



КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

учебные заведения, качество внутреннего воздуха, статистический опрос, мероприятия по очистке воздуха, энергосбережение, создание здоровой среды

ВНЕДРЕНИЕ В ШКОЛАХ МЕР ПО УЛУЧШЕНИЮ КАЧЕСТВА ВОЗДУХА ЗАЩИТА ОТ COVID-19 В США¹

О. Д. Третьякова, независимый эксперт по здоровой и комфортной среде

Частичное или полное закрытие школ по всему миру в период пандемии привлекло внимание научной общественности. Выявлено, что качество воздуха играет ключевую роль в переносе вируса SARS-CoV-2 внутри помещений образовательных учреждений и оказывает существенное влияние на сохранение здоровья людей. Чтобы определить наиболее эффективные меры борьбы с распространением вируса в школах, в США было проведено специальное исследование (см. *)).

**)) Центр зеленых школ (The Center for Green Schools, США) при Совете по здоровым зданиям совместно с Американским обществом инженеров по отоплению, охлаждению и кондиционированию воздуха (ASHRAE) провели исследование, целью которого было определить, какие из рекомендованных мероприятий по улучшению качества воздуха в школах приоритетны для внедрения. Объектами исследования стали более 4 000 государственных и частных школ (2,5 млн учащихся), расположенных в 24 штатах США.*

¹ Данная статья является обзором материалов брошюры Preparation in the Pandemic: How Schools Implemented Air Quality Measures to Protect Occupants from COVID-19 (Annie Hoang, Anisa Heming), подготовленной The Center for Green Schools при технической поддержке ASHRAE.

Когда подтвердилась гипотеза о том, что вирус SARS-CoV-2, вызывающий COVID-19, передается в основном воздушным путем со взвесью, выдыхаемой больным человеком, а заражение происходит внутри помещений чаще, чем на открытом воздухе, профильные организации США², занимающиеся вопросами здравоохранения, подготовили рекомендации по улучшению качества внутреннего воздуха в школах. В эти рекомендации вошли шесть основных стратегий:

• **Увеличение расхода приточного воздуха с помощью механической вентиляции**

1. Увеличение притока свежего воздуха посредством используемых в здании систем ОВК.

2. Применение метода бустерного увеличения притока воздуха между уроками.

• **Использование окон для увеличения объема свежего воздуха**

3. Открытие окон с целью проветривания.

4. Установка вытяжных вентиляторов в окнах для удаления воздуха из помещений на улицу.

• **Удаление загрязняющих воздух частиц с помощью фильтрации**

5. Переход на фильтры более высокой степени очистки – MERV-13³ и выше – для удаления вирусов в рециркулируемом воздухе (отметим, что самый высокий уровень фильтрации обеспечивают фильтры MERV-16).

6. Установка очистителей воздуха с HEPA-фильтрами (HEPA-фильтры позволяют улавливать 99,97 % вирусов, опасных для человека).

Каждый округ самостоятельно принимал решение, каким образом и какие из рекомендуемых стратегий реализовывать, исходя из технической оснащенности расположенных в нем школ, финансовых и человеческих ресурсов, а также местной политики. Позже было проведено исследование, целью которого было проанализировать, с какими проблемами столкнулись школы при внедрении перечисленных стратегий. Результаты исследования позволят в будущем лучше подготовиться к аналогичным, к сожалению, неизбежным, ситуациям и кризисам в сфере здравоохранения нации.

Методология исследования

Исследование было разбито на несколько этапов.

Этап 1. Подготовка опроса с участием профильных экспертов и руководителей школ из выбранных округов (ноябрь 2020 года – январь 2021 года).

Этап 2. Опрос руководителей школ из выбранных округов, участвующих в принятии решений по обеспечению качества воздуха в помещениях (февраль 2021 года).

Этап 3. Проведение уточняющих персональных опросов участников исследования (февраль 2021 года – март 2021 года).

