

**Республиканский конкурс научных биолого-экологических работ  
учащихся учреждений общего среднего и дополнительного образования  
детей и молодёжи  
Государственное учреждение образования «Вязьевская средняя  
школа»**

**ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА**

**«Оценка загрязнения воздуха помещения продуктами метаболизма  
по содержанию двуокиси углерода»**

**Автор:**

**Кондратёнок                      Виктория**

**Дмитриевна ,**

*учащаяся 9 класса*

*ГУО «Вязьевская средняя  
школа»*

**руководитель:**

**Сащико Лилия Ивановна,**

**учитель биологии**

*ГУО «Вязьевская средняя  
школа»*

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение

5

8

8

9

9

10

10

13

15

15

17

**ВВЕДЕНИЕ**

Воздух – это неотъемлемая часть в жизни каждого человека, один из источников жизни. Гиппократ, отец медицины, называл воздух «пастищем жизни». Без еды человек может прожить несколько недель, без воды – несколько дней, то без воздуха мы погибаем через несколько минут. Важно, каким воздухом мы дышим, потому что это оказывает влияние на нашу работоспособность, самочувствие, настроение. Когда мы хотим сказать, что без чего-то совершенно не можем обойтись, то говорим: «Нужен как воздух...». Но на самом деле нам необходим не сам воздух, а содержащийся в нем кислород.

Большинство помещений представляют собой замкнутое пространство, и постепенно концентрация кислорода в них снижается. Изменение химического состава воздуха помещения вызвано, прежде всего, дыханием.

Мы вдыхаем кислород, а выдыхаем углекислый газ, и это общеизвестно. За 1 час взрослый человек без физических нагрузок потребляет около 25 литров кислорода и выделяет примерно 22 литра углекислого газа, а во время тренировок, активных движений это количество возрастает до 36 литров. Воздух, который мы выдыхаем, содержит в 100 раз больше этого компонента, чем тот, что содержится в атмосфере. Однако многие не задумываются о том, что  $\text{CO}_2$  накапливается в помещении с недостаточной вентиляцией, изменяя состав и качество воздуха. По сути, это побочный продукт нашей жизнедеятельности, а мы, находясь в закрытом помещении, вынуждены вдыхать его повторно. Загрязненный воздух провоцирует ухудшение самочувствия у людей. Самые распространенные «симптомы» – сонливость, апатия, потеря концентрации, головная боль.

Дети школьного возраста проводят большую часть своего времени в помещениях, в учреждениях образования школьники ежедневно находятся от 4 до 10 часов, а значит для сохранения здоровья, высокого уровня работоспособности, характера настроения и самочувствия большое значение имеют параметры внутренней среды классов, экология класса.

Важным элементом экологии класса, обеспечивающим комфорт и сохранение здоровья, является показатель качества воздуха. Известно, что организм ребёнка в большей степени подвержен влиянию неблагоприятных воздействий окружающей среды.

Присутствие в помещении людей и животных приводит к загрязнению воздуха продуктами метаболизма. Выдыхаемый воздух содержит всего 15,1-16% кислорода и 3,4-4,7% углекислого газа, насыщен водяными парами и имеет температуру около 37°. В воздух поступают патогенные микроорганизмы, химические соединения, уменьшается количество легких

ионов и накапливаются тяжелые. Изменение физико-химических свойств воздуха неблагоприятно сказывается на самочувствии человека и его работоспособности. Обнаружение в воздухе всех многочисленных продуктов метаболизма связано с большими трудностями, поэтому принято качество воздушной среды в помещениях оценивать косвенно по интегральному показателю – содержанию углекислого газа. Предельно допустимая концентрация  $\text{CO}_2$  в помещениях – 1,0%. Более высокое содержание  $\text{CO}_2$  сопровождается таким суммарным изменением состава воздуха в помещении, которое неблагоприятно сказывается на состоянии находившихся в нем людей, хотя сам по себе углекислый газ и в значительно более высоких концентрациях не проявляет токсических свойств.

О качестве воздуха в помещениях принято судить по содержанию в нем углекислого газа. Установлено, что человек чувствует себя комфортно, если оно не превышает 0,1 %. В классных помещениях углекислого газа в 23 раза больше, чем под открытым небом.

На сегодняшний день в школе остро стоит проблема сохранения здоровья учащихся. И хотя образовательная функция школы по-прежнему остается ведущим аспектом ее деятельности, важным фактором в оценке степени и качества обученности становится состояние здоровья школьника. Проблема экологического состояния школьного кабинета сегодня является достаточно актуальной. Для сохранения здоровья и работоспособности мы должны заботиться о чистоте воздуха в классной комнате.

**Цель** исследования – определить содержание углекислого газа в школьных кабинетах

**Задачи:**

1. Проанализировать экологическую среду школьного кабинета и её соответствие СГН. (Санитарно – гигиенические нормы)
2. Познакомиться с доступными методиками для определения содержания углекислого газа в помещении.
3. Познакомиться с ролью углекислого газа как составной частью атмосферного воздуха.
4. Определить содержание углекислого газа в различных кабинетах школы.
5. Проанализировать количественные показатели содержания углекислого газа до занятий и после занятий.
6. Сделать выводы.

**Объект исследования:** школьный кабинет, его экологическое состояние.

**Предмет исследования:** содержание углекислого газа

**Место исследования:** кабинеты ГУО «Вязьевская средняя школа»

**Сроки проведения:** сентябрь 2017года – октябрь 2017 года.

**Практическая значимость.** Результаты нашего исследования имеют практическую значимость и важны не только для нашей школы, но и для всех, кого беспокоит состояние здоровья современного школьника.

