

Роль комнатных растений в изменении качества воздушной среды в помещениях дошкольных образовательных организаций

Н.Ф. Чуенко¹, И.И. Новикова¹, М.А. Лобкис¹, С.П. Романенко¹, О.А. Савченко¹, В.А. Ширинский², Ж.В. Гудинова²

¹ Новосибирский научно-исследовательский институт гигиены, Новосибирск, Россия;

² Омский государственный медицинский университет, Омск, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. В современных условиях на здоровье детей большое значение оказывает качество воздушной среды. Период обучения в дошкольных образовательных организациях значительно влияет на здоровье детей, которое зависит от соответствия условий воспитания и обучения санитарно-эпидемиологическим нормам и установленным гигиеническим стандартам. Анализируя отечественные и зарубежные научные исследования, можно отметить, что низкое качество воздуха, микроклимата, комфорта в помещениях с присутствием диоксида углерода оказывает неблагоприятное воздействие на функциональное состояние детей. Это является одной из причин низкой трудоспособности и мозговой деятельности, а также приводит к снижению иммунитета, значительно повышая риски заболеваемости детей. Важно отметить, что уровень углекислого газа (CO₂) по-прежнему остается ненормируемым показателем и представляет собой фактор риска в учреждениях, где находятся дети как временно, так и постоянно.

Цель. Оценка использования комнатных растений для повышения качества воздуха в закрытых помещениях дошкольных образовательных организаций.

Материалы и методы. Мониторинг микроклиматических показателей и качества воздушной среды осуществлялся в двух игровых помещениях детского сада комбинированного вида «Радуга». В групповых ячейках разместили определённый вид комнатных растений, являющихся безопасными и безвредными для детей и обладающих доказанной антимикробной активностью с saniрующими и газопоглотительными свойствами. В группах наблюдения и контроля был установлен прибор EClerk-Eco-RHTC (Новосибирск, Россия), предназначенный для непрерывного измерения, контроля и регулирования важнейших для здоровья человека параметров воздушной среды (температуры, относительной влажности воздуха, концентрации в воздухе CO₂) и сигнализирующий о выходе любого показателя за установленные пределы.

Результаты. Исследование по оценке качества воздуха в детском организованном коллективе «Радуга» показало, что применение рекомендованных комнатных растений в помещениях с длительным пребыванием детей способствует статистически достоверному снижению содержания углекислого газа в воздухе помещения группы наблюдения по отношению к значениям в группе контроля в 1,3 (тест Краскела–Уоллиса, $p < 0,05$) и 1,2 (тест Краскела–Уоллиса, $p < 0,05$) раза соответственно при размещении растений с площадью листового аппарата 1,7 и 2,5 м² на площади помещения 48 м².

Заключение. Эффективность повышения качества воздуха в игровых помещениях дошкольных образовательных организаций зависит от площади листовой поверхности рекомендуемых растений и их рационального распределения с учётом эффективного радиуса воздействия. Использование комнатных растений с комплексом фитонцидных, газопоглотительных и транспирирующих свойств способствует улучшению качества воздуха и снижению уровня концентрации CO₂ в закрытых помещениях дошкольных образовательных организаций.

Ключевые слова: закрытые помещения; дошкольные образовательные организации; дети; углекислый газ; использование комнатных растений; повышение качества воздуха; оценка эффективности.

КАК ЦИТИРОВАТЬ:

Чуенко Н.Ф., Новикова И.И., Лобкис М.А., Романенко С.П., Савченко О.А., Ширинский В.А., Гудинова Ж.В. Роль комнатных растений в изменении качества воздушной среды в помещениях дошкольных образовательных организаций // Экология человека. 2025. Т. 32, № 2. С. XX–XX. DOI: 10.17816/humeco646321 EDN: PNUENT

Рукопись одобрена: 21.04.2025

Опубликована online: 15.06.2025

Статья доступна по лицензии CC BY-NC-ND 4.0 International License

© Эко-Вектор, 2025

The Role of Indoor Plants in Changing the Quality of the Air Environment in the Premises of Preschool Educational Institutions

Natalia F. Chuenko¹, Irina I.I. Novikova¹, Maria A. Lobkis¹, Sergey P. Romanenko¹, Oleg A. Savchenko¹, Vladimir A. Shirinskii², Zhanna V. Gudanova²

¹ Novosibirsk Scientific Research Institute of Hygiene, Novosibirsk, Russia;

² Omsk State Medical University, Omsk, Russia

ANNOTATION

BACKGROUND: In modern conditions, the quality of the air environment has a great impact on children's health. The period of preschool education significantly affects the health of children in preschool educational institutions, which in turn depends on the compliance of the conditions of upbringing and education with sanitary and epidemiological norms and established hygienic standards. Analyzing domestic and foreign scientific research, it can be noted that poor air quality, microclimate, and comfort in rooms with the presence of carbon dioxide can have an adverse effect on the functional state of children. This can be the reason for low working capacity and brain activity, and also leads to a decrease in immunity, while significantly increasing the risk of morbidity in children. It is important to note that the level of carbon dioxide (CO₂) is still an irregular indicator and represents a risk factor in institutions where children are both temporarily and permanently.

AIM: Assessment of the use of indoor plants to improve air quality in indoor pre-school educational institutions.

