

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco609574>

Транспирирующие, фитонцидные и газопоглотительные свойства комнатных растений и их роль в улучшении качества воздушной среды в дошкольных организациях

Н.Ф. Чуенко^{1,2}, И.И. Новикова¹, М.А. Лобкис¹, Е.А. Новиков^{1,2}, О.А. Савченко¹¹ Новосибирский научно-исследовательский институт гигиены, Новосибирск, Россия;² Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. В связи с высокой распространённостью респираторных заболеваний у детей, посещающих дошкольные образовательные организации, остро стоит вопрос профилактики воспаления дыхательных путей. С учётом того что дети проводят в стенах образовательных организаций в среднем до 10 часов в сутки, одним из факторов риска возникновения респираторных заболеваний является качество воздушной среды (микробная обсеменённость и низкая относительная влажность воздуха) закрытых помещений. Результаты настоящего исследования подтверждают, что рациональное размещение определённого ассортимента растений в организованных детских коллективах может стать перспективным и экономичным направлением в структуре здоровьесберегающего подхода в современной системе дошкольного образования.

Цель исследования — подбор комнатных растений с учётом их видового и количественного состава с целью улучшения воздушной среды в организованных детских коллективах и разработка рекомендаций по их установке и использованию.

Материалы и методы. Среди более 820 видов комнатных растений были выделены наиболее подходящие для детских дошкольных учреждений. У данного ассортимента растений метрическим методом были определены размеры, а также площадь листового аппарата. Отбор проб воздуха проводили в течение рабочей недели 1 раз в час аспирационным методом с помощью пробоотборного устройства ПУ-1Б. Замеры параметров микроклимата выполняли параллельно во всех изучаемых групповых ячейках. Газопоглотительную способность комнатных растений изучали в лабораторных условиях в ингаляционных затравочных камерах объёмом 200 л.

Результаты. В группах, где присутствовали растения, показатели общего количества микроорганизмов имели разные диапазоны. Средние значения показателей относительной влажности воздуха (в %) во всех групповых помещениях за весь период наблюдения, за исключением 8:00, 9:00, 10:00 и 18:00 (15–35%), были ниже нижнего предела гигиенического норматива (40–60%), регламентированного СанПиН 1.2.3685-21. При концентрации формальдегида, равной 3 ПДК (предельно допустимым концентрациям), одному растению *Chlorophytum comosum* (хлорофитум хохлатый) потребуется 38 часов, чтобы снизить её до регламентируемого значения 0,01 ПДК, 1,6 ПДК — *Sansevieria trifasciata* (сансевиерия трёхполосая) — 24 часа, 1,3 ПДК — *Cyperus alternifolius* (циперус зонтичный) — 27 часов.

Заключение. Размещение ассортимента комнатных растений в дошкольной образовательной организации с выраженными фитонцидными, транспирирующими и газопоглотительными свойствами приводит к устойчивому снижению показателей общего количества микроорганизмов, снижению химической нагрузки и повышению влажности воздуха. Анализ состава воздуха в ингаляционных затравочных камерах показал, что в присутствии комнатных растений концентрация формальдегида снижается до регламентированного уровня и ниже.

Ключевые слова: дошкольные образовательные организации; комнатные растения; относительная влажность воздуха; микробная обсеменённость воздуха; формальдегид.

Как цитировать:

Чуенко Н.Ф., Новикова И.И., Лобкис М.А., Новиков Е.А., Савченко О.А. Транспирирующие, фитонцидные и газопоглотительные свойства комнатных растений и их роль в улучшении качества воздушной среды в дошкольных организациях // Экология человека. 2023. Т. 30, № 10. С. 759–769.

doi: <https://doi.org/10.17816/humeco609574>

Рукопись получена: 17.10.2023

Рукопись одобрена: 16.01.2024

Опубликована online: 02.04.2024

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco609574>

Transpiring, phytoncidal and gas-absorbing properties of indoor plants and their role in improving the air quality in preschool environments

Natalia F. Chuenko^{1,2}, Irina I. Novikova¹, Maria A. Lobkis¹,
Eugene A. Novikov^{1,2}, Oleg A. Savchenko¹

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

² Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: The high incidence of respiratory diseases among children attending preschool educational institutions highlights the need for prevention of respiratory tract infections. With children spending on average up to 10 hours a day in educational settings, the quality of the indoor air environment, including microbial contamination and low relative humidity, poses a risk for respiratory diseases. Placing a selection of plants in organized groups of children can offer a promising and cost-effective approach to promote health and well-being in the modern preschool education system.

AIM: To select indoor plants based on their species and quantity to improve the air quality in organized children's groups. Moreover, the paper presents recommendations for the installation and maintenance of the plants to create healthier environment for children.

MATERIALS AND METHODS: Among more than 820 species of indoor plants, we have identified the most suitable options for preschool institutions. The selection process involved measuring the dimensions of the plants and the surface area of their leaves using a metric method. To assess the air quality, we conducted air sampling throughout the working week, once per hour, using an aspiration method with a sampling device PU-1B. Simultaneously, we measured the microclimate parameters in all the rooms included in the study. Furthermore, we studied the gas absorption capacity of indoor plants in controlled laboratory conditions within seed chambers with a volume of 200 liters.

RESULTS: In rooms where plants were present, the levels of microorganisms varied. The average relative humidity values in all rooms were consistently below the hygienic standard of 40–60%, as outlined in SanPiN 1.2.3685–21, except for specific times. At 8:00, 9:00, 10:00, and 18:00, the relative humidity ranged from 15–35%. When exposed to a formaldehyde concentration of 3 times the maximum permissible concentration (MPC) *Chlorophytum comosum* reduced it to the regulated value of 0.01 MPC within 38 hours while the corresponding values for *Sansevieria trifasciata* and *Cyperus alternifolius* were 24 and 27 hours, respectively.

CONCLUSION: Introducing a variety of indoor plants into a preschool educational setting can have significant benefits for air quality. The plants possess phytoncidal, transpiring, and gas-absorbing properties that contribute to a reduction in the overall number of microorganisms, a decrease in chemical pollutants, and an increase in air humidity. Our analysis showed that in the presence of indoor plants, the concentration of formaldehyde decreases to a regulated and safe level.

Keywords: preschool educational organizations; indoor plants; relative humidity; microbial contamination of air; formaldehyde.