**Методы исследования :**

- химический эксперимент;
- физические исследования;
- математические вычисления;
- изучение статистических данных.

**Гипотеза:** концентрация углекислого газа к концу урока сильно возрастает и зависит от проветривания кабинета.

## Литературный обзор

Воздушная среда влияет на здоровье, общее самочувствие учащихся, их работоспособность на уроках. Изменения химического состава воздуха помещения вызвано, прежде всего, дыханием. Во время пребывания учащихся в классных помещениях уменьшается количество кислорода, увеличивается количество углекислого газа (от 0,03 до 1,84%), водяных паров, положительных ионов, количество бактерий, повышается температура, запыленность, в нем появляются органические примеси, аммиак, сероводород.

О качестве воздуха в помещениях принято судить по содержанию в нем углекислого газа. Установлено, что человек чувствует себя комфортно, если оно не превышает 0,1%. Скопление вредных газов происходит преимущественно в верхней части помещения. При высоте помещения 3,5 м. на одного учащегося приходится около 4,4 кубических метров воздуха. За 40-45 минут через легкие ребенка 10-12 лет проходит 12,5 кубических метров воздуха.

Для охраны воздушной среды надо знать, по каким параметрам следует оценивать как окружающую атмосферу, так и воздух в жилых и производственных помещениях.

### **Свойства углекислого газа**

Диоксид углерода ( $\text{CO}_2$ ) - газообразный компонент атмосферы земли. Концентрация  $\text{CO}_2$  в окружающем воздухе равна 0,04% или 400ppm.

Углекислый газ – газообразное вещество без цвета и запаха. Тяжелее воздуха. Термически устойчив. При сжатии и охлаждении легко переходит в жидкое и твердое состояния. Углекислый газ в твердом агрегатном состоянии носит название «сухой лед» и легко возгоняется при комнатной температуре. Углекислый газ плохо растворим в воде, частично реагирует с ней. Плотность – 1,977 г/л.

Диоксид углерода инертен. С сильными основаниями он как ангидрид угольной кислоты энергично реагирует, образуя карбонаты. При высокой температуре реагирует с сильно электроположительными металлами, отдавая полностью или частично свой кислород. Диоксид углерода образуется при разложении органических углеродсодержащих веществ, в процессах брожения, при сжигании топлива, является продуктом обмена веществ в

организме и играет важную роль в процессе фотосинтеза. Получают диоксид углерода обжигом известняка или мела.

Нормальное содержание  $\text{CO}_2$  в воздухе составляет 0,03 – 0,04%

### **Роль углекислого газа как составной части атмосферного воздуха**

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.

В связи с активным использованием человечеством ископаемых энергоносителей в качестве топлива, происходит быстрое увеличение концентрации этого газа в атмосфере. Впервые антропогенное влияние на концентрацию двуокиси углерода отмечается с середины XIX века. Начиная с этого времени, темп её роста увеличивался и в конце 2000-х происходил со скоростью  $2,20 \pm 0,01$  ppm/год или 1,7 % за год. Согласно отдельным исследованиям, современный уровень  $\text{CO}_2$  в атмосфере является максимальным за последние 800 тыс. лет и, возможно, за последние 20 млн. лет. [ ]

В 2016 году зафиксирован рекордный рост содержания углекислого газа в атмосфере. Концентрация углекислого газа в атмосфере в 2016 году побилла предыдущие рекорды и достигла самой высокой отметки за 800 тыс. лет. Об этом говорится в новом докладе Всемирной метеорологической организации (ВМО). Концентрация углекислого газа в минувшем году составила 403,3 частицы на миллион (в 2015 году этот показатель был 400).

Роль углекислого газа в жизнедеятельности биосферы состоит, прежде всего, в поддержании фотосинтеза, который осуществляется растениями.

Являясь парниковым газом, двуокись углерода в воздухе оказывает влияние на теплообмен планеты с окружающим пространством, эффективно блокируя переизлучаемое тепло на ряде частот, и таким образом участвует в формировании климата планеты.

Несмотря на относительно небольшую концентрацию в воздухе,  $\text{CO}_2$  является важной компонентой земной атмосферы, поскольку он поглощает и переизлучает инфракрасное излучение на различных длинах волн, включая длину волны 4,26 мкм (вибрационный режим — асимметричное растяжение

молекулы) и 14,99 мкм (изгибные колебания). Данный процесс исключает или снижает излучение Земли в космос на этих длинах волн, что приводит к парниковому эффекту. Двуокись углерода является более тяжелым газом по сравнению с воздухом. Так как средняя относительная молярная масса воздуха составляет 28,98 г/моль, а молярная масса  $\text{CO}_2$  — 44,01 г/моль, то увеличение доли углекислого газа приводит к увеличению плотности воздуха и, соответственно, к изменению профиля его давления в зависимости от высоты. В силу физической природы парникового эффекта, такое изменение свойств атмосферы приводит к увеличению средней температуры на поверхности. В целом, увеличение концентрации с доиндустриального уровня 280 ppm до современного 392 ppm эквивалентно дополнительному выделению 1,5 Вт на каждый квадратный метр поверхности планеты. Данный газ также обладает уникальным свойством длительного воздействия на климат, которое после прекращения вызвавшей его эмиссии остается в значительной степени постоянным на протяжении до тысячи лет. Другие парниковые газы, такие как метан и оксид азота, существуют в свободном состоянии в атмосфере на протяжении более короткого времени.

Деревья, в свою очередь, испытывают жизненную необходимость в углекислом газе. Зеленые растения поглощают углекислый газ из воздуха через поры в листьях. Он соединяется с водой, а затем с помощью солнечного света углекислый газ и вода превращаются в крахмал и другую пищу для растения. Растение при этом выделяет кислород.

