

Лабораторная работа №1
Гигиеническая оценка качества воздуха

Цель работы – научиться оценивать качество воздуха по содержанию в нем диоксида углерода.

Аппаратура, посуда: поглотительный прибор, груша резиновая, резиновые трубки, зажим, пипетки градуированные вместимостью 2 и 10 см³; шприц вместимостью 100 см³; химический стакан вместимостью 25 см³

Приготовление реактивов

Раствор углекислого натрия (Na₂CO₃), стандартный раствор концентрацией 0,5 М. Растворяют 53 г химически чистого Na₂CO₃ в небольшом количестве дистиллированной воды и затем раствор доводят до 1 дм³.

Фенолфталеин (C₂₀H₁₄O₄), 0,1% раствор. 0,025 г фенолфталеина помещают в мерную колбу вместимостью 25 см³ и доводят до метки этиловым спиртом и перемешивают

1. Общие сведения

Воздушная среда является необходимым условием жизни на Земле. Она играет важную роль в дыхании человека, животных и растений. Без воздуха невозможно сохранение жизнеспособности организма человека. Роль воздуха состоит в снабжении живых организмов кислородом, удалении продуктов обмена веществ, обеспечении процесса теплообмена.

Многие геологические, гидrolитические и энергетические процессы, протекающие на поверхности Земли, тесно связаны с воздушной средой. Воздух является источником некоторых видов сырья, запасы которого практически неисчерпаемы; из него добывают азот, кислород, аргон и гелий.

Велика роль воздушной среды в производственной деятельности человека. Она является резервуаром токсичных и микробных загрязне-

ний (вредные газы, взвешенные частицы, различные микроорганизмы), которые могут отрицательно воздействовать на организм.

В ходе эволюции человек подготавливался природой к восприятию действия различных факторов окружающей среды. Резкие изменения физических свойств и химического состава неблагоприятно отражаются на важнейших функциях организма и приводят к различным заболеваниям.

К основным факторам воздушной среды, влияющим на жизнедеятельность человека, его самочувствие и работоспособность, относятся: физические – солнечная радиация, температура, влажность, скорость движения воздуха, барометрическое давление, радиоактивность и т.д.; химические – содержание кислорода, азота, диоксида углерода и других составных частей и примесей воздуха, а также микроорганизмы.

Перечисленные факторы как в совокупности, так и каждый в отдельности могут оказывать неблагоприятное влияние на организм. Поэтому перед человеком стоит задача изучить положительное и отрицательное влияние этих факторов и разработать мероприятия по использованию положительных их свойств (солнечные ванны, закаливающие процедуры и др.) и по предупреждению вредного влияния таких факторов (солнечные ожоги, охлаждение, перегрев и т.д.).

Атмосферный воздух по химическому составу представляет собой смесь газов с различным удельным содержанием веществ (таблица 1).

Таблица 1 – Химический состав атмосферного воздуха

Газ	Содержание, об. %	Газ	Содержание, об. %
Азот	78,09	Метан	0,00022
Кислород	20,95	Криптон	0,0001
Аргон	0,93	Оксид азота (II)	0,0001
Диоксид углерода	0,03	Водород	0,00005
Неон	0,0018	Ксенон	0,000008
Гелий	0,00052	Озон	0,000001

Химический состав атмосферного воздуха мало меняется с высотой. Однако ввиду того что с высотой воздух разрежается, содержание каждого газа в единице объема уменьшается.

Азот составляет основную массу атмосферы. Он принадлежит к индифферентным газам. При избыточном давлении (4 атм) азот может оказывать наркотическое действие, сопровождающееся головокружением, возбуждением, зрительными и слуховыми галлюцинациями. При концентрациях азота, превышающих допустимые (90-93 %), наступает смерть.

В природе идет непрерывный круговорот азота, в результате чего азот атмосферы под влиянием электрических разрядов превращается в оксиды азота, которые с осадками поступают в почву, где превращаются в органические соединения. При разложении органических веществ азот восстанавливается и снова поступает в атмосферу, из которой вновь связывается биологическими объектами. Азот воздуха усваивается синезелеными водорослями и некоторыми видами бактерий почвы (клубеньковыми и азотфиксирующими).

Кислород по биологической роли – самая важная составная часть воздуха. В природе постоянно происходит потребление кислорода при дыхании человека и животных. Много расходуется кислорода на процессы окисления и горения топлива и других органических материалов. Несмотря на значительный расход кислорода, его содержание в воздухе практически не изменяется. Это обусловлено тем, что параллельно данному процессу в растительном мире идет процесс ассимиляции диоксида углерода и выделения кислорода, восполняющий его естественную убыль. Так, в результате процессов фотосинтеза в атмосферу поступает около $5 \cdot 10^{14}$ т кислорода в год, что примерно соответствует его потреблению.