To cite this article:

Chuenko NF, Novikova II, Lobkis MA, Novikov EA, Savchenko OA. 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: <https://doi.org/10.17816/humeco609574>

Received: 17.10.2023

Accepted: 16.01.2024

Published online: 02.04.2024

ОБОСНОВАНИЕ

Проблема микробного загрязнения воздушной среды в помещениях детских организаций, несмотря на прогрессивные инженерные решения в части разработки и практического внедрения современных систем вентиляции, остаётся актуальной, а в условиях пандемии COVID-19 она стала одним из ключевых факторов риска здоровью. Данная проблема актуальна для большинства регионов Российской Федерации, особенно в зимний период, когда проветривание помещений зачастую оказывается неэффективным. Использование комнатных растений с транспирирующими (испаряющими), фитонцидными (подавляющими рост и развитие болезнетворных бактерий) и газопоглотительными свойствами в организованных детских коллективах может стать перспективным направлением улучшения качественных характеристик воздуха в помещениях для детей.

Качество воздуха внутри закрытых помещений более важно для здоровья человека и его благополучия, чем качество воздуха вне помещений. Внутри жилых и производственных помещений человек проводит до 90% времени суток, поэтому качество внутренней воздушной среды затрагивает интересы всего населения. Ухудшение здоровья людей может произойти не только из-за некачественных строительных материалов, конструкций и изделий, но и из-за низкой влажности воздуха. Токсичными являются материалы, в состав которых входят фенол, формальдегид (широко используется при производстве пластика и пластиковых окон), бензол, толуол (применяются в лакокрасочной промышленности). Интенсивное выделение летучих соединений из материалов обычно наблюдается в течение нескольких месяцев с момента их изготовления [1].

Отечественные и зарубежные исследования в области медицины и экологии подтверждают, что накопление загрязняющих агентов в закрытых помещениях приводит к необратимым последствиям для здоровья человека. Твёрдые частицы, проникающие в здание, летучие органические соединения, выделяющиеся из ковровых и синтетических материалов, а также углекислый газ, образующийся при дыхании человека, являются основными факторами, вызывающими проблемы с качеством воздушной среды в закрытых помещениях. Недостаточное проветривание помещений и неэффективность использования систем вентиляции создают благоприятные условия для накопления в воздушной среде микроорганизмов, в том числе условно-патогенных и патогенных, что приводит к снижению иммунитета и увеличивает вероятность возникновения инфекций. В частности, в дошкольных учреждениях низкая относительная влажность воздуха создаёт дополнительные риски здоровью, в том числе обострения хронических заболеваний органов дыхания у детей, имеющих данную патологию (бронхиальная астма, хронический бронхит и иные заболевания) [2].

В ряде исследований, проведённых в развитых странах, доказывается взаимосвязь качества воздушной среды в помещениях детских организаций и частоты заболеваемости детей острыми респираторными инфекциями и другими распространёнными болезнями органов дыхания [3, 4]. Для удаления загрязняющих веществ из воздушной среды в закрытых помещениях был разработан метод физико-химических очисток, имеющий ряд недостатков, связанных с дорогостоящим производством и обслуживанием соответствующего оборудования. Значительно более безопасным, доступным и экономически выгодным является альтернативный метод очистки воздуха в закрытых помещениях, основанный на антимикробном действии летучих веществ (фитонцидов), которые выделяются комнатными растениями в процессе их жизнедеятельности. Помимо антимикробного действия, фитонциды оказывают нормализующее воздействие на сердечный ритм, обмен веществ, процесс кровообращения, а также иммунную и нервную системы [1–3].

Несмотря на многолетние исследования, до сих пор не доведены до внедрения методы улучшения качества воздушной среды в закрытых помещениях, основанные на применении комнатных растений [5–11].

Эффективное использование растений для оздоровления воздушной среды требует оптимизации площади фотосинтетически активных органов и тщательного подбора видового состава. Некоторые растения выделяют млечный сок, который может вызывать аллергические реакции, или содержат шипы и иголки на концах листьев, которые могут нанести ребёнку травму. Качество воздуха в помещении в значительной мере зависит от площади листовой поверхности растений. Через эту поверхность растения осуществляют газообмен с окружающей средой, что помогает поддерживать оптимальный уровень кислорода в помещении и улучшает качество воздуха. Через устьице растения могут улавливать и удалять из воздуха некоторые вредные вещества, накапливающиеся в помещениях, такие как формальдегид и бензол [11]. Именно поэтому очень важно выбирать безопасные растения для закрытых помещений, особенно для помещений, где находятся дети. Однако в мировой литературе достаточно мало информации о влиянии на воздушную среду площади листовой поверхности и ассортимента растений, которые способны очищать воздух в закрытых помещениях без вреда для здоровья.

Цель исследования — подбор комнатных растений с учетом их видового и количественного состава с целью улучшения воздушной среды в организованных детских коллективах и разработка рекомендаций по их установке и использованию.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Дизайн исследования

Проведено проспективное наблюдательное неконтролируемое исследование.

Критерии соответствия

Критерии включения

Комнатное растение, выращиваемое в детском дошкольном учреждении, должно быть безопасным для детей, неприхотливым и способным долгое время переносить тяжёлые для него условия. В результате анализа литературных данных были выбраны несколько видов, отвечающих установленным нами требованиям: хлорофитум хохлатый (*Chlorophytum comosum*), аспидистра высокая (*Aspidistra elatior*), бегония ричинолистная (*Begonia ricinifolia*), гибискус китайский (*Hibiscus rosa-sinensis*), каланхое блосфельда (*Kalanchoe blossfeldiana*), колеус блюме (*Coleus blumei*), мурайя экзотическая (*Murraya exotica*), нефролепис возвышенный (*Nephrolepis exaltata*), сансевиерия трёхполосая (*Sansevieria trifasciata*), циперус зонтичный (*Cyperus alternifolius*) [12–14]. Для выбора видов, наиболее подходящих для дошкольных организаций, были проведены исследования фитонцидных, газопоглотительных и транспирирующих свойств растений.

Критерии исключения

Первым критерием для исключения вида из списка растений, предполагаемых к использованию в детских дошкольных учреждениях, стала их токсичность, вторым критерием — наличие на стеблях и листьях растения шипов/колючек, способных травмировать или вызвать раздражение кожных покровов. Помимо названных фактов, рассматривалась и аллергенность растений.

