СОДЕРЖАНИЕ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА В ШКОЛЬНОМ ПОМЕЩЕНИИ И ЗДОРОВЬЕ ШКОЛЬНИКОВ

Зубова Е.В.

с. Кинель – Черкассы, Самарская область, ГБОУ СОШ № 2 «ОЦ», 7 «А» класс

Руководитель: Горячкина И.А., с. Кинель – Черкассы, Самарская область, ГБОУ СОШ № 2 «ОЦ», учитель химии и биологии

Без углекислого газа, как и без кислорода, жизнь человека невозможна. Углекислота стимулирует защитные системы нашего организма, помогая справляться с физическими и интеллектуальными нагрузками. Но только в определенных дозах. Когда же наступает момент, при котором углекислый газ начинает нас медленно убивать?

Свежий морской или загородный воздух содержит около 0,03-0,04% углекислого газа и это тот уровень, который необходим для нашего дыхания. Одновременно нам знакомо ощущение духоты в помещении и симптомы связанные с этим: усталость, сонливость, раздражительность. Такое состояния многие связывают с нехваткой кислорода. На самом деле, это симптомы вызваны превышением уровня углекислого газа в воздухе. Кислорода еще достаточно, а углекислота уже в избытке. Мало кто знает, что чистый воздух за городом содержит около 0,04% углекислого газа, и, чем ближе содержание CO_2 в помещении к этой цифре, тем лучше чувствует себя человек. Предельно допустимой нормой содержания углекислого газа в воздухе внутри помещений считается 0,1-0,15%.

Человек является основным источником углекислого газа в помещении, поскольку мы выдыхаем от 18 до 25 литров этого газа в час. Повышенное содержание уровня углекислого газа может наблюдаться во всех помещениях, где находятся люди: в школьных классах и институтских аудиториях, в комнатах для совещаний и офисных помещениях, в спальнях и детских комнатах.

Классная комната – одно из основных рабочих помещений школы. В разных кабинетах учитель и группа учащихся (класс) проводят по 5 – 6 часов в день. От качества среды в учебных помещениях во многом зависит их самочувствие, работоспособность, состояние здоровья.

Когда вы входите в помещение, где много людей, то практически всегда чувствуете, что там тяжелее дышится, чем снаружи. Хочется сказать «не хватает кислорода». Это неверно – кислорода все еще более чем достаточно, но в помещении повысилась концентрация углекислого газа. Что происходит при этом с нашим организмом? Насколько это вредно?

Объект исследования: воздух в помещениях школы.

Предмет исследования: углекислый газ, который образуется в течение учебного процесса.

Цель нашей работы: определить влияние содержания углекислого газа в школьных помещениях на здоровье школьников и выявить способы очистки воздуха.

Задачи:

1. Выяснить роль углекислого газа, как составную часть атмосферного воздуха.
2. Измерить содержание углекислого газа в различных помещениях школы.
3. Проанализировать количественные показатели содержания углекислого газа, выработать рекомендации по снижению CO_2 в классных помещениях.

Гипотеза: Концентрацию CO_2 можно регулировать проветриванием кабинета и наличием комнатных растений.

Методы исследования:

1. химический эксперимент,
2. физические исследования,
3. математические вычисления,
4. изучение статистических данных.

Практическое значение работы: обусловлено необходимостью поиска способов очистки воздуха в помещениях с целью сохранения здоровья школьников и использование результатов для формирования здорового образа жизни.

Теоретическая часть

Что нужно знать об углекислом газе

Атмосфера – смесь различных газов, окружающих Землю. Чистый атмосферный воздух у поверхности Земли имеет следующий химический состав: азот – 78,1%, кислород – 20,93%, углекислота – 0,03–0,04%, аргон, гелий, криптон и др. – около 1%.

Содержание указанных частей в чистом воздухе постоянно. Изменения происходят чаще всего за счет ее загрязнения различными выбросами промышленных и сельскохозяйственных предприятий, выхлопными газами автотранспорта. В жилых помещениях изменения вызваны, прежде всего, газообразными продуктами жизнедеятельности людей и некоторыми бытовыми устройствами (газовые плиты). Так, в выдыхаемом

человеком воздухе кислорода содержится на 25% меньше, чем во вдыхаемом, а углекислого газа – в 100 раз больше.