Итак, растения выделяют кислород и поглощают углекислый газ. Люди и животные вдыхают кислород, а выдыхают углекислый газ. Это поддерживает постоянное количество кислорода и углекислого газа в воздухе.

Углекислый газ имеет и промышленное применение, самое из известное из которых — это газирование напитков.

**Влияние на человека повышенного содержания углекислого газа во вдыхаемом воздухе.**

Современный человек почти 90% своего времени проводит в помещении. Дети ходят в большую группу в детский сад, школьники и студенты сидят в классах по 40 человек и больше, а взрослые проводят в учреждениях и офисах гораздо больше положенных восьми часов в день. Когда вы входите в помещение с большим количеством людей, практически всегда чувствуете, что там более душно, чем снаружи. Хочется сказать «не хватает кислорода». Это миф. На самом деле кислорода еще более чем достаточно, но в помещении повысилась концентрация углекислого газа. Что происходит при этом с нашим организмом? Насколько это вредно? Современные исследования доказывают, что повышенное содержание  $\text{CO}_2$  во



вдыхаемом воздухе негативно влияет на кровь, слизистые, дыхательную систему, мочевыводящую систему, костную ткань, иммунитет и умственную деятельность человека.

Лучше всего дышится на природе. В чистом загородном воздухе 380-400 ppm углекислого газа, то есть 0,038-0,04%. Это оптимальное содержание для дыхания человека.

Содержание углекислого газа в атмосферном воздухе за последние 50 лет увеличилось на 20% и продолжает постоянно расти. Особенно это касается крупных городов, где основной вклад вносят выхлопы автомобилей и промышленные выбросы. Сегодня уровень CO в воздухе крупных городов может быть 600 ppm (0,06%) и выше. Воздух с уже повышенным или даже нормальным содержанием углекислого газа поступает через окна и вентиляцию, а потом его концентрация начинает быстро расти, поскольку мы активно выдыхаем углекислый газ. В закрытом помещении уровень углекислого газа повышается гораздо быстрее, чем убывает кислород. Например, замеры показывают, что когда в школьном классе уровень CO<sub>2</sub> уже достигает 1000 ppm (0,1%), содержание кислорода практически не меняется. [ ]

Существует связь между концентрацией CO<sub>2</sub> и ощущением духоты. Человек начинает ощущать симптомы «нехватки свежего воздуха» (а на самом деле повышенной концентрации углекислого газа) уже при его уровне 0,08%, то есть 800ppm.

### **Что такое ацидоз**

Максимальный безопасный для человека уровень углекислого газа в атмосфере, составляющий 426 ppm. Ученый также считает, что под влиянием углекислого газа, уровень которого выше указанной цифры, происходит снижение величины pH в сыворотке крови, что ведет к ацидозу.

В норме кислотность (pH) крови человека равна примерно 7,4. Наш организм настроен на эту цифру, она необходима для нормальной работы всех ферментных и биологических систем организма. Что происходит при повышении концентрации CO<sub>2</sub> в воздухе, который попадает в организм? Увеличивается парциальное давление CO<sub>2</sub> в наших альвеолах, его растворимость в крови повышается и образуется слабая угольная кислота (CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O = H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), распадающаяся в свою очередь на H<sup>+</sup> и HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Кровь закисляется, что по-научному называется ацидоз. Чем выше концентрация CO<sub>2</sub> в воздухе, которым мы постоянно дышим, тем ниже pH крови и тем более кислую реакцию она имеет. Минимальные физиологические последствия ацидоза: перевозбуждение, учащенное сердцебиение и умеренное повышение давления. При более

сильном ацидозе человек становится вялым, сонливым, появляется состояние беспокойства. Но это все уже происходит при тех концентрациях углекислого газа, которые существуют в современных помещениях с большим количеством народа. Впрочем, когда человек надолго выходит на свежий воздух, то все постепенно приходит в норму. А если всю жизнь дышать воздухом, в котором много углекислого газа, ежедневно по 20 часов и более? При ацидозе происходят биохимические изменения в организме, и, если же он хронический, то, видимо, они в какой-то момент могут стать необратимыми.

Длительный ацидоз в свою очередь приводит к заболеванию сердечнососудистой системы, прибавлению в весе, снижению иммунитета, заболеванию почек, появлению суставных и головных болей, к общей слабости.

За постоянную концентрацию ионов водорода внутри организма отвечают его буферные системы. В частности, большую роль здесь играют почки, которые выводят избыток ненужных веществ. Кроме того, в организме есть неорганические буферы - одни из самых важных, это бикарбонат ( $\text{HCO}_3^-$ ) и фосфаты. Есть и другие органические, например, гемоглобин и белки плазмы. Но все же 53% общей буферной емкости крови приходится на систему бикарбонат —  $\text{CO}_2$  (содержание бикарбоната в плазме — 24 ммоль/л). Когда начинается ацидоз, то сначала организм защищается тем, что повышает концентрацию бикарбоната в плазме крови, об этом, чем свидетельствуют многочисленные биохимические исследования. Чтобы компенсировать ацидоз почки усиленно выделяют  $\text{H}^+$  и задерживают  $\text{HCO}_3^-$ . Собственно говоря концентрация  $\text{CO}_2$ , при которой начинается повышение бикарбоната в крови, могло бы быть одной из научно обоснованных норм для допустимого содержания углекислого газа в помещениях. Потом включаются другие буферные системы, и вторичные биохимические реакции организма гораздо. Поскольку слабые кислоты, такие как угольная, могут образовывать с ионами металлов слаборастворимые соединения ( $\text{CaCO}_3$ ), то они откладываются в виде камней в первую очередь в почках. К счастью, человек проводит в душном помещении не все время, поэтому этот процесс носит обратимый характер - через какое-то время после выхода на свежий воздух карбонат кальция должен раствориться.