Условия проведения

Натурные исследования проведены на базе двух дошкольных образовательных организаций (ДООУ № 331 «Радуга», ДООУ № 360 «Журавушка»), расположенных на одной селитебной территории Ленинского района г. Новосибирска, Новосибирской области. Дошкольные организации, в которых проводилось исследование, построены по единому типовому проекту (16 групп; 320 детей). Площадь групповых составляет 56 м² (длина — 8 м, ширина — 7 м), высота — 3,2 м. Дошкольные организации функционируют по 12-часовому режиму работы. Изучение газопоглотительных свойств растений проводилось в лабораторных условиях ФБУН «Новосибирский научно-исследовательский институт гигиены» Роспотребнадзора в отделе токсикологии с санитарно-химической лабораторией.

Продолжительность исследования

Период исследования — 2019–2023 гг.

Методы регистрации исходов

Среди более чем 820 видов рассмотренных комнатных растений были выделены наиболее подходящие для детских дошкольных учреждений.

У избранных растений метрическим методом были определены размеры (высота, ширина), а также

площадь листового аппарата с помощью портативного лазерного измерителя площади листа CI-202 (CID Bio-Science, США).

Изучение состояния воздушной среды дошкольных образовательных организаций проводили в натурных модельных условиях в период с 2019 по 2020 г. Для оценки фитонцидных свойств комнатных растений были проведены замеры содержания общего количества микроорганизмов (в КОЕ/м³) в групповых помещениях подготовительных и старших групп дошкольной образовательной организации. Точки отбора проб воздуха устанавливали по типу конверта (четыре точки по углам и пятая по центру). Отбор проб воздуха осуществляли в течение пяти рабочих дней 1 раз в час аспирационным методом с помощью откалиброванного, поверенного пробоотборного устройства ПУ-1Б. По стандартной методике было определено общее количество микроорганизмов — путём визуального подсчёта колоний на поверхности стандартной дифференциально-диагностической питательной среды [15]. За норму брали СанПиН 2.1.3.2630-10, так как для помещений организованных детских коллективов нет регламентирующих норм [16].

В период проведения исследования количество детей в групповых помещениях не превышало гигиенических нормативов, площадной показатель помещения был более 2,0 м² на одного ребёнка. Системы воздухообмена работали в обычном режиме.

По итогам предварительного этапа исследования в групповых помещениях разместили комнатные растения, и дальнейшие отборы проб воздуха проводили во время, соответствующее максимальным значениям содержания количества микроорганизмов в помещении.

Изучение транспирирующих свойств комнатных растений проводили в натурном исследовании в групповых помещениях дошкольных образовательных организаций, в период отсутствия детей. В групповые помещения была установлена метеостанция «Измеритель параметров микроклимата и углекислого газа EClerk-Eco» (Рэлсиб, Россия), фиксирующая показатели в заданное время и показывая их средние значения за 1 час. Замеры параметров микроклимата осуществлялись одновременно во всех изучаемых групповых помещениях. Для оценки транспирирующей активности растений исследования проводились в групповых помещениях в период эпидемиологического подъёма заболеваемости детей при искусственном поддержании заданных параметров относительной влажности воздуха, что обеспечивалось дополнительной установкой увлажнителей. Первоначально оценка проводилась в отношении свойств *Chlorophytum comosum*. Растения устанавливались в помещениях с заданной относительной влажностью воздуха по четырём условиям — 37,5±2,5%; 32,5±2,5%; 27,5±2,5%; 22,5±2,5%. Измерения проводились при разном количестве устанавливаемых растений с экспозицией, предшествующей снятию результатов не менее

суток. В результате было установлено, что по условию 1 потребовалось 8 растений; по условию 2 — 16, по условию 3 — 22 и по условию 4 — 28 растений на 56 м² площади помещения.

Оценка свойств растений к поглощению формальдегида проводилась в лабораторных условиях с использованием затравочных камер, поддерживающих стабильные показатели концентрации формальдегида. В камерах объемом по 200 л размещались исследуемые растения: *Chlorophytum comosum*, *Sansevieria trifasciata* и *Cyperus alternifolius*. Площадь листового аппарата взрослых растений, используемых в эксперименте, существенно различалась (0,1 м² — у *Chlorophytum comosum* и *Cyperus alternifolius*, 0,2 м² — у *Sansevieria trifasciata*). Из расчета, что площадь листового аппарата составляла 0,1 м² на 100 л, в камеры размещали по два растения *Chlorophytum comosum* и *Cyperus alternifolius* и по одному растению *Sansevieria trifasciata*. В контрольной камере замеры проводили без установки растений. Во все ингаляционные затравочные камеры с помощью ингалятора распыляли 10% раствор формальдегида. Концентрации формальдегида в камере устанавливали от 3 до 1,1 ПДК (предельно допустимых концентраций). Исследование проводили непрерывно, круглосуточно, с фиксацией концентрации формальдегида в затравочных камерах каждый час до снижения уровня 0,01 ПДК и ниже. Отбор проб воздуха из ингаляционных затравочных камер осуществляли с помощью поверенного универсального газоанализатора ГАНК-4 (НПО «Прибор», Россия). Содержание формальдегида в затравочных камерах записывали по средним значениям за 1 час. Исследования проводили в утреннее время, ежедневно в трехкратной повторности.

Этическая экспертиза

Протокол исследования не проходил оценку в этическом комитете.

Статистический анализ

Методы статистической обработки, полученные в ходе исследования, подбирались с учётом типа распределения данных. Количественные данные на предварительном этапе статистического анализа оценивали на нормальность распределения по критерию Колмогорова–Смирнова. Сравнение показателей в двух группах проводили с помощью t-критерия Стьюдента, для сравнения средних величин нескольких независимых выборок применяли дисперсионный анализ (ANOVA). За критический уровень значимости принимали уровень 0,001. Для проверки равенства средних в нескольких выборках применяли тест Краскела–Уоллиса (H-критерий). Для оценки статистической значимости различий между динамикой показателей в разных групповых ячейках и микробной обсеменённости воздуха использовали однофакторный дисперсионный анализ.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Изучению фитонцидных свойств растений предшествовал мониторинг динамики показателя общего микробного числа в течение дня. В результате было установлено, что данный показатель колеблется в диапазоне от 380 до 1200 колониеобразующих единиц на метр кубический. Максимальные значения, были отмечены в период отбора проб в 10.00, 11.00, 14.00 и 17.00. Исследования проводились в течение рабочей недели в 10 групповых помещениях. Полученные результаты по всем групповым помещениям были схожими. Это позволило сделать вывод о высокой изменчивости показателя в течение дня и необходимости его коррекции. Дальнейшие отборы проб воздуха при установке растений в групповых помещениях проводились в период регистрации максимальных значений общего количества микроорганизмов в единицу объема. Статистически значимых различий в динамике показателей в разных групповых ячейках в рабочие дни, когда проводили замеры, не выявлено (H-критерий, $p=0,063$; рис. 1).