Двуокись углерода (или углекислый газ) образуется в результате окислительно-восстановительных процессов, протекающих в организме людей и животных, горения топлива, гниения органических веществ. В чистом загородном воздухе 380-400 ppm углекислого газа, т.е. 0,038-0,04%. Эти концентрации оптимальны для дыхания человека.

Содержание углекислого газа в атмосферном воздухе за последние 50 лет увеличилось на 20% и постоянно продолжает расти – особенно в крупных городах за счет выхлопов автомобилей и промышленных выбросов. В воздухе городов концентрация углекислого газа увеличивается до 0,045%, в жилых и общественных зданиях (при плохой вентиляции) – до 0,6–0,8%.В закрытом помещении уровень углекислого газа повышается гораздо быстрее, чем убывает кислород. Замеры показывают, что, даже когда в школьном классе уровень CO_2 достигает 1000 ppm (0,1%), содержание кислорода практически не меняется. Конечно, увеличение углекислого газа зависит от количества людей в этом помещении, от их веса и того, что они при этом делают. Взрослый человек в покое выделяет в среднем 22 л углекислоты в час, а при физической работе – в 2–3 раза больше.

Исследователи знают, что существует связь между концентрацией CO_2 и ощущением духоты. Человек начинает ощущать симптомы «нехватки свежего воздуха» (а на самом деле повышенной концентрации углекислого газа) уже при его уровне 0,08%, т.е. 800 ppm. Признаки ухудшения самочувствия у человека появляются только при продолжительном вдыхании воздуха, содержащего 1,0–1,5% углекислого газа, выраженные функциональные изменения – при концентрации 2,0–2,5% и резко выраженные симптомы (головная боль, общая слабость, одышка, сердцебиение, понижение работоспособности) – при 3–4%.

Гигиеническое значение углекислого газа заключается в том, что он служит косвенным показателем общего загрязнения воздушной среды помещений. Параллельно с увеличением его содержания повышаются температура, относительная влажность, запыленность воздуха, изменяется его ионный состав, главным образом за счет увеличения положительных ионов.

Гигиенической нормой содержания углекислого газа в воздухе жилых и служебных помещений, спортивных залов считается концентрация 0,1%.

Влияние углекислого газа на организм

Последние исследования ученых показали, что нахождение в помещении с повышенной концентрацией CO_2 в воздухе может даже привести к негативным изменениям в крови. Под влиянием углекислого газа происходит снижение величины pH в сыворотке крови (увеличению ее кислотности), что ведет к ацидозу. В этом состоянии организм плохо усваивает минералы, такие как кальций, натрий, калий и магний, которые, благодаря избыточной кислотности, выводятся из организма. Ацидоз может вредить организму незаметно, но постоянно в течение нескольких месяцев и даже лет. Ацидоз может спровоцировать заболевания сердечнососудистой системы, прибавление в весе и диабет, снижение иммунитета, проблемы с опорно-двигательным аппаратом, общую слабость и др. Особенно негативно CO_2 влияет на людей, болеющих аллергией и астмой.

Многолетний опыт наблюдений за людьми, длительно находящимися в замкнутом пространстве, показывает, что они могут на протяжении многих часов и даже нескольких суток находиться в атмосфере с 3%-ным содержанием углекислоты, если ее нарастание в воздухе идет постепенно, а физическая деятельность человека при этом минимальная. Но в таких условиях резко снижается умственная и физическая работоспособность, продолжают нарастать симптомы неблагоприятного действия углекислого газа.

Как правило, концентрация CO_2 в воздухе составляет 0,03% (по объему) и для нормального функционирования организма человека не должна быть больше. Тело человека имеет определенную приспособляемость, и с течением времени может привыкнуть к концентрации 0,15%. В общем, надо сказать, что углекислый газ в высокой концентрации вреден:

1) при концентрации выше 5% в течение длительного времени постепенно увеличивает уровень CO_2 в организме, приводит к гипоксии и после 30 минут к затрудненному дыханию депрессии на уровне сознания, судорогам,

2) при концентрации 8-10% появляется углубление дыхания, одышка, тахикардия, головная боль, возбуждение, головокружение, слабость, судороги и потеря сознания в конце концов,

3) при концентрации около 15% – головная боль, головокружение, стеснение в груди, психомоторное возбуждение, бессознательное состояние. Пульс и дыхание ослаблены, затрудненное дыхание, судороги и смерть,

4) при концентрации 30-40% – немедленная смерть из-за паралича центральной нервной системы и остановки дыхания.