MATERIALS AND METHODS: Monitoring of microclimatic parameters and air quality was carried out in 2 playrooms of the kindergarten of the combined type "Rainbow". A certain type of indoor plants was placed in group cells, which was safe and harmless for children, and had proven antimicrobial activity with sanitizing and gas-absorbing properties. The EClerk-Eco-PHTC device is installed in the "observation" and "control" groups, designed for continuous measurement, monitoring and regulation of the most important parameters of the air environment for human health: temperature, relative humidity, concentration of carbon dioxide (CO₂) in the air, and signaling the release of an indicator beyond the set limits (manufactured in Novosibirsk, Russia).

RESULTS: A study on the assessment of air quality in the children's organized group "Raduga" showed that the use of recommended indoor plants for use in rooms with long-term children contributes to a statistically significant decrease in the carbon dioxide content in the air of the "observation" group relative to the values in the "control" group, respectively, by 1.3 (Kruskal-Wallis test, $p < 0.05$) and 1.2 (Kruskal-Wallis test, $p < 0.05$) times, when plants with a leaf area of 1.7 and 2.5 m² per room area of 48 m² are placed.

CONCLUSION: The effectiveness of improving air quality in preschool playrooms depends on the leaf surface area of the recommended plants and their rational distribution, taking into account the effective radius of exposure. The use of indoor plants with a complex of phytoncidal, gas-absorbing and transpiratory properties helps to improve air quality and reduce the level of CO₂ concentration in the air of enclosed pre-school buildings.

Keywords: indoor facilities; preschool educational institutions; children; carbon dioxide; indoor plant use; air quality improvement; efficiency assessment.

TO CITE THIS ARTICLE:

Chuenko NF, Novikova II, Lobkis MA, Romanenko SP, Savchenko OA, Shirinskii VA, Gudanova ZhV. The Role of Indoor Plants in Changing the Quality of the Air Environment in the Premises of Preschool Educational Institutions. *Ekologiya cheloveka* (Human Ecology). 2025;32(2):XX-XX. DOI: 10.17816/humeco646321 EDN: PNUENT

Received: 17.01.2025

Accepted: 21.04.2025

Published online: 15.06.2025

ОБОСНОВАНИЕ

Ключевым аспектом благополучия и процветания государства является укрепление здоровья детей дошкольного и школьного возраста. В настоящее время исследование состояния здоровья детского населения и факторов, влияющих на него, остаётся важной задачей, требующей особого внимания и контроля. В этом контексте особое значение имеют условия обучения и воспитания детей в дошкольных образовательных организациях (ДОО) [1].

Период дошкольного обучения оказывает значительное влияние на формирование психического и физического здоровья учащихся, которое зависит от соблюдения образовательных условий и гигиенических стандартов. Неблагоприятные факторы окружающей среды снижают иммунитет у ребёнка, что может привести к негативным последствиям как для психического, так и для физического здоровья. Поэтому контроль и оздоровление параметров воздушной среды, включая прежде всего физические и химические факторы, являются одной из ключевых задач для создания благоприятных условий в образовательных организациях. Особое внимание следует уделить качеству воздуха, которым дышат дети в течение дня: показатель концентрации диоксида углерода в диапазоне от 300 до 400 ppm считается эталонным воздухом для детей; от 400 до 600 ppm предлагается для детей школьного возраста; при 600 ppm и выше проявляются жалобы на плохое самочувствие, усталость, снижение работоспособности и концентрации внимания. В течение дня диоксида углерода, как правило, накапливается в помещении. По сведениям медицинских работников, у детей с высокой концентрацией диоксида углерода часто наблюдаются тяжёлое дыхание, одышка, сухой кашель и ринит. Рост концентрации диоксида углерода в помещении приводит к возникновению приступов астмы у детей-астматиков. Из-за повышения концентрации диоксида углерода в помещении увеличивается число пропусков посещения ДОО по болезни. Респираторные инфекции и астма являются основными заболеваниями в дошкольных учреждениях.

В состав воздуха входит смесь газов: азота, кислорода, аргона, углекислого газа, водяных паров и других компонентов. Кислород для человека является основой жизни и составляет 20,9% воздуха. При снижении уровня кислорода у человека проявляются признаки гипоксии (кислородного голодания), иногда это может привести к летальному исходу. Это происходит в плохо проветриваемых и вентилируемых закрытых помещениях.