Из изученного ассортимента растений *Chlorophytum comosum* был наиболее неприхотлив в уходе, что крайне актуально для использования комнатных растений в организованных детских коллективах, поэтому его фитонцидная активность, установленная экспериментальным путём, была принята за эталон [6, 8, 11, 13]. Для оценки фитонцидной активности и эффективного радиуса воздействия в пяти групповых помещениях устанавливалось различное количество растений — от 4 до 8 и проводились отборы проб воздуха на расстоянии до 9 м от места локации растений. Пробы отбирались после недельной экспозиции растений в групповых помещениях. В результате было установлено, что при установке шести растений *Chlorophytum comosum*, в точке, соответствующей 5 метрам, значения максимально приблизились к ориентировочному нормативному пределу в 500 КОЕ/м³. Пятикратный повтор эксперимента с количеством растений в 6 ед. позволил получить сходные значения показателей. Это позволило выдвинуть гипотезу, а в дальнейшем ее подтвердить в части установления значения фитонцидной активности и эффективного радиуса воздействия, который соответствует 5 метрам. Далее проведена оценка фитонцидной активности остальных растений при аналогичном подходе.

В результате было установлено, что все изучаемые растения обладают фитонцидной активностью, однако их активность уступала активности *Chlorophytum comosum*. Полученные результаты также подтвердили гипотезу о 5-метровом эффективном радиусе воздействия растений (табл. 1).

Средние значения показателей относительной влажности воздуха (в %) во всех групповых ячейках во все периоды наблюдений, за исключением 8.00, 9.00, 10.00 и 18.00, были ниже нижнего предела гигиенического норматива, регламентированного СанПиН 1.2.3685-21

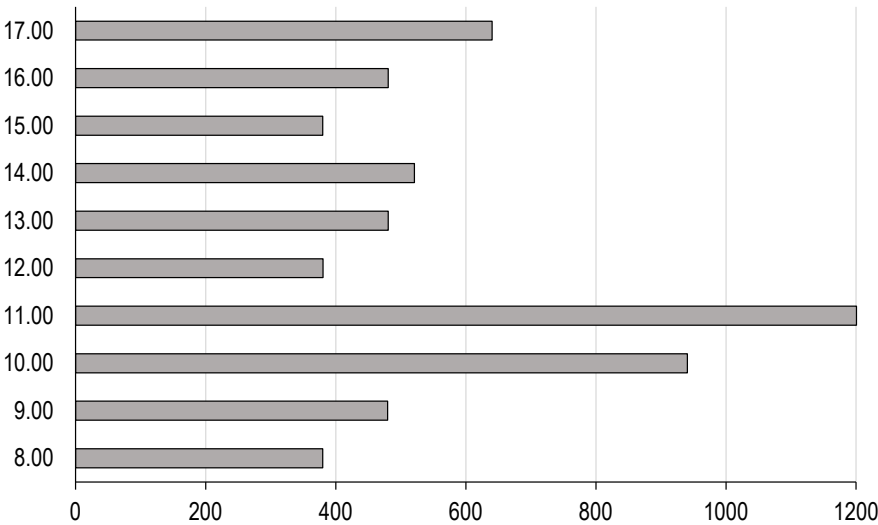


Рис. 1. Динамика общего количества микроорганизмов в групповых ячейках в течение типового рабочего дня, КОЕ/м³.
Fig. 1. Total number of microorganisms over time in rooms during a typical working day, CFU/m³.

для детей (40–60%), что свидетельствует об излишней сухости воздуха в помещениях (рис. 2). Однако различия в средних значениях относительной влажности воздуха, измеренной в разное время суток, были статистически незначимы (Н-критерий, $p=0,071$).

Расчёты показывают, что в групповой ячейке площадью 56 м² при фиксированной влажности воздуха 32,5% для её повышения до регламентированного уровня 40% и выше потребуется 16 взрослых растений *Chlorophytum comosum* с площадью листового аппарата 0,029 м². Для повышения значений относительной влажности воздуха до 40% и выше за счёт транспирирующей активности растений потребуется увеличение количества растений: например, *Aspidistra elatior* — 6 единиц, *Kalanchoe blossfeldiana* — 12 единиц, *Coleus blumei* — 10 единиц.

Дисперсионный анализ с временной точкой измерения и наличием растения в камере в качестве независимых переменных с поправкой на температуру и влажность в камере показал достоверное (критерий Фишера, $p=0,001$) влияние взаимодействия этих факторов на концентрацию формальдегида. Средняя концентрация формальдегида в камере с растениями была достоверно ниже, чем в контроле ($p=0,001$). Динамика снижения концентрации формальдегида в камере с *Chlorophytum comosum* наиболее точно аппроксимировалась логарифмической регрессией с уравнением $y=-0,006\ln(x)+0,0333$; $R^2=0,9707$; у *Sansevieria trifasciata* и *Cyperus alternifolius* наиболее точно аппроксимировалась линейной регрессией с уравнением $y=-0,0003x+0,016$; $R^2=1$; $y=-0,0001x+0,0131$; $R^2=1$.

Таблица 1. Количество микроорганизмов на разных расстояниях от растений
Table 1. The number of microorganisms at different distances from the plants

Наименование растений Plant species	Расстояние от растений, м (КОЕ/м³) Distance from the plants, m (CFU/m³)		
	0	3	5
Хлорофитум хохлатый <i>Chlorophytum comosum</i>	380	420	480
Аспидистра высокая <i>Aspidistra elatior</i>	420	460	500
Бегония ричинолистная <i>Begonia ricinifolia</i>	450	500	580
Гибискус китайский <i>Hibiscus rosa-sinensis</i>	500	580	640
Каланхое блосфельда <i>Kalanchoe blossfeldiana</i>	500	580	640
Колеус блюме <i>Coleus blume</i>	430	480	600
Мурайя экзотическая <i>Murraya exotica</i>	420	460	480
Нефролепис возвышенный <i>Nephrolepis exaltata</i>	420	460	550
Сансевиерия трёхполосая <i>Sansevieria trifasciat</i>	580	600	620
Циперус зонтичный <i>Cyperus alternifolius</i>	580	610	660