Особое внимание следует уделить качеству воздуха, которым дышат дети в классах. Концентрация углекислого газа в воздухе классной комнаты может увеличиться в несколько раз к концу занятия. У детей, обучающихся в классах с высокой концентрацией углекислого газа часто наблюдается тяжелое дыхание, одышка, сухой кашель и ринит, эти дети имеют ослабленную носоглотку.

Рост концентрации углекислого газа в помещении приводит к возникновению приступов астмы у детей-астматиков. Из-за повышения концентрации углекислого газа в школах увеличивается число пропусков уроков учащимися по болезни. Респираторные инфекции и астма являются основными заболеваниями в таких школах.

Повышение концентрации углекислого газа в классе негативно влияет на результаты учебы детей, снижает их работоспособность (*см. Приложение*). Наиболее подвержены негативному влиянию углекислого газа в помещении дети, страдающие аллергией, астмой и другими заболеваниями дыхательных путей.

В спортзале, при физической деятельности в плохо проветриваемом помещении ребенок, прежде всего, почувствует гиперкапнию, чем гипоксию (нехватку кислорода). Гиперкапния – состояние организма, вызванное повышением парциального давления углекислого газа в артериальной крови. Длительная гиперкапния характеризуется расширением сосудов миокарда и головного мозга, что может привести к росту кислотности крови, вторичному спазму кровеносных сосудов, замедлению сердечных сокращений, различным болезненным состояниям. При наступлении гиперкапнии отмечается появление испарины, головная боль, головокружение и одышка, что, как правило, объясняется физическим утомлением и воспринимается, чуть ли не как доказательство двигательной активности.

Одной из причин повышения уровня CO_2 в помещениии может быть и установка пластиковых окон, т.к. они лишают помещение естественной вентиляции и углекислый газ может накапливаться. Комната, закрытая пластиком, превращается в закупоренную камеру, и углекислый газ в таких условиях может превышать нормативы во много раз.

Практическая часть

Измерение содержания углекислого газа в различных помещениях школы

Экспресс-метод определения углекислого газа в воздухе.

Для выполнения работы требуется:

– медицинский шприц на 100–150 мл;

– химический стакан, вместимостью 50–100 мл;

– 0,005 % раствор карбоната натрия, для приготовления которого 1 г химически чистого безводного карбоната натрия растворяют в 200 мл свежеприготовленной дистиллированной воде, а затем добавляют 0,5 мл 1 %-го раствора фенолфталеина;

– рабочий раствор, 1 мл 0,005 % раствор карбоната натрия помещают в мерную колбу на 100 мл, доводят объем дистиллированной водой до метки и перемешивают.

При определении оксида углерода в шприц набирают 20мл рабочего раствора карбоната натрия, затем оттягивают поршень и засасывают исследуемый воздух. После этого шприц встряхивают в течение одной минуты. Если раствор остается розовым, то воздух выталкивают из шприца, набирают новую порцию воздуха и опять встряхивают одну минуту. Новые порции воздуха добавляют до обесцвечивания раствора. Если раствор обесцвечивается менее чем за 1 мин, то опыт повторяют с меньшим количеством воздуха. Ход реакции: $Na_2CO_3 + H_2O + CO_2 \rightarrow 2NaHCO_3$.

Мы измерили концентрацию углекислого газа в следующих помещениях: рекреация (1 этаж), кабинет химии, кабинет начальных классов, спортзал.