Диоксид углерода, газ без цвета и запаха, аккумулируется в нижнем слое замкнутого пространства. Первоисточником диоксида углерода является человек [2]. Именно поэтому возникает вопрос о нормировании диоксида углерода в учебных организациях. Недостаточное проветривание и плохая система вентиляции не позволяют достигать оптимальных параметров микроклимата в течении дня. Например, для качественного проветривания помещений требуется более двух часов, в дошкольных организациях выполнять это не представляется возможным, тем более по СанПиНу проветривание помещения запрещено в присутствии детей. С появлением современных строительных и отделочных материалов снижается качество воздуха. Экологические деревянные окна заменили на герметичные, воздухонепроницаемые окна из пластика, поэтому в помещении образуется спёртый воздух. В связи с этим большую актуальность приобретает контроль за состоянием воздуха в закрытых помещениях [3]. В Германии и других странах Европейского союза до настоящего времени нет нормативно-правовых актов по регулированию параметров микроклимата. Согласно стандарту DIN 1946, часть 2, предположительным гигиеническим нормативом считается содержание диоксида углерода в помещении 1500 миллионных долей [3, 4]. В государствах Северной Европы нормы диоксида углерода составляют от 1000 до 1200 миллионных долей. Согласно директиве TRGS 900 об опасных веществах, допустимая концентрация диоксида углерода для рабочей зоны составляет 5000 миллионных долей. Избыток диоксида углерода в воздухе закрытых помещений мешает сосредоточиться и справиться с учебной нагрузкой. В одном из исследований показано, что большую часть времени дети проводят вне дома, а именно в учебном заведении, время учебного дня составляет до 9 ч, при этом показатель CO_2 в воздухе варьирует в диапазоне от 1300 до 2500 миллионных долей [3]. При таком состоянии воздушной среды снижаются сосредоточенность, усидчивость и восприятие школьного материала. В США образовательным организациям рекомендуется поддерживать параметр диоксида углерода на уровне не выше 600 миллионных долей. На территории Российской Федерации приемлемым показателем содержания диоксида углерода в воздухе закрытых помещений считается значение 800 миллионных долей [3, 5].

Следует подчеркнуть, что конструирование вентиляционной системы базируется на установленных нормах воздухообмена. В России минимальным воздухообменным показателем считается $30 \text{ м}^3/\text{ч}$ (в европейских государствах — $72 \text{ м}^3/\text{ч}$), он не зависит от параметров помещения, а только от вентилирования. В результате концентрация диоксида углерода в воздухе может достигать до 1000 миллионных долей, а во время физической нагрузки переходить за верхние границы нормы. Следовательно, норматив воздухообмена в $30 \text{ м}^3/\text{ч}$, принятый в России, не гарантирует благоприятного микроклимата в помещении [3, 6].

Вопрос об улучшении воздушной среды в закрытых помещениях общеобразовательных учреждений обусловлен ростом случаев астмы и респираторных заболеваний среди детей, которые проводят значительную часть своей жизни в школьных помещениях, а также результатами исследований, подтверждающих взаимосвязь параметров качества воздуха в помещениях общеобразовательных и дошкольных учреждений и наличия заболеваний, о чём свидетельствует ряд опубликованных работ зарубежных авторов. Взаимосвязь количественного содержания углекислого газа в воздухе образовательных учреждений с потенциальными последствиями для здоровья детей и подростков была обнаружена по результатам некоторых исследований [7–9].

Ранее связь частых респираторных заболеваний связывали только с количественным содержанием углекислого газа в воздухе помещений, что в дальнейшем привело к разработке нормативной базы для школьной среды, которая определяет максимальный уровень концентрации CO_2 и минимальные скорости воздушного потока. Например, по результатам исследования Simoni et al. [10] обнаружено, что у школьников, подвергшихся воздействию уровней CO_2 более 1000 частей на миллион, значительно выше риск сухого кашля (OR: 2,99; 95% CI: 1,65–5,44) и ринита (OR: 2,07; 95% CI: 1,14–3,73). Также есть данные, напрямую доказывающие, что одним из факторов развития ринита у школьников является наличие источников формальдегида [11].

Другие исследования были посвящены оценке качества воздуха в школьных помещениях.

При исследовании параметров воздуха в школах и детских садах наблюдали географические различия между севером и югом Европы с точки зрения воздействия стресса на здоровье в образовательных организациях внутри помещений. Например, уровни загрязнения в греческих образовательных организациях показывают среднее значение $5,33 \text{ мкг}/\text{м}^3$ ($3,1$ – $7,8 \text{ мкг}/\text{м}^3$) бензола и $16,55 \text{ мкг}/\text{м}^3$ ($13,8$ – $20,2 \text{ мкг}/\text{м}^3$) формальдегида. Те же химические соединения показывают средние значения в голландских образовательных организациях: $1,42 \text{ мкг}/\text{м}^3$ ($0,8$ – $3,0 \text{ мкг}/\text{м}^3$) бензола и $13,93 \text{ мкг}/\text{м}^3$ ($6,1$ – $22,4 \text{ мкг}/\text{м}^3$) формальдегида. Обнаружено, что уровень летучих органических соединений в помещении и уровень биоаэрозоля в школах и детских садах выше, чем в других рабочих помещениях. Внутренние концентрации атмосферных альдегидов (формальдегид, ацетальдегид, пропионовый альдегид и бензальдегид) имеют более высокие значения в помещениях по сравнению с их концентрациями в атмосферном воздухе. Предполагается, что внутренние источники являются более важными факторами, влияющими на уровень загрязнения помещений, чем наружные источники, такие как выхлопные газы автомобилей. Более высокие концентрации крупнозернистых частиц наблюдаются при более высоких температурах воздуха в помещении и концентрации CO_2 , при этом концентрации мелких частиц положительно коррелируют с относительной влажностью воздуха в помещении. В шумных местах, где расположены образовательные организации, как правило, закрывают окна, особенно во время занятий, что приводит к увеличению вероятности перегрева классных комнат в жаркую погоду и плохому качеству воздуха из-за отсутствия достаточной вентиляции.