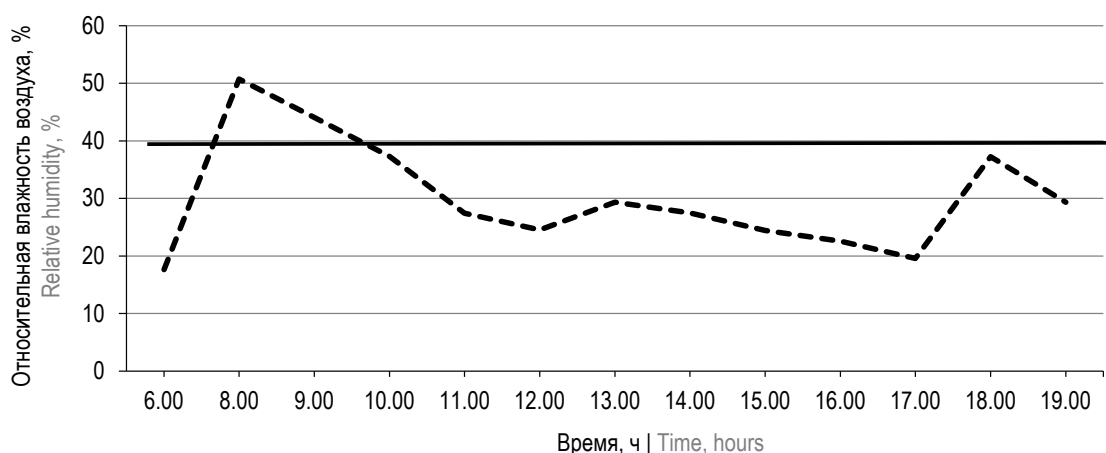


Рис. 2. Показатели относительной влажности воздуха в групповых ячейках.

Fig. 2. Relative humidity indicators in rooms.

Результаты исследования показали, что при концентрации формальдегида, равной 3 ПДК, одному растению *Chlorophytum comosum* потребуется 38 ч, чтобы снизить её до регламентируемого значения 0,01 ПДК. *Sansevieria trifasciata* потребуется 24 ч, чтобы при концентрации формальдегида 1,6 ПДК снизить её до регламентируемого значения 0,01 ПДК; *Cyperus alternifolius* — 27 ч, чтобы снизить концентрацию формальдегида при концентрации 1,3 ПДК до регламентируемого значения 0,01 ПДК.

Таким образом, размещение в рабочей комнате детского дошкольного учреждения ассортимента комнатных растений с выраженными фитонцидными, газопоглощающими и транспирирующими свойствами приводило к устойчивому снижению показателей общего количества микроорганизмов и повышению влажности воздуха.

Анализ состава воздуха в ингаляционных затравочных камерах после распыления 10% раствора формальдегида в концентрации, превышающей в 3,0; 1,6 и 1,3 раза ПДК, показал, что в камере с растениями его концентрация приходила в норму через 1,5 и 1 сутки, а через сутки падала ниже порога обнаружения.

Подбор ассортимента комнатных растений с учётом их фитонцидных, транспирационных, газопоглощающих свойств и оценкой оптимальной площади листовой поверхности является перспективным направлением улучшения качества воздушной среды в закрытых помещениях [11, 17, 18].

ОБСУЖДЕНИЕ

Проведённое натурное исследование непосредственно в помещениях дошкольных образовательных организаций, позволило сформулировать, какое оптимизированное количество растений потребуется для снижения количества микроорганизмов с учётом площади листового аппарата растений и площади помещений на 1 м². Фитонцидная активность растений с площадью листового аппарата в 0,01 м² достигает 5 метров. Иностранные исследователи

обосновывают взаимосвязь состава воздушной среды помещений дошкольных и общеобразовательных организаций с проявлением острых респираторных инфекций и других болезней органов дыхания [19, 20].

Представленный ассортимент комнатных растений обладает как газопоглощающими, фитонцидными, так и транспирирующими свойствами. При низкой относительной влажности воздуха в помещении комнатные растения увеличивают влажность до минимального значения гигиенического норматива 40%. Относительная влажность воздуха в помещении считается важным индикатором. Для благоприятного нахождения в закрытом помещении установлен уровень влажности от 30 до 60%, а для профилактики источника инфекции — 40–60% [21]. В настоящее время доказано, что растения увеличивают относительную влажность воздуха в помещении [7, 8].

В модельных лабораторных условиях нами изучена газопоглощающая способность растений *Chlorophytum comosum*, *Sansevieria trifasciata* и *Cyperus alternifolius*, которые поглощают газообразный формальдегид до регламентированного уровня 1 ПДК. Сотрудниками Национального агентства по авиации и исследованию космического пространства (National Aeronautics and Space Administration, NASA) на протяжении нескольких лет проводились исследования по применению комнатных растений для детоксикации воздуха в замкнутых и герметически изолированных пространствах для жизнеобеспечения людей. На сегодняшний день показана высокая эффективность 30 видов комнатных растений (*Chlorophytum elatum*, *Aglaonema commutatum*, *Azalea indica*, *Anthurium andraeanum*, *Arauca riaheterophylla*, *Begonia semperflorens*, *Dracaena deremensis*, *Codiaeum variegatum*, *Maranta leuconeura*, др.) при снижении качества воздуха помещений некоторыми отравляющими веществами [22–25].

Y. Su, Y. Lang показали высокую эффективность *Chlorophytum comosum* по удалению формальдегида из состава воздуха. Основным механизмом удаления формальдегида *Chlorophytum comosum* является его

накопление тканями растений и их переработки [26]. Полученные данные свидетельствуют о способности экстрактов листьев хлорофитума хохлатого удалять химические вещества (формальдегид, фенолбензол, толуол) из воздушной среды [7, 10, 27].

Проанализировав источники литературы, можно сделать вывод, что представленный ассортимент растений обладает положительными свойствами, не вызывает аллергических реакций, безопасен для детей и, кроме того, растения достаточно просты в уходе.

Таким образом, в нашем исследовании подтверждено, что фитонцидные, газопоглощительные и транспирирующие свойства растений в натуральных и лабораторных условиях благотворно влияют на оптимизацию психоэмоционального состояния людей, способствуют снижению содержания углекислого газа в воздухе закрытых помещений и предотвращают снижение регламентированных показателей относительной влажности воздуха при активном использовании нагревательных приборов в зимний период года, что может являться одной из мер профилактики в условиях повышенного содержания микроорганизмов и химических элементов [6, 9, 10, 12, 17].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Качество воздушной среды групповых ячеек характеризуется динамичностью показателей общего количества микроорганизмов и относительной влажности воздуха в течение рабочего дня при эксплуатации помещений в соответствии с режимом функционирования дошкольных образовательных учреждений, достигая в период отопительного сезона пиковых значений в условиях пребывания детей в помещениях более 2 часов без проветривания и влажной уборки.