В ходе исследования респондентов попросили ответить на вопросы, заполнив онлайн-анкеты, и оставить свои

Бустер (англ. booster, от boost – поднимать, повышать, усиливать) – вспомогательное устройство для увеличения силы и скорости действия основного механизма (агрегата).

Аббревиатура K-12 подразумевает базовую американскую государственную систему образования: от детского сада (K) для детей 5–6 лет до 12-го класса (12) для подростков 17–18 лет.

контактные данные, если они не против принять участие в последующем, более детальном, опросе. Вопросы были подготовлены специалистами, работающими в области качества воздуха, здравоохранения, технического оснащения школ и устойчивого развития. Участники исследования не получили никакого финансового вознаграждения за проделанную работу. Индивидуальные уточняющие опросы проводились с помощью Zoom и продолжались от 30 до 60 мин.

Информация о респондентах (система образования K-12)

В общем опросе участвовали школы из 47 округов, а в уточняющих опросах согласились принять участие школы из 13 округов. Причем демографические и социально-экономические характеристики группы участников, прошедших уточняющий опрос, схожи с характеристиками всех участников. Полные данные о численности и структуре школ и их социально-экономическом уровне были найдены только в 41 округе (табл. 1 и 2). Всего в данном исследовании приняли участие 4 124 школы, в которых обучаются свыше 2,5 млн школьников.

Когда ВОЗ объявила в марте 2020 года о пандемии коронавирусной инфекции, 59 % школ от общего числа участников исследования перешли на удаленное обучение, а 15 % полностью ушли на каникулы. Пик удаленного обучения в школах пришелся на май: 87 % школ практиковали онлайн-преподавание (в некоторых округах учителя и другой персонал могли работать в школе, но все ученики занимались удаленно). В сентябре 2020 года, то есть в начале нового учебного года, доля школ с удаленным обучением снизилась до 38 %. В январе 2021 года только 19 % школ в рассматриваемых округах оставались на полностью удаленном обучении, 60 % практиковали гибридную форму обучения, а 19 % – очную.

Наиболее приоритетные стратегии по улучшению качества внутреннего воздуха, используемые в школах

Участникам исследования в числе прочих был задан вопрос: «Какие из предлагаемых шести стратегий, преследующих цель снижения вероятности распространения ко-

² В число этих организаций вошли: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE), Centers for Disease Control and Prevention (CDC), Environmental Protection Agency (EPA), American Institute of Architects (AIA), U.S. Green Building Council (USGBC), World Health Organization (WHO), а также Healthy Buildings Program at the Harvard T.H. Chan School of Public Health (HSPH).

³ Класс фильтров MERV-13 по стандарту ASHRAE 52/2-2007 примерно соответствует классу F7 по ГОСТ ЕН 779-2014. Прим. автора.

Таблица 1 Демографические данные участников исследования, работающих по базовой государственной системе образования К-12

Характеристики	Участники общего опроса*			Участники уточняющего опроса*		
	Медиана**	25-й проц.	75-й проц.	Медиана	25-й проц.	75-й проц.
Общее количество исследуемых школ	4 124 (41 округ)			1 286 (13 округов)		
Общее количество учащихся в исследуемых школах	2 535 258			797 896		
Общее количество изучающих английский язык	344 582 (14 %)			117 281 (15 %)		
Количество школ в округе	61	16	109	53	19	99
Количество учащихся в округе	36 888	10 736	62 232	26 395	9 355	50 601
Отношение числа учащихся к числу преподавателей	16	15	18	15	14	18
Доля учащихся-европеоидов, %	64	45	77	61	18	69
Доля школьников, изучающих английский язык, %	7	4	14	6	1	16
Доля учащихся с ограниченными возможностями	4,3	3,8	5,9	4,2	3,8	5,2
Общая численность, чел.	263 148	78 022	577 839	233 750	76 540	537 061
Распределение школ по годам постройки, %:						
• до 1970 года	17	11	26	15	11	21
• в период с 1970 по 1999 годы	50	39	58	47	32	53
• в 2000 году и позже	30	18	52	37	27	53

* Из 47 округов полные демографические данные получены для 41 округа; в уточняющем опросе приняли участие 13 округов.