В последние годы во многих странах в школах создаётся «зелёная архитектура» с целью гармонизации отношений человека и окружающей среды. Создание «зелёных школ» является чрезвычайно перспективным процессом, направленным не только на формирование дополнительных экологических городских пространств, но и на сохранение здоровья человека. Архитектурная среда и дизайн подобных школ оказывают положительное влияние на состояние здоровья учащихся, улучшают психофизический комфорт, способствуют развитию творческого и интеллектуального потенциала. Установлено, что озеленённая территория в жилой застройке положительно воздействует на душевное состояние человека, при этом снижает уровень раздражительности в кратчайшее время, с последующим снижением риска развития депрессивных симптомов в подростковом возрасте.

В последние десятилетия использованию комнатных растений в качестве средств очистки воздуха уделяется большое внимание. Испытания эффективности комнатных растений в качестве очистителя воздуха, впервые проведённые НАСА, показали, что растения обладают способностью снижать уровень загрязняющих веществ в помещении [12]. Кроме того, растёт количество исследований по комнатным растениям путём тестирования способности конкретных видов к очистке воздуха в помещении. Было проведено несколько исследований, связанных с использованием комнатных растений и их влиянием

на заболеваемость детей. Исследования показали значительное снижение содержания бензола в воздухе помещения, где использовались растения. Hong et al. [13] выявили способность растений рода фикус очищать воздух помещения путём снижения уровней таких летучих органических соединений, как бензол, этилбензол, ксилол, стирол, формальдегид, ацетальдегид и толуол. В исследовании уровни загрязняющих веществ оценивали до и после использования растений. В результате уровень летучих органических соединений в помещении значительно снизился.

Фиторемедиация (или биофильтрация) в качестве метода очистки атмосферного воздуха в последние десятилетия привлекает за рубежом большое внимание, вероятно, из-за её доступности и применимости, а также экологических, экономических и социальных выгод и способности достигать нулевого уровня выбросов [14]. Было доказано, что комфортный уровень проживания, продуктивность и умственное функционирование могут быть значительно улучшены, а также уменьшается восприятие боли, когда растения присутствуют в комнате или на рабочем месте [14]. При фиторемедиации растения с их родственными микроорганизмами способны извлекать загрязняющие вещества из атмосферного воздуха, а затем разлагать или детоксицировать их с помощью различных механизмов. Доказано, что это экологически чистый и устойчивый процесс на основе деятельности растений, позволяющий эффективно снижать загрязнение воздуха как в помещении, так и на открытом воздухе.

В Китае была исследована скорость поглощения формальдегида листьями и способность экстрактов листьев разрушать формальдегид. Результаты показали, что формальдегид может переноситься из воздуха через листья и корни в ризосферную воду. При воздействии 0,56 мг/м³ формальдегида скорость его удаления составляла от 18,64 до 38,47 мкг/ч. В соответствии с балансом масс в системе «воздух–растение–вода» основным механизмом потери формальдегида было его разрушение в тканях растений, вызванное как ферментативной, так и окислительно-восстановительной реакцией. Более высокие потенциалы окисления листьев-экстрактов *Wedelia chinensis* и *Desmodium motorium* соответствовали более высоким способностям к расщеплению добавленного формальдегида, чем у других растений. Окислительно-восстановительный механизм предполагает, что удаление формальдегида может быть увеличено за счёт повышения уровня активных форм кислорода, вызванных стрессом у растений из-за параметров окружающей среды [15].

По итогам литературного обзора подтверждено следующее: комнатные растения обладают фитонцидной активностью, оказывают влияние на здоровье человека, находящегося в помещении, способствуют снижению содержания углекислого газа в воздухе закрытых помещений, выделяя кислород в процессе фотосинтеза, предотвращают снижение регламентированных показателей относительной влажности воздуха при активном использовании нагревательных приборов в зимний период года. Учёт положительного влияния растений, обладающих благоприятными свойствами, на воздушную среду свидетельствует о необходимости размещать комнатные растения в образовательных учреждениях. Комнатные растения обеспечивают упорядоченные параметры микроклимата воздуха закрытых помещений.

Цель исследования. Оценка использования комнатных растений для повышения качества воздуха в закрытых помещениях ДОО.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проанализировав коллекцию ботанического сада, мы определили безопасные для здоровья детей виды растений, рекомендованные к применению в образовательных организациях. Одним из основных условий отбора являлось отсутствие ядовитых плодов, аллергизирующей активности и иголок.

В результате было установлено 10 видов растений, соответствующих данным условиям: *Chlorophytum comosum*, *Aspidistra elatior*, *Begonia ricinifolia*, *Hibiscus rosa-sinensis*, *Kalanchoe blossfeldiana*, *Coleus blumei*, *Murraya exotica*, *Nephrolepis exaltata*, *Sansevieria trifasciata*, *Cyperus alternifolius*. У данных растений была определена площадь листовой пластины и их биологические параметры (высота и ширина) [7–9].