В связи с благоприятным воздействием на воздух и наличием у комнатных растений фитонцидных, транспирирующих и газопоглощительных свойств можно говорить о необходимости размещения растений с площадью листового аппарата 2,5 м² на площадь помещения в достаточном количестве в дошкольных образовательных учреждениях. Растения обеспечивают регламентированные параметры микроклимата и газового состава воздуха в закрытых помещениях даже при сокращении времени их проветривания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Леонович А.А., Иванов Д.В. К вопросу минимизации содержания формальдегида в древесных плитах. В кн.: Древесные плиты: теория и практика: Материалы 20-й Международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 15–16 марта 2017 года / Под редакцией А.А. Леоновича. Санкт-Петербург: ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», 2017. С. 27–31. EDN: YMBOXF
2. Михайличенко К.Ю., Назаров В.А., Кондрашова А.С., Чижов А.Я. Параметры школьной среды как фактор, негативно влияющий на здоровье учащихся // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Медицина. 2010. №4. С. 342–347. EDN: MWEHNN
3. Bezold K.P., Banay R.F., Coull B.A., et al. The relationship between surrounding greenness in childhood and adolescence

Размещение растений с выраженными фитонцидными, газопоглощительными и транспирирующими свойствами, таких как *Chlorophytum comosum*, *Aspidistra elatior*, *Begonia ricinifolia*, *Hibiscus rosa-sinensis*, *Kalanchoe blossfeldiana*, *Coleus blumei*, *Murraya exotica*, *Nephrolepis exaltata*, *Sansevieria trifasciata*, *Cyperus alternifolius*, в помещениях детских организованных коллективов будет способствовать снижению рисков и профилактике заболеваемости у детей в закрытых помещениях.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Вклад авторов. Авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией). Наибольший вклад распределён следующим образом: Н.Ф. Чуенко, И.И. Новикова, Е.А. Новиков, О.А. Савченко, М.А. Лобкис — концепция и дизайн исследования, интерпретация полученных данных и подготовка текста; Н.Ф. Чуенко — получение первичных данных, статистическая обработка данных, дизайн исследования, написание текста статьи; Е.А. Новиков — математическая обработка полученных данных и их интерпретация.

ADDITIONAL INFORMATION

Funding source. The study was carried out without financial support.

Competing interests. The authors confirm that they have no conflicts of interest.

Authors' contribution. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work. N.F. Chuenko, I.I. Novikova, E.A. Novikov, O.A. Savchenko, M.A. Lobkis — the concept and design of the study, interpretation of the data obtained and preparation of the text; N.F. Chuenko — obtaining primary data, statistical data processing, research design, writing the text of the article; E.A. Novikov — mathematical processing of the data obtained and their interpretation.