Учитывая объем исследуемого воздуха, потребовавшийся для обесцвечивания раствора карбоната натрия, определяют по специальной таблице содержание двуокиси углерода в воздухе:

Таблица 1

Зависимость содержания углекислого газа (в %) в воздухе от объема воздуха, обесцвечивающего 20 мл 0,005 %-ного раствора соды

Объем воздуха, мл.	Концентр. CO_2 (%)	Объем воздуха, мл	Концентр. CO_2 (%)	Объем воздуха, мл	Концентр. CO_2 (%)
80	0,32	330	0,116	410	0,084
160	0,208	340	0,112	420	0,080
200	0,182	350	0,108	430	0,076
240	0,156	360	0,104	440	0,070
260	0,144	370	0,100	450	0,066

Окончание табл. 1

Объем воздуха, мл.	Концентр. CO_2 (%)	Объем воздуха, мл	Концентр. CO_2 (%)	Объем воздуха, мл	Концентр. CO_2 (%)
280	0,136	380	0,096	460	0,060
300	0,128	390	0,092	470	0,056
320	0,120	400	0,088	480	0,052

Измерения проводились в течение с пяти дней. Полученные результаты занесли в табл. 2.

Таблица 2

Концентрация углекислого газа (%) в школьных помещениях в течение недели

	Понедельник		Вторник		Среда		Четверг		Пятница	
	Объём воздуха мл.	Концентрация CO_2	Объём воздуха мл.	Концентрация CO_2	Объём воздуха мл.	Концентрация CO_2	Объём воздуха мл.	Концентрация CO_2	Объём воздуха мл.	Концентрация CO_2
Атмосферный воздух	360	0,104	340	0,112	340	0,112	320	0,120	320	0,120
Окончание урока	80	0,18	100	0,144	100	0,144	80	0,18	100	0,144
После проветривания	120	0,12	160	0,09	140	0,102	120	0,12	140	0,102
После сквозного проветривания	-	-	-	-	160	0,09	200	0,072	170	0,084
Рекреация	100	0,144	80	0,18	80	0,18	100	0,144	80	0,18

Рассчеты велись по формуле

$$X = \frac{0,04 * N}{Ni} \ (\%),$$

где N – число подач шприцем воздуха открытой атмосферы; Ni – чило подач шприцем воздуха закрытого помещения; 0,04 % – содержание углекислого газа в воздухе.

Анализ позволяет сделать несколько очевидных *выводов:*

- содержание CO_2 в исследуемых помещениях не превышает гигиенический норматив по максимально допустимой концентрации (0,07-0,1);
- наибольшая концентрация углекислого газа наблюдалась в учебные дни полной посещаемости учащихся сортивного зала;
- учителя следят за воздушным режимом и регулярно проветривает помещение, т.к. концентрация CO_2 в начале урока наименьшая;
- снижение уровня CO_2 наблюдается во время перемены, когда учащиеся покидают помещения и они проветриваются,
- высокая концентрация CO_2 в рекреации во время перемены связана с большим количеством учащихся, т.к. они выходят на перемене в коридор, а данные помещения не проветриваются.

Измерение содержания углекислого газа в кабинете химии с помощью цифровой лаборатории «Einstein™Tablet+»

В прошлом учебном году наша школа для организации исследовательской работы и проведения демонстрационных экспериментов по химии и физике получила цифровые лаборатории «Einstein™Tablet+».

Поэтому, с целью измерение содержания углекислого газа в кабинете химии была использована данная лаборатория, к которой был подключен датчик углекислого газа. Мы задали время эксперимента и частоту выборки для установления уровня углекислого газа в кабинете химии.

Измерение 1. Цель: выяснить, с какой скоростью восстанавливается нормальный уровень углекислого газа. Настройки: измерение каждую секунду. Время эксперимента 2400 сек (40 мин, 1 урок), датчик находится у доски; первые 5 минут урока был опрос у доски и учащиеся были в непосредственной близости от датчика. Затем поблизости от датчика ни кого не было.