** Медиана (50-й процентиль), 25-й процентиль и 75-й процентиль вместе дают достаточно ясное представление об особенностях еще необработанного набора данных.

ронавирусной инфекции во время пандемии, внедряются в школах?» Выяснилось, что успешность внедрения той или иной стратегии зависит от того, как респонденты расставляли приоритеты при выборе стратегии.

Механическая вентиляция

Согласно опросу участников, предпочтение отдавалось стратегиям применения механической вентиляции: приблизительно 89 % респондентов назвали самым приоритетным мероприятием увеличение расхода приточного воздуха, а 79 % – бустерное увеличение расхода приточного воздуха в перерывах между уроками (рис. 1). Соответственно, эти стратегии чаще всего и реализовывались: 87 % из 47 округов хотя бы в некоторых школах увеличили расход приточного воздуха с помощью имеющейся системы механической вентиляции, а 77 % – проветривают помещения на переменах, усиливая приток (рис. 2).

Фильтрация воздуха

На втором месте по популярности – стратегии фильтрации воздуха. Школы из примерно 66 % округов ответили, что для них более предпочтительным был переход на фильтры MERV более высокой степени фильтрации, а в 43 % округов – выбрали стратегию установки очистителей воздуха с HEPA-фильтрами (рис. 1). Неудивительно, что эти стратегии оказались на втором месте по частоте реализации: 70 % респондентов стали использовать фильтры MERV более высокой степени фильтрации, а 60 % – установили очистители воздуха с HEPA-фильтрами (рис. 2).

Открытие окон

Среди всех предложенных мероприятий наименьший отклик получило использование окон для повышения качества воздуха в помещении. Примерно 64 % опрошенных участников считают наименее эффективным проветривание по-

Таблица 2 Социально-экономический профиль участников опроса, работающих по базовой государственной системе образования К-12

Характеристики	Участники общего опроса*			Участники уточняющего опроса*		
	Медиана**	25-й проц.	75-й проц.	Медиана	25-й проц.	75-й проц.
Расход на 1 учащегося, долл. США	13 632	12 153	17 354	17 283	13 598	18 666
Средний доход семьи (родители), долл. США	68 523	57 782	68 523	67 699	53 732	101 271
Средний доход семьи (по округу), долл. США	63 793	53 927	77 597	65 529	56 906	77 597
Доля семей, имеющих широкополосной доступ в Интернет, %	84	81	88	83	76	89
Доля семей, живущих за чертой бедности, %	16,0	8,0	20,0	16,0	7,8	21,0
Доля семей с ЕВТ***, %	20,0	8,8	24,0	20,0	8,5	31,0

* Из 47 округов полные демографические данные получены для 41 округа; в уточняющем опросе приняли участие 13 округов.

** Медиана (50-й процентиль), 25-й процентиль и 75-й процентиль вместе дают достаточно ясное представление об особенностях еще необработанного набора данных.

*** ЕВТ – электронный перевод пособий (Electronic Benefits Transfer) – карточная система, которая позволяет получателям государственной помощи напрямую совершать покупки и оплачивать услуги.