В игровых помещениях площадью 48 м² разместили комнатные растения и установили устройство, которое позволяет измерить параметры микроклимата и концентрацию углекислого газа в режиме онлайн. Все значения фиксировали ежеминутно с передачей в электронную базу. Полученные значения усредняли. В ходе статистического анализа и обработки полученных результатов основывались на описательной статистике. Первоначально полученные показатели оценивали на нормальность распределения, используя критерии Шапиро–Уилка и Колмогорова–Смирнова. Дисперсионный анализ применяли для анализа средних величин, нескольких выборок. Критический уровень значимости нулевой статистической гипотезы (p) был установлен 0,001. Проверку равенства нескольких выборок проводили с помощью теста Краскела–Уоллиса (H-критерий).

РЕЗУЛЬТАТЫ

В данном исследовании впервые изучено влияние растений на концентрацию диоксида углерода в дошкольных организациях в зависимости от площади листовой пластины (рис. 1).

Установлено, что содержание углекислого газа в воздухе помещения группы наблюдения достоверно ниже по отношению к значениям в группе контроля: соответственно в 1,3 (тест Краскела–Уоллиса, $p < 0,05$) и 1,2 (тест Краскела–Уоллиса, $p < 0,05$) раза при размещении растений с площадью листового аппарата 1,7 и 2,5 м² на площади помещения 48 м² (рис. 2).

Во время игровых занятий качество воздуха в групповых ячейках значительно ухудшается, о чём свидетельствует уровень содержания CO₂, измеряемый в разное время суток (08:00, 11:00, 14:00 и 17:00 ч).

Повышенный уровень диоксида углерода наблюдался во всех исследуемых группах в течение рабочего дня. Тем не менее средние концентрации диоксида углерода (миллионная доля) в воздухе группы наблюдения были статистически значимо ниже по сравнению с группой, где растения отсутствовали, а в 11:00 и 17:00 ч различия имели статистически достоверный характер (тест Краскела–Уоллиса, $p < 0,05$).

Уровень диоксида углерода в группе с установленными комнатными растениями был в 1,3 раза ниже ($p < 0,001$) группы контроля, где растения отсутствовали, что согласуется с результатами соответствующих исследований [16, 17] и позволяет сделать вывод о необходимости контроля загрязнённости воздуха на предмет содержания диоксида углерода.

В качестве независимых переменных с учётом времени измерения, наличия растений, с поправкой на температуру и относительную влажность воздуха в помещении, дисперсионный анализ показал, что, несмотря на влияние этих факторов, содержание диоксида углерода уменьшается (по критерию Фишера, $p < 0,01$). Динамика снижения концентрации углекислого газа в игровом помещении с установленными растениями выражается следующей линейной регрессией: $y = 131,02x + 535,5$; $R^2 = 0,9697$; в группе, где отсутствуют растения: $y = 153,19x + 698,97$; $R^2 = 0,8288$.

Таким образом, размещение представленного перечня комнатных растений с ярко выраженными фитонцидными, транспирирующими и газопоглотительными свойствами способствовало стабильному снижению концентрации углекислого газа в игровых помещениях ДОО.

ОБСУЖДЕНИЕ

Влияние комнатных растений на внутреннюю среду активно исследуют с 1989 г. Была предложена идея использования растений для удаления летучих органических соединений из воздуха закрытых помещений [18].

Сейчас существует множество исследований, посвящённых удалению летучих веществ из воздуха закрытых помещений с помощью горшечных растений. Полученные данные являются первой всеобъемлющей демонстрацией способности системы горшечных растений выступать в качестве интегрированного биофильтра при удалении этих загрязнений. Например, ботанический фильтр с *E. aureum* применялся для удаления $12,3 \pm 0,24$ мг/м³ формальдегида. Результат показал, что этот биофильтр имел эффективность удаления формальдегида 32–33% даже при высокой влажности воздуха (90%). Torru et al. [19] показали 57% эффективность удаления метилэтилкетона с помощью вертикального ботанического биофильтра смешанного типа.

Наши исследования, проведённые непосредственно в игровых помещениях дошкольных учреждений, позволили выявить, какая оптимальная площадь листового аппарата комнатных растений потребуется для снижения содержания концентраций углекислого газа в игровых помещениях: на площадь помещения 48 м² — от 1,7 до 2,5 м².

Установлено, что концентрация CO₂ в воздухе снижается примерно на 35%; комнатные растения могут снизить концентрацию CO₂ в помещении и количественно определить количество углерода, поглощаемого комнатными растениями; CO₂ не токсичен, но может оказывать наркотическое действие при более высокой концентрации CO₂ [20]. Российские учёные обнаружили, что хлорофитумы обладают эффективностью поглощения, что согласуется с данными китайских исследователей о концентрации CO₂ от 635 до 650 ppm. Например, в помещении площадью 30 м² комнатное растение с площадью листа 3,1 м² снижало концентрацию CO₂ на 25,7–34,3% по сравнению с помещением, где отсутствовали растения. Результаты показали, что чем больше площадь листа, тем выше эффективность удаления CO₂, а качество воздуха в помещении будет продолжать улучшаться с помощью комнатных растений [20].

Исследования, проведенные отечественными учёными в 2021 г., показали, что к концу учебного дня в холодное время года в помещениях спортивного вуза уровень диоксида углерода превышал допустимые нормы в 100% случаев. Авторы связывают это с недостаточной эффективностью работы вентиляционных систем [3, 5, 8–10]. Для решения данной проблемы необходимо разработать и спроектировать системы климатизации в зданиях, которые обеспечат комфортные и безопасные условия для учащихся в учебных помещениях [21].