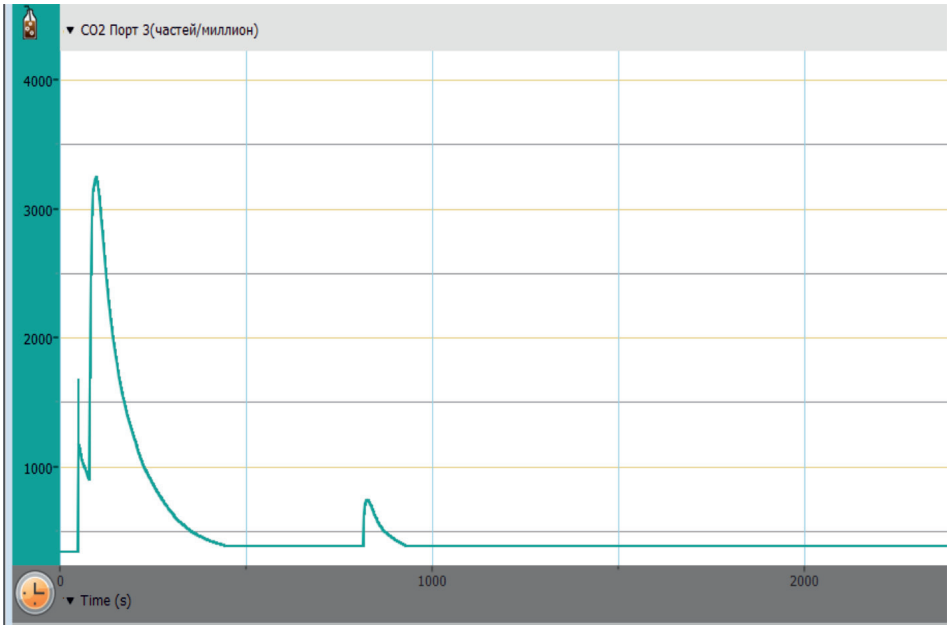

Рис. 1. Изменение концентрации углекислого газа в начале урока

Вывод: выделение углекислого газа происходит быстро, а восстановление нормальной концентрации замедленно.

Измерение 2. Цель: сравнить, как растения влияют на уровень углекислого газа, который выделяется при дыхании группы учащихся. Настройки: измерение каждую секунду. Время эксперимента 24500 сек (416 мин, 8 уроков и перемены между ними), датчики были расположены в центре класса (зеленый график) и в цветочной зоне (синий график). В кабинете било проведено 5 уроков, затем кабинет был пустой.

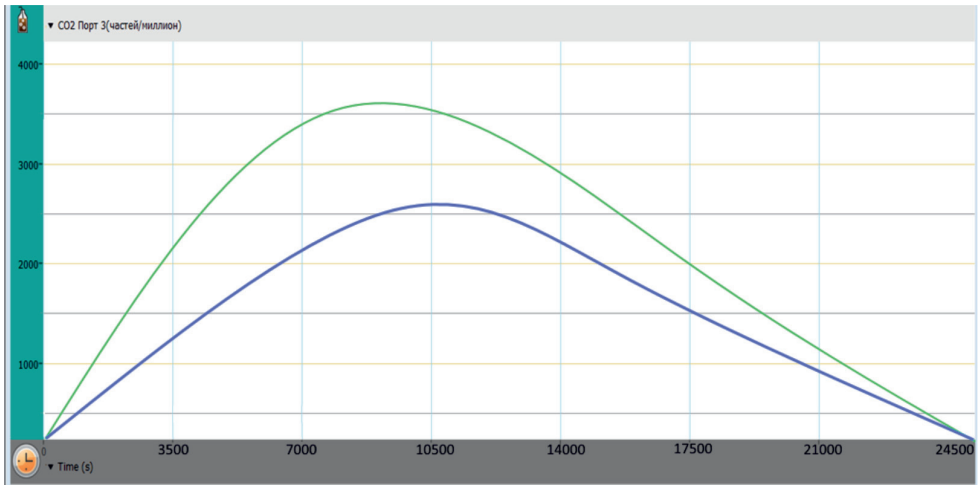

Рис. 2. Изменение концентрации углекислого газа в течение дня

Вывод: в цветочной зоне концентрация углекислого газа значительно меньше. Поэтому кабинет без комнатных растений провоцирует значительное увеличение уровня углекислого газа, что приводит в конечном итоге к понижению работоспособности учащихся.

Измерение 3. Цель: выяснить, с какой скоростью восстанавливается нормальный уровень углекислого газа в кабинете после проветривания.

На той же неделе при той же загруженности кабинета было проведено аналогичное исследование с размещением датчика в центре кабинета, но основное отличие – после окончания уроков было проведено проветривание.

