 2014; (1(29)):61-63. (In Russian).
- 30. Kapalo P, Mečiarová L, Vilčeková S, et al. Investigation of CO<sub>2</sub> production depending on physical activity of students. *Int J Environ Health Res.* 2019; 29(1):31-44. DOI: https://doi.org/10.1080/09603123.2018.1506570

Статья получена: 24.09.20 Принята в печать: 03.02.21 Опубликована: 26.02.21