Работы отечественных архитекторов, а также исследования учёных-гигиенистов подчёркивают важность создания критериев для оценки качества воздушной среды в закрытых помещениях. Мониторинг уровня CO₂ в помещениях поможет снизить риски его негативного воздействия на здоровье [22].

По данным литературных источников известно, что растения *Chlorophytum comosum*, *Aspidistra elatior*, *Begonia ricinifolia*, *Hibiscus rosa-sinensis*, *Kalanchoe blossfeldiana*, *Coleus blumei*, *Murraya exotica*, *Nephrolepis exaltata*, *Sansevieria trifasciata*, *Cyperus alternifolius* обладают фитонцидными, транспирирующими и газопоглотительными свойствами, являются гипоаллергенными и нетоксичными для детей. Данный ассортимент растений не требует особого ухода.

В ходе нашего исследования установлено, что фитонцидные, газопоглотительные и транспирирующие свойства растений оказывают положительное влияние на оптимизацию психоэмоционального состояния людей. Они способствуют снижению уровня углекислого газа в воздухе закрытых помещений и помогают предотвратить снижение установленных норм относительной влажности воздуха при активном использовании обогревательных приборов в зимнее время года. Это может рассматриваться как одна из мер профилактики.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ литературных источников и результатов собственного исследования по оценке использования комнатных растений для повышения качества воздуха в закрытых помещениях ДОО показал, что использование рекомендованного ассортимента комнатных растений способствует обеспечению оптимальных параметров микроклимата и снижению содержания углекислого газа до допустимых параметров (800 ppm) в групповых помещениях. Кроме того, установлена оптимальная площадь листового аппарата, необходимая для обеспечения формируемых величин относительной влажности воздуха (2,5 м²) и снижения концентрации углекислого газа (1,7 м²) при площади помещения 48 м². Использование рекомендованного ассортимента комнатных растений будет способствовать повышению качества воздуха, а также служить мерой профилактики для снижения рисков заболеваемости детей в закрытых помещениях ДОО.

Таким образом, эффективность повышения качества воздуха в игровых помещениях ДОО зависит от площади листовой поверхности рекомендуемых растений и их рационального распределения с учётом эффективного радиуса воздействия. Использование комнатных растений с комплексом фитонцидных, газопоглотительных и транспирирующих свойств способствует улучшению качества воздуха и снижению уровня концентрации CO₂ в воздухе закрытых помещений ДОО.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. Н.Ф. Чуенко — обзор литературы, сбор и анализ литературных источников, экспериментальные процедуры, анализ данных, написание текста и редактирование статьи; Ж.В. Гудинова — анализ данных; И.И. Новикова, М.А. Лобкис, С. П. Романенко, О.А. Савченко, В.А. Ширинский — редактирование статьи. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведения исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

Этическая экспертиза. Проведение исследования одобрено локальным этическим комитетом ФБУН «Новосибирский НИИ гигиены» Роспотребнадзора (протокол № 2 от 29.04.2022).

Источники финансирования. Отсутствуют.

Раскрытие интересов. Авторы заявляют об отсутствии отношений, деятельности и интересов за последние три года, связанных с третьими лицами (коммерческими и некоммерческими), интересы которых могут быть затронуты содержанием статьи.

Оригинальность. При создании настоящей работы авторы не использовали ранее опубликованные сведения (текст, иллюстрации, данные).

Доступ к данным. Редакционная политика в отношении совместного использования данных к настоящей работе не применима, новые данные не собирали и не создавали.

Генеративный искусственный интеллект. При создании настоящей статьи технологии генеративного искусственного интеллекта не использовали.

Рассмотрение и рецензирование. Настоящая работа подана в журнал в инициативном порядке и рассмотрена по обычной процедуре. В рецензировании участвовали два внешних рецензента, член редакционной коллегии и научный редактор издания.

ADDITIONAL INFORMATION

Author contributions: N.F. Chuenko: literature review, collection and analysis of literary sources, experimental procedures, data analysis, writing and editing of the article; Zh.V. Gudanova: data analysis; I.I. Novikova, M.A. Lobkis, S. P. Romanenko, O.A. Savchenko, V.A. Shirinskii: editing of the article. All authors confirm that their authorship meets the ICMJE criteria (all authors made substantial contributions to the conceptualization, investigation, and manuscript preparation, and reviewed and approved the final version prior to publication).

Ethics approval: The study was approved by the local Ethics committee of the Novosibirsk Research Institute of Hygiene of Rospotrebnadzor (Protocol No. 2 dated 04.29.2022).

Funding sources: No funding.

Disclosure of interests: The authors have no relationships, activities, or interests for the last three years related to for-profit or not-for-profit third parties whose interests may be affected by the content of the article.

Statement of originality: No previously published material (text, images, or data) was used in this work.

Data availability statement: The editorial policy regarding data sharing does not apply to this work, as no new data was collected or created.

Generative AI: No generative artificial intelligence technologies were used to prepare this article.