Сотрудник медицинской научно-исследовательской лаборатории военно-морского подводного флота США Карл Шафер исследовал, как влияют различные концентрации углекислого газа на морских свинок. За 8 недель содержания грызунов при 0,5%  $\text{CO}_2$  (кислород был в норме – 21%), у них произошла значительная кальцификация почек. Она происходила даже после длительного воздействия на морских свинок меньших концентраций - 0,3%

CO<sub>2</sub> (3000 ppm). Это еще не все. Они отметили, что через 8 недель воздействия 1% CO<sub>2</sub>, произошла деминерализация костей, а также структурные изменения в легких. Исследователи расценили эти заболевания, как адаптацию организма в случае хронического воздействия CO<sub>2</sub>. Если ученые давали подопытным животным достаточно времени для восстановления (больше месяца), то эти признаки исчезали.

**Таблица 1.** Негативные физиологические проявления при различных уровнях концентрации углекислого газа.

<b>Уровень CO<sub>2</sub> (ppm)</b> атмосферный воздух	<b>Качество воздуха и его влияние на человека</b>
380- 400 ppm	Идеальный для здоровья и хорошего самочувствия человека
400-600 ppm	Нормальное качество воздуха. Рекомендовано для детских комнат, спален, офисных помещений, школ и детских садов.
600-1000 ppm	Появляются жалобы на качество воздуха. У людей страдающих астмой могут учащаться приступы.
Выше 1000 ppm	Общий дискомфорт, слабость, головная боль. Концентрация внимания падает на треть. Растет число ошибок в работе. Может привести к негативным изменениям в крови. Может вызывать проблемы с дыхательной и кровеносной системой.
Выше 2000 ppm	Количество ошибок в работе сильно возрастает. 70% сотрудников не могут сосредоточиться на работе.

Исследования ученых не ограничиваются только ацидозом. Например, обследование 344 сотрудников 86 офисов в городе Тайбей (Тайвань), показали, что уже при уровне CO<sub>2</sub> выше 800 ppm (0,08%) у них отмечался рост маркеров окислительного стресса, например 8-OHdG (8-гидрокси-2-дезоксигуанозина), определяемого в моче. Содержание маркеров тем выше, чем дольше человек находится в душном помещении. Также действуют на организм человека летучие органические соединения, причем они и углекислый газ усиливают негативное влияние друг друга.

Ученые ЕЭС провели исследование того, как чувствуют себя школьники в помещении с концентрацией углекислого газа выше 1000 ppm (или 0,1%). В медико-биологических тестах оценивали респираторное и аллергическое состояние 547 школьников в возрасте от 9 до 10 лет. Оказалось,

что дети, проводящие время в помещении с высоким уровнем  $\text{CO}_2$ , в 3,5 раза чаще имеют сухой кашель и в 2 раза больше болеют ринитом.

Корейские ученые также исследовали  $\text{CO}_2$  на предмет астмы. Выборка - 181 ребенок моложе 14 лет из 110 домов и квартир Сеула. В помещениях, замеряли уровень содержания веществ, которые считаются основными загрязнителями воздуха:  $\text{CO}$ ,  $\text{NO}$ , аллергены клещей домашней пыли и тараканов, споры грибков плесени и  $\text{CO}_2$ . Ученые сделали вывод, что только повышенные концентрации  $\text{CO}_2$  учащали приступы астмы у детей. Кстати, респираторные инфекции и астма считают основными заболеваниями школьников.

Если мы вспомним первичные признаки ацидоза, то поймем, почему вялые и сонливые школьники плохо воспринимают новый материал.

### **Реакция растений на повышение концентрации углекислого газа**

Рост  $\text{C}_4$ -видов (кукурузы, сахарного тростника, проса, сорго) почти не зависит от обогащения атмосферы  $\text{CO}_2$ , если растения хорошо снабжаются водой.  $\text{C}_4$ -виды отличаются от  $\text{C}_3$ -видов (пшеницы, хлопчатника, ячменя, овса) большей чувствительностью к содержанию  $\text{CO}_2$  в воздухе. У одних видов в ответ на изменение концентрации  $\text{CO}_2$  в атмосфере проявляется противоположно направленное адаптационное изменение скорости фотосинтеза на единицу площади листа. У других растений (пшеница) вплоть до начала кущения повышенная концентрация  $\text{CO}_2$  не оказывала влияния на процессы роста. Однако при достижении растением онтогенетической стадии множественной меристемы оно начинало реагировать на обогащение атмосферы  $\text{CO}_2$  и торможение фотосинтеза прекращалось.

Углекислый газ генерируется и утилизируется в растительных клетках интенсивно и постоянно. Он распределяется между структурными элементами клетки и на уровне взаимодействия с мембранами играет не только чисто метаболическую, но и регуляторную роль, обуславливая определенные буферные свойства клеточных компартментов.

Эволюция живых организмов осуществлялась путем совершенствования механизмов использования солнечной энергии, углекислого газа и азотистых соединений. Растения различных экологических групп в зависимости от широты местообитания характеризуются неодинаковым коэффициентом усвоения солнечной энергии. Изменения в фотосинтетической активности приводят к существенным сдвигам в накоплении восстановленных эквивалентов, от которых зависит скорость редукции нитратов в растениях. Чем выше скорость фотосинтетических реакций, тем больше концентрация НАДФ •  $\text{H}_2$  (в хлоропластах) и НАД •  $\text{H}_2$  (в митохондриях), участвующих в восстановлении нитратов. При нарушении

процессов фотосинтеза создаются условия для избыточного накопления нитратов в растениях.