ВНИМАНИЕ

НОВЫЙ ИНТЕРНЕТ-ПОРТАЛ АВОК

**ДЛЯ ПОИСКА КОМПАНИЙ И СПЕЦИАЛИСТОВ,
ОКАЗЫВАЮЩИХ ИНЖЕНЕРНЫЕ УСЛУГИ**



**ВЫПОЛНЯЕТЕ
ИНЖЕНЕРНЫЕ РАБОТЫ?**

**ИЩЕТЕ НАДЕЖНЫХ
СПЕЦИАЛИСТОВ?**

Регистрируйтесь на сайте
USLUGI.AVOK.RU



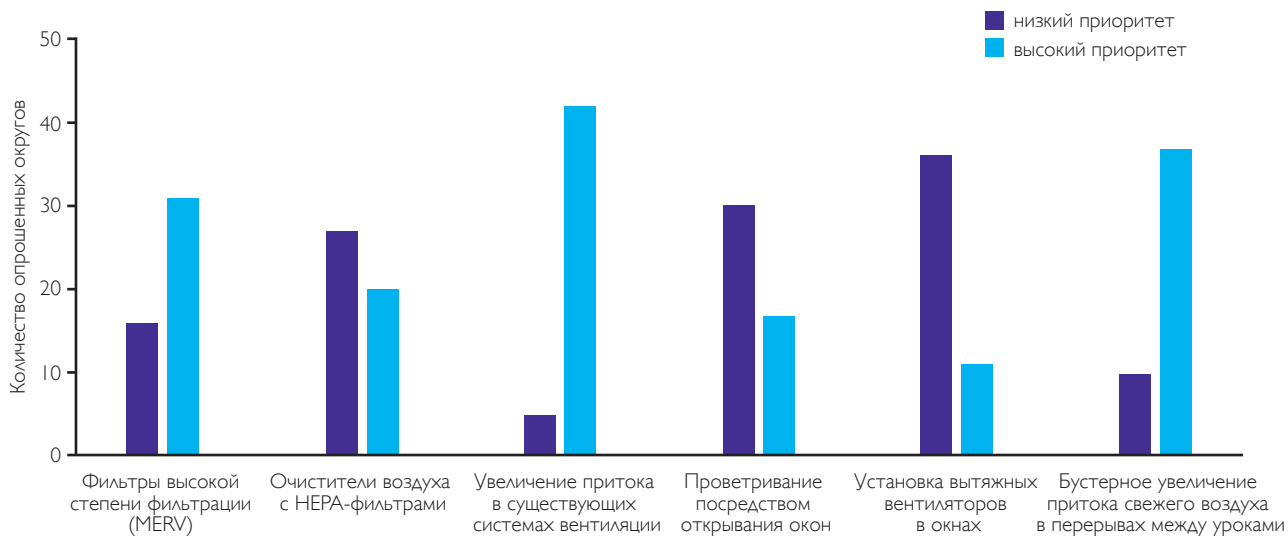


Рис. 1. Мероприятия по улучшению качества воздуха в помещениях, отмеченных как приоритетные для школ в период пандемии

средством открывания окон, а 77 % – установку вытяжных вентиляторов в окнах (рис. 1). Соответственно, эти способы улучшения качества внутреннего воздуха используются реже других мероприятий. Так, 55 % округов ни в одной из своих школ не использовали проветривание с помощью окон, а 64 % решили не устанавливать вентиляторы в окнах (рис. 2).

Трудности при внедрении рекомендованных мероприятий

В процессе опроса были выявлены проблемы, мешающие внедрению рекомендованных мероприятий по улучшению качества внутреннего воздуха во время пандемии. На них ссылались школы, расположенные по крайней мере в 11 из 47 округов (23 % участников опроса).

Несоответствие технического оснащения школы для реализации мероприятий было отмечено для всех стратегий без исключения, где требуется инженерное оборудование. Препятствием для применения очистителей воздуха с HEPA-фильтрами или перехода на фильтры MERV более высокой степени фильтрации наиболее ча-

сто называлась их высокая стоимость. Климатические и погодные условия были самыми распространенными причинами, чтобы отказаться от проветривания помещений посредством открытия окон и установки вытяжных вентиляторов в окнах.

Несмотря на то, что в большинстве школ наиболее приоритетным мероприятием назван переход на фильтры MERV более высокого класса фильтрации, некоторые из участников опроса столкнулись с тем, что не могут использовать даже рекомендованные фильтры класса MERV-13 по причине того, что установленная в школе система вентиляции устарела и несовместима с этими фильтрами. Другая проблема при переходе с фильтров класса MERV-8 или MERV-11 на фильтры MERV-13 – увеличение статического давления, что может привести к перегрузке в системе.