Provenance and peer review: This paper was submitted unsolicited and reviewed following the standard procedure. The peer review process involved two external reviewers, a member of the editorial board, and the in-house scientific editor.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

1. Gritsina OP, Trankovskaya LV, Semaniv EV, Lisetskaya EA. Factors forming the health of modern children and adolescents. *Pacific Medical Journal*. 2020;(3):19–24. doi: 10.34215/1609-1175-2020-3-19-24 EDN: XHSVOV
2. Mikhaylichenko KYu, Nazarov VA, Kondrashova AS, Chizhov AYa. Parameters of the school environment as a factor that affects the health of pupils. *RUDN Journal of Medicine*. 2010;(4):342–347. EDN: MWEHGN
3. Lobkis MA, Sarychev VV, Sorokina AV, Nazimkin NI. Hygienic significance of microclimate parameters and carbon dioxide content in providing a health-saving learning environment. In: *All-Russian Scientific and Practical Conference «Current issues of hygiene and prevention»*. Novosibirsk; 2024. P. 68–76. EDN: MUBVCP
4. Kuzina AD. On the issue of normalization of microclimate parameters in clean rooms. In: *International Scientific and Practical Conference «Modeling and analysis of complex technical and technological systems»*. Samara; 2018. P. 74–78. (In Russ.) EDN: YQTNZL
5. Gubernskiy YuD, Kalinina NV, Gaponova EB, Banin IM. Rationale for the permissible level of carbon dioxide in indoor air in residential and public buildings with the permanent human presence. *Hygiene and Sanitation*. 2014;93(6):37–41. EDN: TFANVV
6. Mansurov RSh, Gurin MA, Rubel EV. The effect of carbon dioxide concentration on the human body. *Universum: Tekhnicheskie Nauki*. 2017;(8):20–23. EDN: ZEFMXZ
7. Chuenko NF, Novikova II. Method of normalising the chemical composition and relative humidity of indoor air using indoor plants. *Journal of New Medical Technologies, Edition*. 2024;18(5):77–83. doi: 10.24412/2075-4094-2024-5-2-3 DOI: 10.24412/2075-4094-2024-5-2-3
8. Chuenko NF, Novikova II, Lobkis MA, et al. Transpiring, phytoncidal and gas-absorbing properties of indoor plants and their role in improving the air quality in preschool environments. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2023;30(10):759–769. doi: 10.17816/humeco609574 EDN: LIVXQJ
9. Patent RUS № 2823058 / 17.07.24. Byul. №20. Novikova II, Chuenko NF, Lobkis MA, et al. *Method of improving air environment of closed rooms using transpiring and gas-absorbing properties of*

- indoor plants*. Available from: https://elibrary.ru/download/elibrary_68602146_35238015.PDF (In Russ.) EDN: ULKSLX
10. Simoni M, Annesi-Maesano I, Sigsgaard T, et al. School air quality related to dry cough, rhinitis and nasal patency in children. *Eur Respir J*. 2010;35(4):742–749. doi: 10.1183/09031936.00016309
 11. Molnar P, Bellander T, Sellsten G, Boman J. Indoor and outdoor concentrations of PM 2.5 trace elements at homes, preschools and schools in Stockholm, Sweden. *J Environ Monit*. 2007;9(4):348–357. doi: 10.1039/B616858B
 12. Wolverton BC, McDonald RC, Watkins EA. Foliage plants for removing indoor air pollutants from energy-efficient homes. *Econ Bot*. 1984;38:224–228. doi: 10.1007/BF02858837
 13. Hong SH, Hong J, Yu J, Lim Y. Study of the removal difference in indoor particulate matter and volatile organic compounds through the application of plants. *Environ Health Toxicol*. 2017;32:e2017006. doi: 10.5620/eht. e2017006
 14. Agarwal P, Sarkar M, Chakraborty B, Banerjee T. Phytoremediation of air pollutants: prospects and challenges. In *Phytomanagement of polluted sites*. Elsevier; 2019. P. 221–241. doi: 10.1016/B978-0-12-813912-7.00007-7
 15. Su Y, Liang H, Zhao S, et al. Removal efficiency and mechanisms of formaldehyde by five species of plants in air-plant-water system. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*. 2019;25(4):1059–1071. doi: 10.1080/10807039.2018.1474432
 16. Han KT, Ruan LW, Liao LS. Effects of indoor plants on human functions: a systematic review with meta-analyses. *Int J Environ Res Public Health*. 2022;19(12):7454. doi: 10.3390/ijerph19127454
 17. Kim HH, Yeo IY, Lee JY. Higher attention capacity after improving indoor air quality by indoor plant placement in elementary school classrooms. *The Horticulture Journal*. 2020;89(3):319–327. doi: 10.2503/hortj.UTD-110
 18. Wolverton BC, Douglas WL, Bounds K. *A study of interior landscape plants for indoor air pollution abatement*. NASA Technical documents; 1989. 300 p.
 19. Torpy F, Clements N, Pollinger M, et al. Testing the single-pass VOC removal efficiency of an active green wall using methyl ethyl ketone (MEK). *Air Qual Atmos Health*. 2018;11(2):163–170. doi: 10.1007/s11869-017-0518-4
 20. Aydogan A, Cerone R. Review of the effects of plants on indoor environments. *Indoor and Built Environment*. 2021;30(4):442–460. doi: 10.1177/1420326X19900213
 21. Agafonova VV. Indoor air quality assessment in office buildings. *Water Supply and Sanitary Technique*. 2019;(3):61–64. EDN: YYORVB
 22. Volkova NG, Ceshkovskaja EN. On the need to develop criteria for assessing the quality of the indoor environment, air quality, relative humidity and acoustic effects. In: *Fundamental, exploratory and applied research of the Russian academy of architecture and building sciences on scientific support for the development of architecture, urban planning and the construction industry of the Russian Federation in 2019*. Moscow, 2020. P. 143–151. EDN: IPRKXD