- and depressive symptoms in adolescence and early adulthood // *Ann Epidemiol*. 2018. Vol. 28, N 4. P. 213–219. doi: 10.1016/j.annepidem.2018.01.009
4. Mennis J., Mason M., Ambrus A. Urban greenspace is associated with reduced psychological stress among adolescents: A Geographic Ecological Momentary Assessment (GEMA) analysis of activity space // *Landsc Urban Plan*. 2018. Vol. 174. P. 1–9. EDN: YEYZTF doi: 10.1016/j.landurbplan.2018.02.008
5. Мелихова Е.П., Васильева М.В., Скребнева А.В. Исследование воздушной среды закрытых помещений // III Международная научно-практическая конференция «Актуальные проблемы природопользования и природообустройства»; ноябрь 30. Пенза, 2020. С. 96–98. EDN: WFEXPT
6. Чуенко Н.Ф., Лобкис М.А., Цыбуля Н.В., и др. Оценка эффективности использования фитонцидных свойств растений для снижения микробной обсемененности воздуха с целью минимизации риска заболеваемости детей в условиях детских организованных коллективов // *Science Education Today*. 2022. Т. 12, № 2. С. 152–171. EDN: ICQIPW doi: 10.15293/2658-6762.2202.08
7. Li J., Zhong J., Liu Q., et al. Indoor formaldehyde removal by three species of *Chlorophytum comosum* under dynamic fumigation system: Part 2-plant recovery // *Environ Sci Pollut Res Int*. 2021. Vol. 28, N 7. P. 8453–8465. EDN: CDWJOI doi: 10.1007/s11356-020-11167-3
8. Дульцева Г.Г., Цыбуля Н.В., Серая А.С. Научные и практические аспекты газопоглотительной активности растений. Фитофильтры для очистки воздушной среды помещений: монография. Новосибирск: ИПЦ НГУ, 2018. 132 с.
9. Чуенко Н.Ф., Новикова И.И., Цыбуля Н.В., и др. Экологические аспекты улучшения воздушной среды помещений с использованием *Chlorophytum comosum* (на примере детских дошкольных образовательных учреждений) // Самарский научный вестник. 2023. Т. 12, № 1. С. 130–134. EDN: GWXCIX doi: 10.55355/snv2023121120
10. 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. Vol. 11, N 2. P. 163–170. EDN: XGAGRC doi: 10.1007/s11869-017-0518-4
11. Федулов Ю.П., Подушин Ю.В. Фотосинтез и дыхание растений: учебное пособие. Краснодар: КубГАУ, 2019. 101 с.
12. Широкова Н.П. Использование фитонцидных свойств растений для улучшения микроклимата помещений // II Международная научная конференция «Роль метаболизма в совершенствовании биотехнологических средств производства» по направлению «Метаболизм и качество жизни»; июнь 06–07. Москва, 2019. С. 598–602. EDN: ZMGRZZ
13. Чуенко Н.Ф., Новикова И.И., Дульцева Г.Г., и др. Влияние хлорофитума хохлатого (*Chlorophytum comosum*) на качество воздуха в закрытых помещениях // Самарский научный вестник. 2023. Т. 12, № 2. С. 102–105. EDN: EUUNTI doi: 10.55355/snv2023122116
14. Чуенко Н.Ф., Савченко О.А., Новиков Е.А., Говоруха А.С. Экологически безопасный способ очистки воздушной среды в закрытых помещениях // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. 2023. № 3. С. 32–36. EDN: ISDELT doi: 10.37882/2223-2966.2023.03.41
15. Sharma P., Singh V., Maurya S.K., et al. Antimicrobial and antifungal properties of leaves to root extracts and saponin fractions of *Chlorophytum borivianum* // *Current Bioactive Compounds*. 2021. Vol. 17, N 6. P. 9–18. doi: 10.2174/1573407216999201006124428
16. Постановление Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 18 мая 2010 года № 58 «Об утверждении СанПиН 2.1.3.2630-10 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям, осуществляющим медицинскую деятельность»» (с изменениями на 27 октября 2020 года). Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/902217205?marker=656010>
17. Шешко Н.Б., Логачева Н.И. Энциклопедия комнатных растений. Минск: Современная школа, 2006. 305 с.
18. Фролова О.О., Компанцева Е.В., Дементьева Т.М. Биологически активные вещества растений рода ива (*Salix L.*) // Фармация и фармакология. 2016. Т. 4, № 2. С. 41–59. doi: 10.19163/2307-9266-2016-4-2(15)-41-59
19. Кузьмичева К.П., Малинина Е.И., Рычкова О.А. Современный взгляд на проблему распространенности аллергических заболеваний у детей // Аллергология и иммунология в педиатрии. 2021. № 2. С. 4–10. doi: 10.24412/2500-1175-2021-2-4-10
20. Заславская, А.А., Дмитрук В.И., Злобинец А.С. Использование ароматерапии для лечения и профилактики острых респираторных заболеваний у детей // Актуальная инфектология. 2017. Т. 5, № 2. С. 101–111. EDN: YUDDCR doi: 10.22141/2312-413x.5.2.2017.105323
21. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». Утверждены Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 28.01.2021 №2. Санитарные правила и нормы зарегистрированы Министерством юстиции РФ и вступают в силу с 1 марта 2021 года. Срок действия определен до 1 марта 2027 года.
22. Wolverton B.C., Johnson A., Bounds K. Interior landscape plants for indoor air pollution abatement. NASA-TM-101766. Technical memorandum, 1989. NASA STI Services will no longer have an embargo for accepted manuscripts, October 27, 2023.
23. Liang H., Zhao S., Su Y. Self-enhancement effect and mechanism of potted *Chlorophytum comosum* on formaldehyde removal from air // *Int J Environmental Res*. 2018. Vol. 12. P. 337–346. doi: 10.1007/s41742-018-0096-9
24. Brilli F., Fares S., Ghirardo A., et al. Plants for sustainable improvement of indoor air quality // *Trends Plant Sci*. 2018. Vol. 23, N 6. P. 507–512. doi: 10.1016/j.tplants.2018.03.004
25. Kim K.J., Khalekuzzaman M., Suh J.N., et al. Phytoremediation of volatile organic compounds by indoor plants: A review // *Horticulture, Environment, Biotechnol*. 2018. Vol. 59. P. 143–157. doi: 10.1007/s13580-018-0032-0
26. Su Y., Liang Y. Foliar uptake and translocation of formaldehyde with Bracket plants (*Chlorophytum comosum*) // *J Hazard Mater*. 2015. Vol. 291. P. 120–128. doi: 10.1016/j.jhazmat.2015.03.001
27. Liang H., Zhao S., Su Y. Self-Enhancement Effect and Mechanism of Potted *Chlorophytum comosum* on Formaldehyde Removal from Air // *Int J Environ Res*. 2018. Vol. 12. P. 337–346. doi: 10.1007/s41742-018-0096-9