## **2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА РАБОТЫ**

### **Оборудование:**

- медицинский шприц на 100–200 мл;
- 0,005% раствор карбоната натрия;
- 1% раствор фенолфталеина;
- химический стакан, вместимостью 50–100 мл;
- мерная колба;
- таблица для занесения результатов наблюдения за ходом эксперимента.

Предметом наших исследований является диоксид углерода или двуокись углерода (или углекислый газ), который образуется в результате окислительно-восстановительных процессов, протекающих в организме людей и животных, горения топлива, гниения органических веществ.

Исследования проведены в ГУО «Вязьевская средняя школа». Замеры воздуха проводили по понедельникам, средам, пятницам перед началом занятий, после 3 урока, после проветривания перед 4 уроком, после 6 урока.

- участок 1 (Уч1) – атмосферный воздух (контроль);
- участок 2 (Уч2) – кабинет биологии;
- участок 3 (Уч3) – кабинет информатики;
- участок 4 (Уч4) – кабинет начальных классов ( 1 класс)

Для определения углекислого газа в воздухе используют несколько методов. Мы использовали экспресс-метод определения углекислого газа в воздухе. Метод основан на реакции углекислого газа с раствором соды.

### **Экспресс-метод определения углекислого газа в воздухе**

Содержание углекислого газа в воздухе служит косвенным показателем его чистоты. 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 дистиллированной воде, а затем добавляют 0,5 мл 1%-го раствора фенолфталеина. Этот раствор хранят в хорошо закупоренном флаконе, непосредственно перед исследованием из него готовят рабочий раствор, для чего 1 мл его помещают в мерную колбу на 100 мл, доводят объем дистиллированной водой до метки и перемешивают. При определении двуокиси углерода в шприц набирают 20 мл 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 продолжают добавлять до обесцвечивания раствора. Обычно эту операцию повторяют три–четыре раза, а затем воздух добавляют уже небольшими порциями (10–20 мл), каждый раз встряхивая шприц в течение 1 мин, до обесцвечивания. Если раствор обесцвечивается менее чем за 1 мин, то опыт повторяют с меньшим количеством воздуха.

### **Ход работы:**

Приготовили 1%-ный раствор фенолфталеина (1 г фенолфталеина растворили в 80 мл этанола и довели до 100мл водой).

Приготовили 0,005% раствор соды (1 г химически чистого безводного карбоната натрия растворили в 200 мл дистиллированной воды).

Приготовили поглотительный раствор (к 200мл 0,005% раствор соды добавили 0,5 мл 1%-ного фенолфталеина).

Сначала исследования провели с воздухом открытой атмосферы. Берём 1 мл поглотительного раствора, выливаем в мерную колбу на 100 мл, доводим объем дистиллированной водой до метки и перемешиваем. Затем в шприц объемом 100 мл набираем 20 мл 0,005% раствора соды с фенолфталеином, имеющего розовую окраску. А затем засасываем 80 мл воздуха и встряхиваем в течение 1 мин. Если не произошло обесцвечивание раствора, воздух из шприца осторожно выжимаем, оставив в нем раствор. Вновь набираем порцию воздуха и встряхиваем еще 1 мин. Эту операцию провели до полного

обесцвечивания поглотительного раствора. Данные записали в таблицу. Подсчитав общий объем воздуха, прошедшего через шприц, определяем концентрацию  $\text{CO}_2$  в воздухе по таблице 2.

**Таблица 2.** Зависимость содержания  $\text{CO}_2$  в воздухе от объема воздуха, обесцвечивающего 20 мл 0,005% раствора соды

Объем воздуха, мл	Конц. $\text{CO}_2$ , %	Объем воздуха, мл	Конц. $\text{CO}_2$ , %	Объем воздуха, мл	Конц. $\text{CO}_2$ , %
80	3,20	330	1,16	410	0,84
160	2,08	340	1,12	420	0,80
200	1,82	350	1,08	430	0,76
240	1,56	360	1,04	440	0,70
260	1,44	370	1,00	450	0,66
280	1,36	380	0,96	460	0,60
300	1,28	390	0,92	470	0,56
320	1,20	400	0,88	480	0,52

После этого пробирку освободили от использованного раствора, ополоснули дистиллированной водой, заполнили свежим поглотительным раствором (10 мл) и точно так же проводили определения с исследуемым воздухом. Снова отметили (записали) число шприцов, использованных на обесцвечивание раствора. Концентрацию оксида углерода (IV) в воздухе рассчитываем по формуле:

$$C_{\text{CO}_2} = 0,03 V_{\text{в}} / V_1$$

где:  $C$  – концентрация  $\text{CO}_2$  в процентах;

0,03 – содержание  $\text{CO}_2$  в атмосферном воздухе;

$V_{\text{в}}$  – объём атмосферного воздуха пропущенного через раствор;

$V_1$  – объём исследуемого воздуха пропущенного через раствор;





## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В результате проведенного аналитического исследования содержания CO<sub>2</sub> в воздухе получили следующие результаты.