Кислород необходим для окислительных процессов и находится в крови, в основном, в связанном состоянии – в виде оксигемоглобина, который переносится эритроцитами к клеткам организма. Потребление организмом кислорода зависит от возраста. В преклонном возрасте потребление кислорода составляет 70 %, у детей 110-120 %, у детей 110-120 %.

Организм очень чувствителен к недостатку кислорода. Снижение его содержания в воздухе до 17 % приводит к учащению пульса, дыха-

ния. При концентрации кислорода 11-13 % отмечается выраженная кислородная недостаточность, ведущая к резкому снижению работоспособности. Содержание в воздухе 7-8 % кислорода несовместимо с жизнью. Особенно чувствительна к гипоксии центральная нервная система (ЦНС). С повышением давления до 405,3 кПа (4 атм) могут наблюдаться местные поражения тканей легких и функциональные нарушения ЦНС. Вместе с тем при содержании кислорода до 40-60 % и давлении до 303,94 кПа (3 атм) в барокамере наблюдается улучшение усвоения кислорода тканями, отмечается нормализация нарушенных функций органов и систем. Дозированное увеличение парциального давления кислорода в воздухе в барокамерах используется в хирургии, терапии и неотложной помощи.

У здоровых людей кислородное голодание может наблюдаться при полетах (высотная болезнь) и при восхождении на горы (горная болезнь, начинающаяся на высоте около 3 км).

Кислород в чистом виде обладает токсическим действием. В экспериментах на животных показано, что при дыхании чистым кислородом у животных через 1-2 часа обнаруживаются изменения в ткани легких, через 3-6 часов – нарушение проницаемости капилляров в легких, через 24 часа – явление отека легких.

Диоксид углерода (или углекислый газ) – бесцветный, без запаха, в 1,5 раза тяжелее воздуха. Диоксид углерода образуется в результате дыхания человека и животных, процессов горения, гниения, брожения. Активно поглощается углекислый газ в процессе фотосинтеза. Он также играет важную роль в тепловом балансе и изменении климата Земли. Благодаря процессам образования и ассимиляции содержание углекислого газа в атмосферном воздухе относительно постоянно и составляет 0,03-0,04 %.

Биологическое действие оксида углерода заключается в возбуждении дыхательного центра. В организме он находится в связанном состоянии в виде двууглекислых солей натрия в плазме и эритроцитах крови. При вдыхании больших концентраций углекислого газа нарушаются окислительно-восстановительные процессы. Чем больше диоксида углерода во вдыхаемом воздухе, тем меньше его может выделить организм. Увеличение его содержания до 3 % приводит к нарушениям

функции дыхания (одышка), появлению головной боли и снижению работоспособности человека. При содержании диоксида углерода 4-5 % отмечаются покраснение лица, головная боль, шум в ушах, повышение артериального давления, сердцебиение, возбужденное состояние. При содержании 8-10 % диоксида углерода в воздухе наблюдается быстрая потеря сознания и наступает смерть.

Другие составляющие воздуха – так называемые **инертные газы** (аргон, неон, гелий, ксенон, криптон и др.) в химическом отношении инертны, а их опасное воздействие на организм связано с их радиоактивностью. В природных условиях они определяют естественную радиоактивность атмосферы.

Состав атмосферного воздуха в пределах тропосферы может существенно изменяться за счет всевозможных примесей, обусловленных промышленной и хозяйственно-бытовой деятельностью людей. Проблема загрязнения атмосферного воздуха приобрела особую остроту во второй половине XX века в связи с чрезвычайно высокими темпами роста промышленного производства, потреблением электроэнергии и использованием моторных транспортных средств. Масштабы загрязнения воздуха с каждым годом увеличиваются.

В настоящее время в атмосферу Земли в год выбрасываются сотни миллионов тонн загрязняющих веществ. Основными источниками загрязнения атмосферного воздуха больших городов являются транспорт, промышленные предприятия, котельные, ТЭЦ и др.

Ослабление организма в результате хронического воздействия атмосферных загрязнений обуславливает рост в 1,5-2 раза числа случаев заболевания хроническим бронхитом, болезнями легких, острыми респираторными заболеваниями, хроническими ринитами, отитами и др. В США и Англии хронический бронхит и болезни легких занимают второе место среди причин инвалидности после сердечно-сосудистых заболеваний.