Также распространенной проблемой стал дефицит фильтров на рынке оборудования и их высокая стоимость. Несколько школ даже отметили, что им продали фильтры более низкого класса под видом продукции более высокого класса. Также респонденты жаловались на нехватку персонала для замены и обслуживания такого количества фильтров.

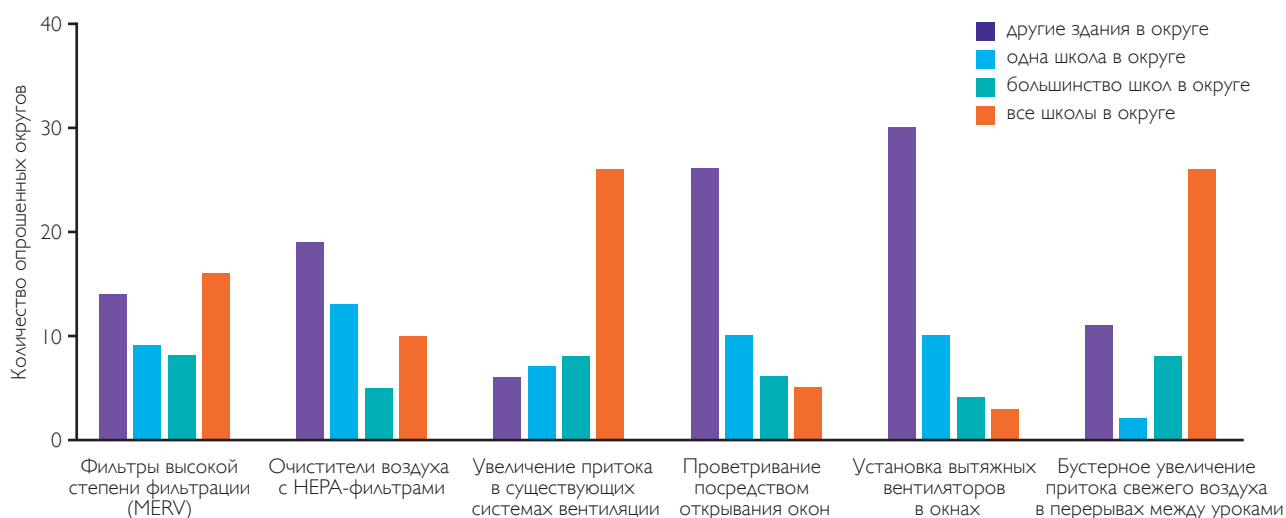


Рис. 2. Мероприятия по улучшению качества воздуха в помещениях, реализованные в округах в период пандемии

Энергосбережение в период пандемии

Участников опроса также попросили рассказать, как переход школ на удаленное обучение и последующее внедрение мероприятий по улучшению качества внутреннего воздуха повлияли на энергозатраты. Большинство отметили умеренное снижение расхода энергии (60 %) либо значительное снижение энергопотребления (28 %) во время удаленного обучения по сравнению с тем же периодом в предыдущем учебном году. Однако, когда респондентов попросили охарактеризовать энергозатраты в периоды, когда школы снова переходили на очное обучение, то все менялось в обратную сторону: более половины ответили, что расход энергии повысился либо умеренно (43 %), либо значительно (13 %). Часть респондентов (21 %) уверены, что внедрение мер по улучшению качества внутреннего воздуха никак не повлияло на расход энергии.

Факторы влияния на техническое состояние школ

Большинство участников опроса отмечали, что на успешность внедрения мер по улучшению качества внутреннего воздуха преимущественно повлияли:

- финансирование школ для борьбы с пандемией (некоторые из них из-за нехватки средств могли позволить себе лишь установку перегородок из оргстекла);
- быстрая реакция и слаженная работа руководства;
- инвестиции в техническое оборудование школ в предшествующий пандемии период.