Содержание углекислого газа в атмосферном воздухе

	<b>04.09</b>		<b>06.09</b>		<b>08.09</b>		<b>11.09</b>		<b>13.09</b>		<b>15.09</b>	
	<b>V<sub>B</sub> мл</b>	<b>C CO<sub>2</sub> %</b>	<b>V<sub>B</sub> мл</b>	<b>C CO<sub>2</sub> %</b>	<b>V<sub>B</sub> мл</b>	<b>C CO<sub>2</sub> %</b>	<b>V<sub>B</sub> мл</b>	<b>C CO<sub>2</sub> %</b>	<b>V<sub>B</sub> мл</b>	<b>C CO<sub>2</sub> %</b>	<b>V<sub>B</sub> мл</b>	<b>C CO<sub>2</sub> %</b>
Атмосферный воздух	350	0,108	330	0,116	330	0,116	340	0,112	330	0,116	330	0,116
	<b>18.09</b>		<b>20.09.</b>		<b>22.09</b>		<b>25.09</b>		<b>27.09</b>		<b>29.09</b>	
Атмосферный воздух	340	0,112	340	0,112	320	0,120	320		340	0,112	330	0,116

Из проведённых исследований можно сделать вывод, что концентрация углекислого газа в атмосферном воздухе находится в норме.

Содержание углекислого газа в воздухе кабинета биологии

	04.09		06.09		08.09		11.09		13.09		15.09	
	V <sub>в</sub> мл	C CO <sub>2</sub> %	V <sub>в</sub> мл	C CO <sub>2</sub> %	V <sub>в</sub> мл	C CO <sub>2</sub> %	V <sub>в</sub> мл	C CO <sub>2</sub> %	V <sub>в</sub> мл	C CO <sub>2</sub> %	V <sub>в</sub> мл	C CO <sub>2</sub> %
Атмосферный воздух	350	0,108	330	0,116	330	0,116	340	0,112	330	0,116	330	0,116
перед занятиями	160	0,088	130	0,102	130	0,102	140	0,097	150		130	
по окончании 3 урока	80	0,175	70	0,189	90	0,147	100	0,136	80			
после проветривания	90	0,156	80	0,165	100	0,132	140	0,097	90			
после 6 урока	70	0,200	70	0,189	80	0,165	90	0,151	70			
	18.09		20.09.		22.09		25.09		27.09		29.09	

Атмосферный воздух	340	0,112	340	0,112	320	0,120	320		340	0,112	330	0,116
перед занятиями	150		130		120		160		140		130	
по окончании 3 урока	70		80		70		90		80		80	
после проветривания	80		90		90		120		90		90	
после 6 урока	60		70		60		70		60		70	

**Обозначения:**  $V_v$  – объём воздуха в миллилитрах

$C$  – концентрация  $CO_2$  в процентах

Был исследован воздух в населенных пунктах микрорайона школы(а г Богданово: ул. Урожайная, ул. Мира, ул. Приозерная, д. Городец, д. Поженьки, д. Запрудья, д. Королевичи). Для сравнения исследован воздух в нескольких точках г Сенно (ул. Коваленко, ул. Октябрьская, ул. ....)

Получены следующие данные

Мы измерили концентрацию углекислого газа атмосферного воздуха, в рекреации (2 этаж, около кабинета 4А класса), в классном помещении 4А

класса. А выбрали этот класс, потому что в нём обучается самое большое количество учащихся (32 ученика).

Измерения проводились в течение недели с понедельника по пятницу. Полученные результаты занесли в таблицу.

	Понед.		Вторн.		Среда	
	Объём воздуха	Концентрация	Объём воздуха	Концентрация	Объём воздуха	Кон
	мл.	CO <sub>2</sub>	мл.	CO <sub>2</sub>	мл.	CO
Атмосферный воздух	360	0,104	340	0,112	340	0,11
Окончание урока	80	0,18	100	0,144	100	0,14
После проветривания	120	0,12	160	0,09	140	0,10
После сквозного проветривания	-	-	-	-	160	0,09
Рекреация	100	0,144	80	0,18	80	0,18

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

Расчеты велись по формуле  $X = \frac{0,04 * N}{i}$  (%), где N – число подач шприцем воздуха открытой атмосферы; Ni- число подач шприцем воздуха закрытого помещения; 0,04% - содержание углекислого газа в воздухе.

Анализ позволяет сделать несколько очевидных **выводов**:

- содержание  $\text{CO}_2$  в исследуемом помещении не превышает гигиенический норматив по максимально допустимой концентрации (0,7- 0,1);
- наибольшая концентрация углекислого газа наблюдалась в учебные дни полной посещаемости учащихся (32 чел), т.о.наполняемость классов не должна превышать численность 25 человек, что и установлено нормами САНПИН;
- учитель следит за воздушным режимом и регулярно проветривает помещение, т.к. концентрация  $\text{CO}_2$  в начале урока наименьшая;
- сквозное проветривание более эффективно по интенсивности очищения воздуха от  $\text{CO}_2$ , чем при открытой фрамуги, но его нужно использовать очень осторожно, т.к.сквозняки могут привести к простудным заболеваниям;
- снижение уровня  $\text{CO}_2$  наблюдается во время перемены, когда учащиеся покидают помещение и оно проветривается, но снижение концентрации углекислого газа незначительное, т.к. помещения проветриваются при помощи фрамуг;
- одной из причин повышения уровня  $\text{CO}_2$  в помещении может быть и установка пластиковых окон, т.к. они лишают помещение естественной вентиляции и углекислый газ может накапливаться. При замене старых рам на новые лучше отдать предпочтение деревянным окнам;
- вентиляционная установка не эффективно действует, т.к. принудительная вентиляция отсутствует;
- высокая концентрация  $\text{CO}_2$  в рекреации во время перемены связана с большим количеством учащихся, т.к. они выходят на перемене в коридор, а данные помещения не проветриваются.