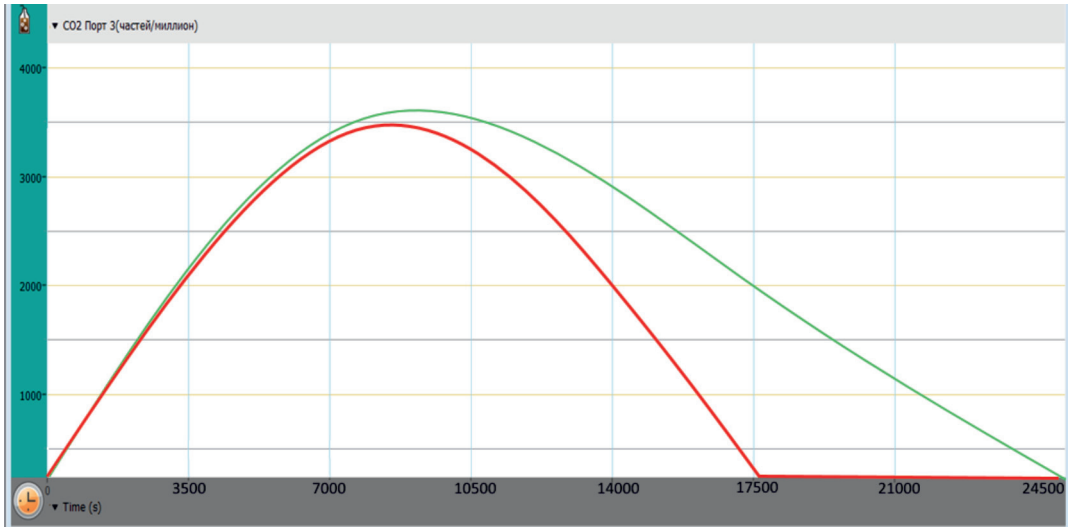

Рис. 3. Изменение концентрации углекислого газа после проветривания кабинета

Вывод: это привело к резкому спаду углекислого газа (красный график) и восстановлению нормального состояния уровня кислорода в кабинете.

Выводы и рекомендации по результатам проведенной работы

Анализ позволяет сделать несколько очевидных выводов. Во-первых, концентрация углекислого газа во всех школьных помещениях в течение всей недели выше нормы. Во-вторых, наибольшее содержание углекислого газа в учебные дни наблюдается в помещениях, в которых происходит образовательный процесс. В них дети проводят большую часть времени. В-третьих, пик концентрации углекислого газа наблюдается в школьном спортзале, что очевидно связано с большой двигательной активностью учащихся.

Вывод: школьные помещения не проветриваются должным образом, что отрицательно сказывается на самочувствии учеников и учителей. Как же можно решить эту проблему?

Во-первых, это длительное проветривание всех помещений. Кратковременное проветривание слабоэффективное и практически не уменьшает содержание углекислого газа в воздухе. Для поддержания по-настоящему здорового микроклимата нужно держать окна открытыми в течение всего урока. Часто это невозможно из-за шума под окнами, холодных сквозняков, неприятных запахов, дыма и так далее.

Учителям необходимо регулярно проветривать классные помещения.

Наружная температура	Длительность проветривания помещения (мин)	
	В малые перемены	В большие перемены между сменами
От +10 до +6	4 -10	25 – 35
От +5 до 0	3 – 7	20 – 30
От 0 до – 5	2 – 5	15 – 25
От – 5 до –10	1 – 3	10 – 15
Ниже -10	1 – 1,5	5 – 10

Уровень концентрации углекислого газа в воздухе выше нормы после 6 урока, поэтому необходимо проветривать помещение после 3 урока, так как концентрация CO_2 в помещении становится критической.

Установка пластиковых стеклопакетов в школе требует дополнительного внимания к системе вентиляции и воздухообмена, например, установке приточной вентиляции по всей школе или установки кондиционеров в отдельных кабинетах.

Во-вторых, с помощью комнатных растений, таких как: хлорофитум хохлатый, глоксиния, бегония, сансевиерия трехполостная и др. Но поскольку поглощение ими избыточной углекислоты из воздуха происходит только на свету, то одним им вряд ли справиться.

В-третьих, углекислый газ можно удалять из воздуха помещения специальными приборами. Эти приборы называются абсорберами (поглотителями) углекислого газа. В основе действия абсорбера углекислого газа заложен принцип захвата молекул CO_2 специальным веществом.