Важнейший аспект для любого протокола качества внутреннего воздуха – своевременный осмотр и обслуживание систем ОВК здания. Примерно две трети (64 %) респондентов указали, что их вентиляционные системы недавно (на момент проведения опроса) прошли осмотр, но остальные ответили, что их системы ОВК либо не проходили инспекции, либо им об этом не известно.

Во многих опрашиваемых школах (66 %) качество внутреннего воздуха регулярно контролировалось. Однако многие респонденты не знали, какие именно параметры нужно отслеживать и с какой периодичностью, а в основном полагались на установленные в школах системы автоматизации, регулирующие такие параметры, как температура, относительная влажность и уровень CO_2 . В некоторых округах для школ закупили датчики для измерения уровня летучих органических соединений и содержания твердых микрочастиц в воздухе. Частота отбора проб сильно варьировалась, доходя в некоторых случаях до одного раза в 1–3 года. Сильно расходились мнения респондентов и в вопросе о том, каким должен быть воздухообмен.

Источники информации об улучшении качества внутреннего воздуха

Большинство (85 %) участников опроса в качестве источника информации о мерах по улучшению качества внутреннего воздуха использовали рекомендации ASHRAE. Следующими по популярности шли материалы Центра

#терминология

Процентиль (percentile) – показатель, используемый в статистике и показывающий значение, ниже которого падает определенный процент наблюдений в группе наблюдений. Процентили делят упорядоченные данные на сто равных частей. В рассортированных данных процентиль – это точка, показывающая процентное отношение значений в наборе данных, находящихся ниже данной точки.

по контролю и профилактике заболеваний CDC (72 %) и местных департаментов здравоохранения и образования (57 %). Кроме того, были названы рекомендации по качеству внутреннего воздуха для школ EPA, материалы ВОЗ, мнения экспертов по вентиляции, размещающих информацию в соцсетях, Центр зеленых школ Совета по здоровым зданиям (Center for Green Schools at USGBC) и Программа здоровых зданий при Гарвардской школе общественного здравоохранения им. Т. Х. Чана (HSPH Healthy Buildings Program). Некоторые школы хорошо справились с задачей благодаря долгосрочному партнерству с экспертами в области ОВК и их рекомендациям.

Большинством участников было отмечено, что выбор решений затрудняло разнообразие рекомендаций, иногда противоречащих друг другу. Было высказано пожелание, чтобы информация о мероприятиях готовилась централизованно (в идеале – консорциумом авторитетных профильных организаций) и содержала конкретные рекомендации для каждой климатической зоны. Кроме того, было отмечено, что в самом начале пандемии система здравоохранения рекомендовала в основном дезинфекцию поверхностей, средства индивидуальной защиты и соблюдение социальной дистанции, а не предотвращение передачи вируса по воздуху.

Создание здоровой среды в будущем

На фоне пандемии повысилась осведомленность людей о важности качества внутреннего воздуха в помещениях. Участники настоящего исследования выразили надежду, что это новое знание будет стимулировать внедрение мероприятий для создания здоровой среды в школах. Увидев положительное влияние на здоровье и успеваемость, около 70 % респондентов сообщили, что собираются и в будущем применять системы вентиляции и фильтрации, внедренные во время пандемии, а некоторые отметили, что планируют установить датчики уровня CO_2 в каждом классе.

Пандемия подчеркнула необходимость создания здоровой среды обитания. Исследования, число которых за последнее время существенно возросло, подтвердили, что высокое качество внутреннего воздуха в школах не только снижает распространение вируса, но и приводит к повышению успеваемости, улучшению результатов обучения и уменьшению количества дней, пропущенных по болезни. Своевременные инвестиции в поддержание технического оснащения школ позволяют сберечь средства в долгосрочной перспективе. ■