## **Заключение**

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 была высказана гипотеза о том, что основной причиной увеличения заболеваний является негативное воздействие загрязненного воздуха и повышенного уровня углекислого газа во внутренних помещениях. Исследования, проведенные в рамках ЕЭС, подтвердили эту гипотезу, что и было отражено в пресс-релизе ежегодной конференции Европейского Респираторного Общества, проходившей со 2 по 6 сентября 2006 в Мюнхене.

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.

В 4А классе 4 ученика имеют хронические заболевания органов дыхания:

- 2 человека - хронический тонзиллит,
- 1 человек - аденоиды,
- 1 человек - бронхиальная астма.

Очень важно не допустить повышения уровня заболеваемости учащихся. Последние исследования зарубежных ученых показали, что углекислый газ негативно влияет на организм человека даже в низких концентрациях. Как же можно решить эту проблему в наш техногенный век?

Во-первых, с помощью комнатных растений. Но поскольку поглощение ими избыточной углекислоты из воздуха происходит только на свету, то одним им вряд ли справиться.

Углекислый газ можно удалять из воздуха помещения специальными приборами-абсорберами (поглотителями) углекислого газа. В основе действия абсорбера углекислого газа заложен принцип захвата молекул CO<sub>2</sub> специальным веществом.

Учителям регулярно проветривать классные помещения, а в тёплое время осуществлять сквозное проветривание, согласно рекомендуемой продолжительности сквозного проветривания учебных помещений в зависимости от температуры наружного воздуха и проверить эффективность действия вентиляционной системы.

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

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. Кстати, его можно измерить специальными приборами, которые должны быть в арсенале санэпидслужб.

## Приложение



Уровень CO <sub>2</sub> , 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.

Негативные физиологические проявления при различных уровнях концентрации углекислого газа.

**Примечание:**

Единицы измерения уровня CO<sub>2</sub> - ppm (parts per million). Это миллионная доля, аналогичная по смыслу проценту или промилле. 1000 ppm = 0,1% CO<sub>2</sub> в воздухе.

**Литература**

1. Шилькрот Е.О., Губернский Ю.Д., «Сколько воздуха нужно человеку для комфорта?», журнал АВОК №4/2008
2. Климат, качество атмосферного воздуха и здоровье москвичей. Под редакцией доктора мед. Наук, проф. Ревича Б.А. . М., издательство "Адамант", 2006,
3. Е.О.Шилькрот, Ю.Д.Губернский. Сколько воздуха нужно человеку для комфорта? Журнал «АВОК» (№4, 2008).
4. И.В.Гурина. Безопасный уровень углекислого газа требует ревизии. Журнал «Экологический Вестник России» (№10, 2008).
5. Биология. Дополнительные материалы к урокам и внеклассным мероприятиям по биологии и экологии в 10-11 классах / авт.-сост. М.М.Боднарук, Н.В.Ковылина. – 2-е изд., стереотип. – Волгоград: Учитель, 2008 г.
6. <http://www.enontek.ru>.
7. Колчанова Л.В., Колчанов Р.А. «Инновационный подход к ученическому эксперименту», «Химия в школе» №5, 2009г.
8. Гигиенические требования к условиям обучения в общеобразовательных учреждениях [otherreferats.allbest.ru/Медицина/00016079\\_0.html](http://otherreferats.allbest.ru/Медицина/00016079_0.html)
9. Санитарно-эпидемиологические правила СанПиН 2.4.2.1178-02 "Гигиенические требования к условиям обучения в общеобразовательных учреждениях" [www.tehbez.ru/Docum/DocumShow\\_DocumID\\_566.html](http://www.tehbez.ru/Docum/DocumShow_DocumID_566.html)

*Таблица 3*

***Объём воздуха необходимого для исследования***

Населённый пункт, улица	Объём заборного воздуха
-------------------------	-------------------------

г. Сенно - ул. Коваленко - ул. Октябрьская - ул. Горовца	80 80 160
а г Богданово - ул. Мира - ул. Урожайная - ул. Приозерная	160 200 200
д. Королевичи	160
д. Запрудье	280
д. Городец	300
д. Поженьки	320

*Таблица 4*

*Зависимость содержания CO<sub>2</sub> в воздухе от объема воздуха, обесцвечивающего 20 мл 0,005%-го раствора соды*

Населённый пункт, улица	Концентрация углекислого газа
г. Сенно - ул. Коваленко - ул. Октябрьская - ул. ...	0,032 0,032 0,0208
а г Богданово - ул. Мира - ул. Урожайная - ул. Приозерная	0,0208 0,0182 0,0182
д. Королевичи	0,0208
д. Запрудье	0,0136
д. Городец	0,0128
д. Поженьки	0,0120

***Подготовка необходимых материалов и оборудования***

**Для выполнения работы требуется:**

- медицинский шприц на 100–150 мл;

- 0,005% раствор карбоната натрия (кальцинированная сода);
- раствор фенолфталеина;
- газоотводные трубочки;
- пробки с одним отверстием для пробирок;
- пробирка с делениями мерная;
- штатив для пробирок;
- промаркированные пробирки;
- таблица для занесения результатов наблюдения за ходом эксперимента.

### ***2.3 Место проведения эксперимента***

**Мы измерили концентрацию углекислого газа в 2-х классных помещениях. Выбор осуществлялся по следующим критериям:**

## **2.2 Методика способа «палетки»**

Для быстрого определения содержания углекислоты в помещениях в условиях производства можно использовать метод Д.В. Прохорова, не требующий громоздкого оборудования

**1.3.1 Цель занятия.** Освоить метод определения концентрации углекислого газа по Прохорову.

**1.3.2 Задачи занятия.** Определить концентрацию углекислого газа в помещении методом Прохорова.

**1.3.3 Приборы.** Стекланный шприц объёмом 20 мл, ветеринарный.

**1.3.4 Реактивы.** Щелочной раствор – реактив Прохорова, приготовленный из расчета: на 1000 мл прокипяченной дистиллированной воды 1 капля 25 %-ного раствора аммиака (нашатырный спирт) и 1...2 капли 1 %-ного раствора фенолфталеина, который в щелочной среде дает розовое окрашивание.

