ОЗОН И ЖИЗНЬ НА ЗЕМЛЕ

OZONE AND LIFE ON EARTH

**Тимофеев Андрей Николаевич**

МБОУ Лицей № 6, г. Воронеж,

E-mail: [www72@bk.ru](mailto:www72@bk.ru)

Timofeev Andrey Nikolaevich

MBOU Lyceum № 6, Voronezh,

E-mail: [www72@bk.ru](mailto:www72@bk.ru)

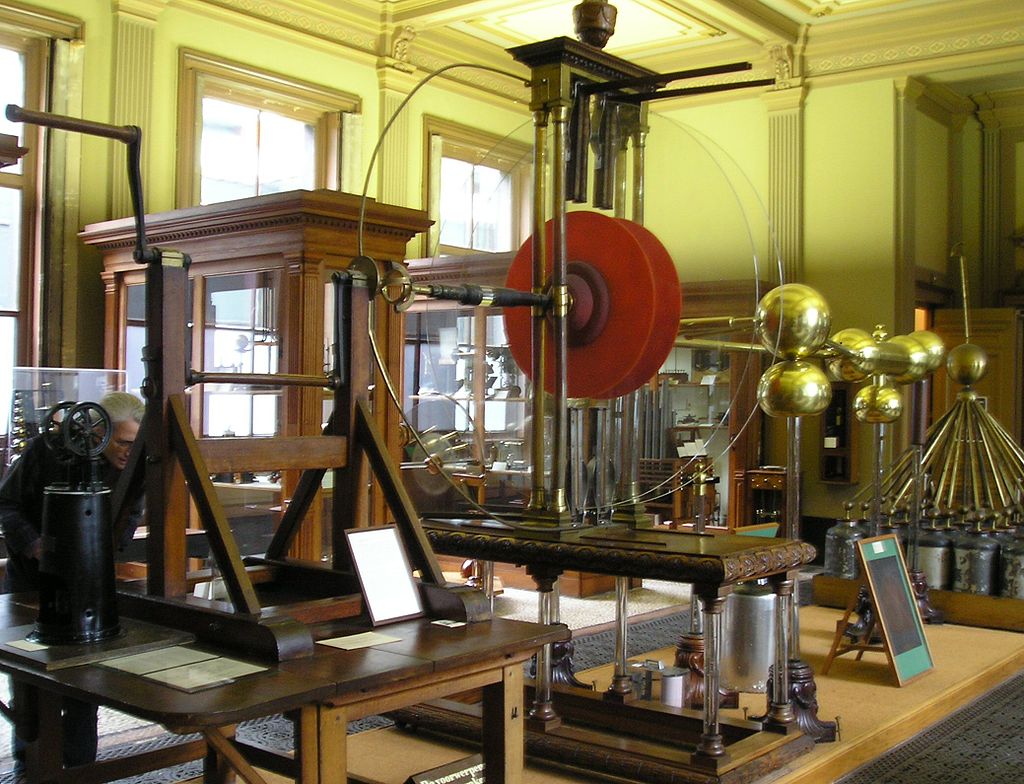
Аннотация. Рассматриваются вопросы истории открытия молекул озона, показаны химические, физические свойства озона и его влияние на живые объекты. Приводятся примеры реакций с участием озона, как мощного окислителя. Описываются способы получения озона и разрушения его молекул, а также возможности применения озона в народном хозяйстве и промышленности. Приведены сведения о влиянии озона на здоровье человека.

Ключевые слова: молекула озона; химические свойства озона; озонирование.

Abstract. The article examines the history of the discovery of ozone molecules, shows the chemical and physical properties of ozone and its effect on living objects. Examples of reactions involving ozone as a powerful oxidizer are given. Methods for obtaining ozone and destroying its molecules are described, as well as the possibilities of using ozone in the national economy and industry. Information on the effect of ozone on human health is provided.

Key words: ozone molecule; chemical properties of ozone; ozonation.

В 1785 г. нидерландский физик и ботаник Мартин Ван Марум, занимаясь изучением электрических явлений и газов, построил электростатический генератор и с помощью разрядов, образуемых им, сумел разложить на составляющие целый ряд химических соединений, в частности, аммиак на азот и водород. Проходя через воздушное пространство, электрические разряды в его установке инициировали появление незнакомого специфического запаха. При взаимодействии искр и воздуха образовывался неизвестный газ синеватого цвета с более сильными, чем у кислорода, окислительными свойствами. Ван Марум, не придавая этому явлению особого значения, предположил, что таким образом появляется некая электрическая материя. Как новое вещество, озон в это время описан не был.