Исследования показывают, что атмосферные загрязнения могут оказывать канцерогенное и сенсibiliзирующее действие. Кроме того, отмечено, что атмосферные загрязнения ухудшают общесанитарные условия жизни населения. Так, интенсивное запыление воздуха снижает прозрачность атмосферы, что отражается на естественном освещении,

уровне УФ-облучения. Запыленность воздуха способствует туманообразованию. В крупных промышленных городах с каждым годом возрастает частота туманов. Так, в Лондоне в 1870-1875 гг. число туманных дней в зимнее время составляло 93, а через 20 лет – 156. В Париже число туманов за последние 25 лет возросло в 3 раза. В свою очередь туманы способствуют росту уличного травматизма, угнетающе действуют на психику и самочувствие людей.

Атмосферные загрязнения наносят большой экономический ущерб. С промышленными выбросами теряется много ценного сырья (свинец, цинк, медь, диоксид серы и др.). Кроме того, промышленные выбросы губительно действуют на растительность, разрушают бетонные и металлические конструкции. Многие исследователи связывают низкую урожайность сельскохозяйственных культур, повышенную заболеваемость скота и снижение его продуктивности с увеличением атмосферных загрязнений. Загрязнение воздуха оказывает неблагоприятное влияние на бытовые условия жизни людей. Отмечается быстрое загрязнение окон, квартир, мебели.

Рассмотрим наиболее распространенные загрязнители атмосферного воздуха.

Оксид углерода (СО) является продуктом неполного сгорания топлива, попадающим в атмосферный воздух с выбросами промышленных предприятий и выхлопными газами автотранспорта, так как обыкновенный дым содержит около 3 % оксида углерода, а выхлоп (газы при нормальном режиме работы двигателя) – 7,7 %. В воздухе жилых помещений оксид углерода может появляться при печном отоплении и в газифицированных помещениях при неисправных горелках и в результате утечки газа из сети. Табачный дым также содержит СО в количестве 0,5-1 %.

Оксид углерода является токсичным веществом. Проникая через легкие в кровь, он образует прочное химическое соединение с гемоглобином – карбоксигемоглобин, блокируя процессы транспорта кислорода к тканям, в результате чего в организме наступает кислородное голодание – аноксемия острого или хронического характера в зависимости от концентрации. Чаще встречаются хронические отравления, выражаю-

щиеся головной болью, снижением памяти, расстройством сна, повышенной утомляемостью и т.д.

Диоксид серы (SO₂) поступает в атмосферу при сжигании топлива, богатого серой, на тепловых электростанциях, нефтеперерабатывающих заводах, в котельных, промышленных предприятиях и т.д.

Сернистый газ обладает резким запахом и оказывает раздражающее действие на слизистые оболочки глаз и верхних дыхательных путей. При хроническом отравлении наблюдаются конъюнктивиты, бронхиты и др.

Этот газ оказывает вредное влияние на растительность, особенно на хвойные породы деревьев, а также на металлические поверхности, вызывая их коррозию.

Оксиды азота (NO_x) содержатся в выхлопных газах автотранспорта и в выбросах промышленных предприятий, производящих азотную кислоту, азотные удобрения, взрывчатые вещества и т.д. Наиболее опасным является диоксид азота, который обладает раздражающим действием на слизистые оболочки верхних дыхательных путей. Попадая в организм человека, он взаимодействует с гемоглобином крови, вызывая образование метгемоглобина и аноксемические расстройства. Длительное вдыхание малых концентраций оксидов азота вызывает появление бронхитов, анемию, ухудшение течения сердечных заболеваний.

Разложение диоксида азота в атмосферном воздухе под влиянием ультрафиолетовых лучей на оксид азота и атомарный кислород приводит к образованию свободных радикалов озона. Оксиды азота и углеводороды, соединяются с кислородом и образуют оксиданты, среди которых имеются очень токсичные вещества, участвующие в образовании фотохимического смога.

Аэрозольные частицы могут попадать в воздух с продуктами сжигания ископаемого топлива, выхлопными газами дизельных двигателей, с выбросами производств, с дымом пожаров, пылью растений и др. Длительность пребывания взвешенных твёрдых частиц в воздухе зависит от их размера. Крупные фракции в малоподвижном воздухе оседают. Мелкие фракции взвесей способны удерживаться в нижних слоях атмосферы до 3-22 дней.

Аэрозольные (пылевые) частицы обладают способностью сорбировать различные соединения и «благодаря» этому служить проводниками в организм металлов, токсичных органических соединений и аллергенов.