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / AUTHORS' INFO

* Автор, ответственный за переписку * Чуенко Наталья Федоровна , научный сотрудник; адрес: Россия, 630108, Новосибирск, ул. Пархоменко д. 7; ORCID: 0000-0002-1961-3486; eLibrary SPIN: 9709-3447; e-mail: natali26.01.1983@yandex.ru	* Corresponding author * Natalia F. Chuenko , Research Associate; address: 7 Parkhomenko st, Novosibirsk, Russia, 630108; ORCID: 0000-0002-1961-3486; eLibrary SPIN: 9709-3447; e-mail: natali26.01.1983@yandex.ru
Новикова Ирина Игоревна , д-р мед. наук, профессор; ORCID: 0000-0003-1105-471X; eLibrary SPIN: 3773-2898; e-mail: novikova_ii@niig.su	Irina I. Novikova , MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor; ORCID: 0000-0003-1105-471X; eLibrary SPIN: 3773-2898; e-mail: novikova_ii@niig.su
Лобкис Мария Александровна , научный сотрудник; ORCID: 0000-0002-8483-5229; eLibrary SPIN: 4387-9425; e-mail: lobkis_ma@niig.su	Maria A. Lobkis , Research Associate; ORCID: 0000-0002-8483-5229; eLibrary SPIN: 4387-9425; e-mail: lobkis_ma@niig.su

Романенко Сергей Павлович , канд. мед. наук; ORCID: 0000-0003-1375-0647; eLibrary SPIN: 2107-5929; e-mail: romanenko_sp@niig.su	Sergey P. Romanenko , MD, Cand. Sci. (Medicine); ORCID: 0000-0003-1375-0647; eLibrary SPIN: 2107-5929; e-mail: romanenko_sp@niig.su
Савченко Олег Андреевич , канд. биол. наук; ORCID: 0000-0002-7110-7871; eLibrary SPIN: 1029-6168; e-mail: savchenko_oa@niig.su	Oleg A. Savchenko , Cand. Sci. (Biology); ORCID: 0000-0002-7110-7871; eLibrary SPIN: 1029-6168; e-mail: savchenko_oa@niig.su
Ширинский Владимир Александрович , д-р мед. наук, профессор; ORCID: 0009-0007-1929-2620; eLibrary SPIN: 3487-6456; e-mail: vash1007@mail.ru	Vladimir A. Shirinskii , MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor; ORCID: 0009-0007-1929-2620; eLibrary SPIN: 3487-6456; e-mail: vash1007@mail.ru
Гудинова Жанна Владимировна , д-р мед. наук, профессор; ORCID: 0000-0001-6869-6057; eLibrary SPIN: 6178-8633; e-mail: gud@list.ru	Zhanna V. Gudinova , MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor; ORCID: 0000-0001-6869-6057; eLibrary SPIN: 6178-8633; e-mail: gud@list.ru

РИСУНКИ



Рис. 1. Данные о содержании диоксида углерода в зависимости от площади листовой пластины.

Fig. 1. Carbon dioxide content data depending on the area of the sheet plate.

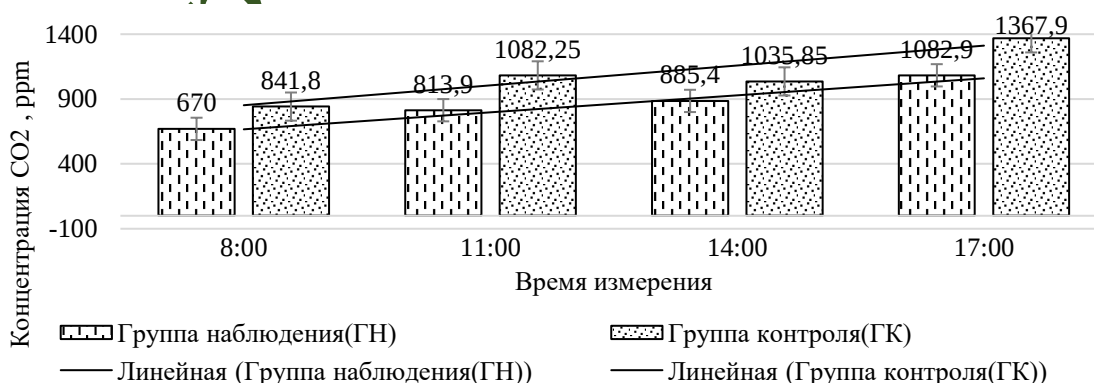


Рис. 2. Содержание углекислого газа в контрольных точках в исследуемых группах, ppm.

Fig. 2. Carbon dioxide content at the control points in the studied groups, ppm.