REFERENCES

- Leonovich AA, Ivanov DV. On the issue of minimizing the formaldehyde content in wood slabs. In: Leonovich AA, editor. *Wood slabs: theory and Practice*. Proceedings of the 20th International Scientific and Practical Conference, St. Petersburg, March 15–16, 2017. St. Petersburg: Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, 2017. P. 27–31. (In Russ) EDN: YMBOXF
- Mikhaylichenko KYu, Nazarov VA, Kondrashova AS, Chizhov AY. Parameters of the school environment as a factor that affects the health of pupils. *RUDN Journal of Medicine*. 2010;(4):342–347. EDN: MWEHGN
- Bezold KP, Banay RF, Coull BA, et al. The relationship between surrounding greenness in childhood and adolescence and depressive symptoms in adolescence and early adulthood. *Ann Epidemiol*. 2018;28(4):213–219. doi: 10.1016/j.annepidem.2018.01.009
- Mennis J, Mason M, Ambrus A. Urban greenspace is associated with reduced psychological stress among adolescents: A Geographic Ecological Momentary Assessment (GEMA) analysis of activity space. *Landsc Urban Plan*. 2018;174:1–9. doi: 10.1016/j.landurbplan.2018.02.008
- Melikhova EP, Vasilieva MV, Skrebneva AV. Indoor air study. In: III International Scientific and Practical Conference “Actual problems of nature management and environmental management”; Nov 30. Penza; 2020. P. 96–98. EDN: WFEXPT
- Chuenko NF, Lobkis MA, Tsybulya NV, et al. Evaluating the effectiveness of using phytoncides to reduce microbial contamination of indoor air in order to minimize the risk of illnesses in preschool educational settings. *Science Education Today*. 2022;12(2):152–171. EDN: ICQIPW doi: 10.15293/2658-6762.2202.08
- Li J, Zhong J, Liu Q, et al. Indoor formaldehyde removal by three species of Chlorophytum comosum under dynamic fumigation system: Part 2-plant recovery. *Environ Sci Pollut Res Int*. 2021;28(7):8453–8465. EDN: CDWJOI doi: 10.1007/s11356-020-11167-3
- Dultseva GG, Tsybulia NV, Seraya AS. Scientific and practical aspects of gas-absorbing activity of plants. Phytofilters for purification of indoor air environment: A monograph. Novosibirsk; 2018. 132 p. (In Russ).
- Chuenko NF, Novikova II, Tsybulya NV, et al. Environmental aspects of improving the indoor air environment using chlorophytum comosum (on the example of preschool educational institutions). *Samarskii nauchnyi vestnik*. 2023;12(1):130–134. EDN: GWXCIX doi: 10.55355/snv2023121120
- 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. EDN: XGAGRC doi: 10.1007/s11869-017-0518-4
- Fedulov YuP, Podushin YuV. Photosynthesis and respiration of plants: Textbook. Krasnodar; 2019. 101 p. (In Russ).
- Shirokova NP. Use of phytoncidal properties of plants to improve indoor microclimate. In: II International Scientific Conference “The role of metabolomics in the improvement of biotechnological means of production” in the direction of “Metabolomics and quality of life”; June 06–07. Moscow; 2019. P. 598–602. (In Russ). EDN: ZMGRZZ
- Chuenko NF, Novikova II, Dultseva GG, et al. The effects of chlorophytum comosum on the indoor air quality. *Samarskii nauchnyi vestnik*. 2023;12(2):102–105. EDN: EUJNTI doi: 10.55355/snv2023122116
- Chuenko NF, Savchenko OA, Novikov EA, Govorukha AS. An environmentally safe way to clean the air environment in closed rooms. *Modern science: Actual problems of theory and practice. Series “Natural and technical sciences”*. 2023;(3):32–36. EDN: ISDELT doi: 10.37882/2223-2966.2023.03.41
- Sharma P, Singh V, Maurya SK, et al. Antimicrobial and antifungal properties of leaves to root extracts and saponin fractions of Chlorophytum borivilianum. *Current Bioactive Compounds*. 2021;17(6):9–18. doi: 10.2174/1573407216999201006124428
- Resolution No. 58 of the Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation dated May 18, 2010 “On Approval of SanPiN 2.1.3.2630-10 “Sanitary and epidemiological requirements for organizations engaged in medical activities” (as amended on October 27, 2020). Access mode: <https://docs.cntd.ru/document/902217205?marker=656010> (In Russ).
- Sheshko NB, Logacheva NI. Encyclopedia of indoor plants. Minsk: Sovremennaya shkola; 2006. 305 p. (In Russ).
- Frolova OO, Kompantseva EV, Dementieva TM. Biologically Active Substances of Plants from Sali x L. Genus. *Pharmacy & Pharmacology*. 2016;4(2):41–59. doi: 10.19163/2307-9266-2016-4-2(15)-41-59
- Kuzmicheva KP, Malinina EI, Richkova OA. The issue of the allergic diseases prevalence among children: a current review. *Allergology and Immunology in Paediatrics*. 2021;(2):4–10. EDN: AARQRU doi: 10.24412/2500-1175-2021-2-4-10
- Zaslavskaya AA, Dmitruk VI, Zlobinets AS. The aromatherapy for the treatment and prevention of acute respiratory infections in children. *Aktual'naya infektsiologiya*. 2017;5(2):101–111. EDN: YUDDCR doi: 10.22141/2312-413x.5.2.2017.105323
- SanPiN 1.2.3685-21 “Hygienic standards and requirements for ensuring the safety and (or) harmlessness of environmental factors for humans.” Approved by Resolution No. 2 of the Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation dated 28.01.2021. Sanitary rules and regulations are registered by the Ministry of Justice of the Russian Federation and come into force on March 1, 2021. The validity period is set until March 1, 2027. (In Russ).
- Wolverton BC, Johnson A, Bounds K. Interior landscape plants for indoor air pollution abatement. NASA-TM-101766. Technical memorandum; 1989. NASA STI Services will no longer have an embargo for accepted manuscripts, October 27, 2023.
- Liang H, Zhao S, Su Y. Self-enhancement effect and mechanism of potted Chlorophytum comosum on formaldehyde removal from air. *Int J Environmental Res*. 2018;12:337–346. doi: 10.1007/s41742-018-0096-9
- Brilli F, Fares S, Ghirardo A, et al. Plants for sustainable improvement of indoor air quality. *Trends in Plant Science*. 2018;23(6):507–512. doi: 10.1016/j.tplants.2018.03.004
- Kim KJ, Khalekuzzaman M, Suh JN, et al. Phytoremediation of volatile organic compounds by indoor plants: a review. *Horticulture, Environment, Biotechnol*. 2018;59:143–157. doi: 10.1007/s13580-018-0032-0

26. Su Y, Liang Y. Foliar uptake and translocation of formaldehyde with Bracket plants (*Chlorophytum comosum*). *J Hazard Mater*. 2015;291:120–128.
doi: 10.1016/j.jhazmat.2015.03.001

27. Liang H, Zhao S, Su Y. Self-Enhancement Effect and Mechanism of Potted *Chlorophytum comosum* on Formaldehyde Removal from Air. *Int J Environ Res*. 2018;12:337–346.
doi: 10.1007/s41742-018-0096-9

ОБ АВТОРАХ

*** Чуенко Наталья Федоровна;**

адрес: Россия, 630138, Новосибирск, ул. Пархоменко, д. 7;
ORCID: 0000-0002-1961-3486;
eLibrary SPIN: 9709-3447;
e-mail: natali26.01.1983@yandex.ru

Новикова Ирина Игоревна;

ORCID: 0000-0003-1105-471X;
eLibrary SPIN: 3773-2898;
e-mail: novikova_ii@nig.su

Лобкис Мария Александровна;

ORCID: 0000-0002-8483-5229;
eLibrary SPIN: 4387-9425;
e-mail: lobkis_ma@niig.su

Новиков Евгений Анатольевич, д-р биол. наук, доцент;

ORCID: 0000-0002-0944-5394;
eLibrary SPIN: 2122-8605;
e-mail: eug_nov@ngs.ru

Савченко Олег Андреевич;

ORCID: 0000-0002-7110-7871;
eLibrary SPIN: 1029-6168;
e-mail: savchenkooa1969@mail.ru

AUTHORS' INFO

*** Natalia F. Chuenko;**

address: 7 Parkhomenko street, 630138, Novosibirsk, Russia;
ORCID: 0000-0002-1961-3486;
eLibrary SPIN: 9709-3447;
e-mail: natali26.01.1983@yandex.ru

Irina I. Novikova;

ORCID: 0000-0003-1105-471X;
eLibrary SPIN: 3773-2898
e-mail: novikova_ii@nig.su

Maria A. Lobkis;

ORCID: 0000-0002-8483-5229;
eLibrary SPIN: 4387-9425
e-mail: lobkis_ma@niig.su

Evgenii A. Novikov, Dr. Sci. (Biology), Associate Professor;

ORCID: 0000-0002-0944-5394;
eLibrary SPIN: 2122-8605;
e-mail: eug_nov@ngs.ru

Oleg A. Savchenko;

ORCID: 0000-0002-7110-7871;
eLibrary SPIN: 1029-6168
e-mail: savchenkooa1969@mail.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author