Заключение

Здоровье человека зависит во многом от воздуха, который он вдыхает. В повседневной жизни, когда мы находимся в помещении, воздух насыщен токсичными веществами, которые выделяют покрытия мебели (лаки, пластик).

Очень важно то, каким воздухом дышит ребенок во время своего развития, ведь организм ребенка более подвержен негативному влиянию отравляющих веществ. За последние два десятилетия в развитых европейских странах количество аллергических и астматических заболеваний удвоилось. В 2004 году, в рамках ежегодной конференции Европейского Респираторного Общества, была высказана гипотеза о том, что основной причиной увеличения заболеваний является негативное воздействие загрязненного воздуха и повышенного уровня углекислого газа во внутренних помещениях.

Специальный представитель Генерального директора ВОЗ в России Микко Виенонен в своем докладе о неблагоприятных тенденциях заболеваемости подростков, сообщил, что в России наблюдается рост количества детей и подростков с заболеваниями респираторной системы и бронхиальной астмы. В структуре заболеваемости детей доминируют болезни органов дыхания. Дети, страдающие аллергией, астмой и другими заболеваниями дыхательных путей, наиболее подвержены негативному влиянию углекислого газа в помещении.

Очень важно не допустить повышения уровня заболеваемости учащихся. Создание в классе наиболее благоприятных гигиенических условий – один из факторов, влияющих на работоспособность и физиологическое состояние организма.

Вот о чем следует задуматься родителям, чтобы понять хорошее ли качество воздуха в школе, где учится ребенок: ваш ребенок кашляет и чихает больше, чем раньше, у него начали проявляться симптомы аллергии и участились заболевания верхних дыхательных путей, ваш ребенок лучше себя чувствует в выходные дни, когда не ходит в школу. Тогда, возможно, уровень углекислого газа в классе, где он учится выше нормы.

Подводя итог вышесказанному, можно сделать *общий вывод:* измерение содержания углекислого газа в различных помещениях школы и анализ количественных показателей доказывает, что концентрацию CO_2 можно регулировать проветриванием кабинета и наличием комнатных растений, т.е. нам удалось доказать гипотезу и выработать рекомендации по снижению CO_2 в классных помещениях.

Приложение

Негативные физиологические проявления
при различных уровнях концентрации углекислого газа

Уровень CO_2, ppm	Физиологические проявления
Атмосферный воздух 380-400	Идеальный воздух для здоровья и хорошего самочувствия.
400-600	Нормальное количество воздуха. Рекомендовано для детских комнат, спален, офисных помещений, школ и детских садов.
600-1000	Появляются жалобы на качество воздуха. У людей, страдающих астмой, могут учащаться приступы.
Выше 1000	Общий дискомфорт, слабость, головная боль, концентрация внимания падает на треть, растёт число ошибок в работе. Может привести к негативным изменениям в крови, также могут появиться проблемы с дыхательной и кровеносной системой.
Выше 2000	Количество ошибок в работе сильно возрастает, 70% учащихся, сотрудников не могут сосредоточиться на работе.

Примечание: Единицы измерения уровня CO_2 – ppm (parts per million). Это миллионная доля, аналогичная по смыслу проценту или промилле. 1000 ppm = 0,1 % CO_2 в воздухе.

Список литературы

1. Быховская М.С., Гинзбург С.Л., Хализова О.Д. Методы определения вредных веществ в воздухе. – М., 2003.

2. Гурина И.В. Безопасный уровень углекислого газа требует ревизии // Экологический Вестник России. – 2008. – № 10.

3. Казин Э.М. Основы индивидуального здоровья человека // Введение в общую и прикладную валеологию. – М.: Владос, 2000.

4. Шилькрот Е.О., Губернский Ю.Д. Сколько воздуха нужно человеку для комфорта? // Журнал АВОК № 4/2008.

5. Школьный экологический мониторинг: Учебно-методическое пособие. – М.: АГАР, 2000.

6. http://www.enontek.ru/publikacii/ehkovestnik-10-2008

7. http://dom-v-provodah.ru/post/93

8. http://www.beloveshkin.com/2015/04/uglekislyj-gaz-v-pomeshhenii.html