На проникновение в организм влияют свойства частиц и их размер. Большие по размеру частицы (больше 10 мкм) отделяются в носоглотке и выводятся из дыхательных путей при кашле, чихании. При заглатывании слюны попадают в желудочно-кишечный тракт. Частицы меньше, чем 5 мкм, способны проникать в бронхи. Частицы с диаметром меньше 2,5 мкм могут попадать в альвеолы, в которых отсутствует мерцательный эпителий и, следовательно, механизм удаления аэрозолей. Если частицы растворимы в воде, они проходят непосредственно в поток крови в пределах нескольких минут. Если они не растворимы в воде, то сохраняются в легких в течение длительных периодов времени (месяцы или годы).

Помимо загрязняющих веществ, присутствующих в атмосферном воздухе, огромное влияние на организм человека оказывает качество воздуха в жилых и общественных зданиях, так как известно, что современный человек проводит в помещениях жилых и общественных зданий в зависимости от образа жизни и условий трудовой деятельности от 52 до 85 % суточного времени.

Газовый состав воздуха закрытых помещений отличается от атмосферного и определяется:

- составом атмосферного воздуха, в котором могут быть химические вещества – загрязнители;
- строительными и отделочными материалами, которые в свою очередь делятся на:
 - а) поливинилхлоридные материалы, из которых в воздух закрытых помещений выделяются – бензол, толуол, этилбензол, циклогексан, ксилол, бутиловый спирт;
 - б) стеклопакеты, которые выделяют – ацетон, толуол, бутанол, формальдегид, фенол, стирол;
 - в) лакокрасочные покрытия и клейсодержащие вещества выделяют толуол, бутилацетат, ксилол, стирол, ацетон, бутанол, этиленгликоль;

d) ковровые изделия из химических волокон выделяют стирол, изофенол, сернистый ангидрид.

Интенсивность выделения летучих веществ зависит от температуры, влажности, времени эксплуатации, а концентрация их в воздухе закрытых помещений от кратности воздухообмена. Даже в небольших концентрациях эти химические вещества могут стать причиной сенсибилизации организма. Установлено, что в помещениях, насыщенных полимерными материалами наблюдается большая подверженность людей аллергическими и простудными заболеваниями, гипертонии, неврастении, вегетососудистой дистонии. Наиболее чувствительными являются организмы детей и больных людей.

Кроме того, воздух закрытых помещений загрязняется в результате жизнедеятельности человека и бытовой деятельности. Установлено, что человек в процессе жизнедеятельности выделяет около 400 химических соединений, причем пятая часть из них относится к числу высокотоксичных веществ – это диметиламины, сероводород, диоксид азота, окись этилена, бензол и т.д.

Воздушная среда неветилируемых помещений ухудшается пропорционально числу людей и времени их пребывания в помещении. Даже 2-4 часовое пребывание в этих условиях отрицательно сказывается на состоянии умственной работоспособности людей. В состоянии покоя (в процессе основного обмена) взрослый человек выделяет около 10-15 л диоксида углерода в час, а при небольшой активности до 20-25 л в среднем 22,6 л/ч.

По содержанию диоксида углерода судят о чистоте воздуха в жилых и общественных зданиях. Значительное накопление этого соединения в воздухе закрытых помещений указывает на санитарное неблагополучие помещений.

Считают, что ощущение дискомфорта обычно связано не только с увеличением содержания диоксида углерода свыше 0,1 %, но и с изменением физических свойств воздуха при скоплении людей в помещениях: повышаются влажность и температура, изменяется ионный состав воздуха, главным образом за счет увеличения положительных ионов и др. Из всех показателей, связанных с ухудшением свойств воздуха, диоксид углерода наиболее доступен простому определению. Поэтому

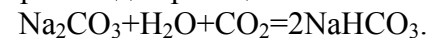
указанная концентрация (0,1 %) издавна принята в гигиенической практике как предельно допустимая величина, интегрально отражающая химический состав и физические свойства воздуха в жилых и общественных помещениях. Таким образом, диоксид углерода является косвенным гигиеническим показателем, по которому оценивают степень чистоты воздуха. По содержанию диоксида углерода производится расчет вентиляции в жилых и общественных зданиях. Содержание диоксида углерода в воздухе лечебных учреждений должно составлять не более 0,07 %, в воздухе жилых и общественных зданий – 0,1 %.

2. Порядок выполнения работы

2.1. Характеристика метода определения концентрации диоксида углерода в воздухе

Для определения концентрации CO_2 в воздухе разработано несколько методов, но в санитарной практике наиболее широкое применение нашел портативный экспрессный метод Лунге-Цеккендорфа в модификации Д.В. Прохорова.