**1.3.5 Ход определения.** В шприц набирают 10 мл щелочного раствора и 10 см<sup>3</sup> атмосферного воздуха. Тщательно встряхивают шприц с раствором 7...8 раз. Углекислота, находящаяся в 10 см<sup>3</sup> воздуха, связывается со щелочью. Отработанный воздух удаляют из шприца, снова набирают 10 см<sup>3</sup> свежего воздуха и взбалтывают. Так делают до тех пор, пока жидкость, окрашенная в розовый цвет, полностью обесцветится. Записывают количество порций воздуха, израсходованного на обесцвечивание раствора.

Затем обесцвеченный раствор сливают, шприц промывают и анализируют воздух помещения.

Расчет проводят по формуле:

$$X = \frac{A}{B} \times 0,03(0,04), \quad (2)$$

где X – количество углекислоты в исследуемом воздухе, %;

A – количество атмосферного воздуха, мл (порций);

B – количество воздуха помещений, мл (порций);

0,03 (0,04) - содержание углекислоты в атмосферном воздухе, %.

### **Методика определения CO<sub>2</sub> по Д.В.Прохорову.**

**Принцип метода:** метод основан на сравнительном исследовании изучаемого воздуха помещений и атмосферного воздуха. Сущность метода состоит в нейтрализации нашатырного спирта (NH<sub>4</sub>OH) двуокисью углерода исследуемого воздуха.

**Ход работы:** готовят рабочий раствор (500 мл дистиллированной воды, 1 капля нашатырного спирта, 2 капли спиртового раствора фенолфталеина). Затем шприцем Жане набирают 20 мл этого раствора, имеющего розовую окраску, и набирают исследуемый воздух в максимально возможном количестве (для чего поршень шприца оттягивают до упора). Затем отверстие шприца надежно закрывают маленькой резиновой пробочкой. Энергичным встряхиванием шприца (7-8 раз) воздух приводят в контакт с поглотителем. Вслед за этим пробочку снимают, воздух выпускают из шприца и аналогичным образом набирают следующие порции. Процедура продолжается до тех пор, пока раствор в шприце не обесцветится. Считают количество порций воздуха, необходимого для обесцвечивания. Чем меньше порций понадобилось для обесцвечивания реактива Прохорова, тем большая концентрация  $CO_2$  в исследуемом воздухе. При расчете исходят из того, что содержание углекислоты в исследуемом воздухе во столько раз больше, во сколько раз меньше требовалось взять шприцев воздуха для обесцвечивания щелочного раствора. Следовательно, концентрацию  $CO_2$  атмосферного воздуха (0,03-0,04 %) умножают на соотношение количества шприцев, потребовавшихся в первом (атмосфера) и втором (воздух помещения) случаях.

*Пример.* Для обесцвечивания раствора пришлось забрать шприцем 50 порций наружного воздуха, а в исследуемом помещении – 10 порций, следовательно, концентрация  $CO_2$  в исследуемом воздухе:

$$0,04 \cdot 50 : 10 = 0,2 \% (2 \text{ ‰}).$$

### 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

##### Литература

1. Мякишев, Г.Я. Физика. 10 класс. [Текст]: учебник для общеобразовательных учреждений / Г.Я.Мякишев, Б.Б.Буховцев, Н.Н.Сотский. – 21-е изд. – М.: Просвещение, 2012. – 366 с.: ил.
2. Рымкевич, А.П. Физика. Задачник. 10-11 класс. [Текст]: пособие для общеобразовательных учреждений / А.П.Рымкевич. – 15-изд. – М.: Дрофа, 2011. – 188 с.: ил.

##### Интернет-ресурсы

1. <http://www.rg.ru/> [Электронный ресурс] - Википедия. Свободная энциклопедия.

2. <http://www.school.edu.ru>. [Электронный ресурс] - СанПиН 2.4.2.2821-10

«Санитарно-эпидемиологические требования к условиям и организации

обучения в общеобразовательных учреждениях». – URL.

3. <http://www.researcher.ru>. [Электронный ресурс] - Методика оценки санитарно- гигиенического состояния школьного помещения. –

URL.

## Выводы

1. Углекислый газ является токсичным для человека даже в относительно низких концентрациях. Его нельзя рассматривать только как индикатор эффективности вентиляции. Наилучшим для человека в помещении является уровень углекислого газа, максимально приближенный к атмосферному.

2. Концентрация CO<sub>2</sub> требует постоянного контроля в помещениях с пребыванием людей в промышленных городах и крупных мегаполисах, где промышленность и транспорт постоянно загрязняют атмосферный воздух углекислым и другими газами. Особенно это касается детских учреждений и других общественных зданий.

3. Рост углекислого газа в атмосфере, особенно в крупных городах из-за выбросов автотранспорта, предприятий энергетики и промышленности, вызывает необходимость в увеличении воздухообмена в помещениях с пребыванием людей. Это приводит к повышенным затратам энергии и увеличению выбросов CO<sub>2</sub> при ее выработке. Выход из ситуации заключается в достижении разумного оптимума между количеством приточного наружного воздуха и требуемой очисткой от углекислого и других газов.