Принцип метода основан на пропускании исследуемого воздуха через титрованный раствор углекислого натрия в присутствии фенолфталеина. При этом происходит реакция



Раствор фенолфталеина, который имеет розовую окраску в щелочной среде, после связывания CO_2 обесцвечивается (кислая среда).

2.2. Анализ исследуемых проб

Перед анализом воздуха готовят рабочий раствор углекислого натрия с концентрацией 0,1 М путем разведения стандартного раствора Na_2CO_3 . Для этого к 2 мл стандартного раствора Na_2CO_3 прибавляют 8 мл дистиллированной воды. Раствор тщательно перемешивают, добавляют 2-3 капли 0,1% раствора фенолфталеина. Раствор переносят в склянку (рис. 1) или в шприц (рис. 2). В первом случае к длинной трубке склянки-поглотителя с утонченным носиком присоединяют резиновую грушу с клапаном или небольшим отверстием. Медленно сжимая и быстро отпуская грушу, продувают через раствор исследуемый воздух. После каждой продувки склянку встряхивают для полного поглощения

CO₂ из порции воздуха. Для ограничения поступления CO₂ с воздухом во время встряхивания склянки на короткий конец стеклянной трубки склянки-поглотителя надевают резинку, на которой фиксируется зажим.

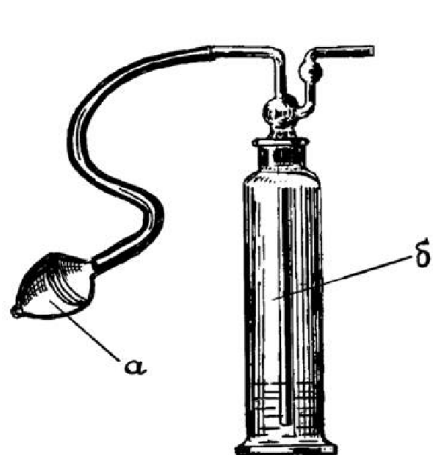


Рис. 1. – Прибор для определения концентрации CO₂ по Лунге-Цеккендорфу а – резиновая груша для продувки воздуха с клапаном; б – склянка с раствором соды и фенолфталеина

Во втором случае в шприц, наполненный 10 мл рабочего раствора соды с фенолфталеином, держа его вертикально, набирают порцию исследуемого воздуха. Затем энергичным встряхиванием (7-8 раз) воздух приводят в контакт с поглотителем, после чего воздух выталкивается и вместо него набирается одна за другой порции исследуемого воздуха до полного обесцвечивания раствора в шприце. Считают количество объемов (порций) воздуха, пошедших на обесцвечивание раствора. Анализ воздуха проводят в помещении и (или) за пределами помещения (атмосферный воздух).

Результат рассчитывают по обратной пропорции на основании сопоставления количества израсходованных объемов (порций) груш или шприцев и концентрации CO₂ в атмосферном воздухе (0,03 %) и в конкретном исследуемом помещении, где определяется концентрация CO₂.



Рис. 2. – Шприц для определения концентрации CO₂

Содержание углекислого газа (C_{CO_2} , %) вычисляют по формуле:

$$C_{CO_2} = 0,03 \cdot \frac{V_a}{V_n},$$

где 0,03 – содержание углекислого газа в атмосферном воздухе, %;
 V_a – объем атмосферного воздуха, прошедшего через поглотитель, см³;
 V_n – объем воздуха помещения, прошедшего через поглотитель, см³.

По полученным результатам делают вывод о соответствии проб воздуха санитарно-гигиеническим нормам и оценивают качество воздуха в помещении.

Вопросы для самоконтроля

1. Поясните назначение атмосферного воздуха. Укажите его гигиеническое значение.
2. Охарактеризуйте химический состав атмосферного воздуха. Поясните назначение каждого компонента воздуха. Укажите негативные последствия, возникающие при изменении содержания основных компонентов в атмосферном воздухе, в организме человека.
3. Назовите основные источники загрязнения воздуха оксидом углерода, диоксидом серы, оксидами азота, аэрозольными частицами и т.д. Укажите последствия их присутствия в атмосферном воздухе для организма человека.
4. Перечислите источники загрязнения воздуха жилых и общественных зданий загрязняющими веществами.
5. В чем состоит гигиеническое значение диоксида углерода в воздухе помещений жилых и общественных зданий?
6. На чём основано определение содержания диоксида углерода в воздухе помещений?