Мартин ван Марум (1750-1837) Электрическая машина Мартина ван Марума в

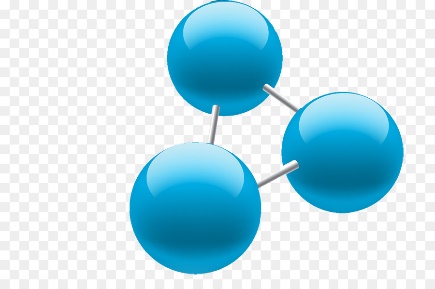
музее Тейлора в Харлеме (Нидерланды).

Спустя полвека после экспериментов Мартина Ван Марума немецко-швейцарский учёный-химик, профессор Базельского университета Христиан Фридрих Шонбейн подробно исследовал способы получения озона и дал название этому газу «озон» от греческого слова ózō – «пахну». В 1840 г. во время исследования окисления белого фосфора и электролиза воды ему удалось выделить озон химическим путём. В 1844 г. вышла в свет его книга «Получение озона химическими способами».



Христиан Фридрих Шонбейн (1799-1868)

*Молекула озона, ее химические и физические свойства*. Химическая формула озона и его обозначение О3. Это вещество представляет собой аллотропную модификацию кислорода, состоящую из трёхатомных молекул. Кислород О2 и озон О3 – единственный пример образования одним химическим элементом двух газообразных (при обычных условиях) простых веществ. При нормальных условиях вещество выглядит как голубой ядовитый газ с резким запахом, напоминающим металлический аромат. При сжижении преобразуется в жидкость оттенка индиго. В твёрдом состоянии выглядит как тёмно-синие или чёрные кристаллы. Полярная молекула отличается уголковым строением.



Согласно принятой в настоящее время модели молекулы О3, атомы в ней располагаются в вершинах равнобедренного треугольника, поэтому эти молекулы полярны. Расстояния между атомами равны (1.278±0.003)⋅10-8 см, значение центрального угла составляет 116°50ʹ±30ʹ. Масса молекулы составляет 7.97⋅10-23 г. Газообразный озон при стандартных температуре и давлении имеет плотность 2.144⋅10-3 г⋅см-3 и молекулярный вес 47.9982 г/моль. Озон сжижается при температуре 161.3±0.3 К в темно-синюю жидкость плотностью 1.46 г⋅см-3. Температура затвердевания жидкости составляет 80.6±0.4 К. Коэффициент молекулярной диффузии при давлении 1 атмосфера и температуре 300 К составляет величину 0.157 см2⋅с-1. Растворимость в воде при 0 °С – 0.394 кг/м 3 (0.494 л/кг), она в 10 раз выше по сравнению с кислородом.

Озон – один из самых мощных из встречающихся в природе окислителей, он обладает способностью разрушать большинство органических соединений, загрязняющих воздух. По своей реакционной способности О3 занимает второе место, уступая только фтору и фториду кислорода OF2, значительно превосходя другие, широко известные окислители. Действующее начало озона как окислителя – атомарный кислород, который образуется при распаде молекулы озона. Поэтому, выступая в качестве окислителя, молекула озона, как правило, «использует» только один атом кислорода, а два других выделяются в виде свободного кислорода, например, 2KI + O3 + H2O → I2 + 2KOH + O2. Так же происходит окисление многих других соединений. Однако бывают и исключения, когда молекула озона использует для окисления все три имеющиеся у нее атома кислорода, например, 3SO2 + O3 → 3SO3; Na2S + O3 → Na2SO3. Очень важное отличие озона от кислорода в том, что озон проявляет окислительные свойства уже при комнатной температуре. Например, PbS и Pb(OH)2 в обычных условиях не реагируют с кислородом, тогда как в присутствии озона сульфид превращается в PbSO4, а гидроксид – в PbO2. Если в сосуд с озоном налить концентрированный раствор аммиака, появится белый дым – это озон окислил аммиак с образованием нитрита аммония NH4NO2. Особенно характерна для озона способность «чернить» серебряные изделия с образованием AgO и Ag2O3.

Присоединив один электрон и превратившись в отрицательный ион О3–, молекула озона становится более стабильной. Содержащие такие анионы «озонокислые соли» или озониды были известны давно – их образуют все щелочные металлы, кроме лития, причем устойчивость озонидов растет от натрия к цезию. Известны и некоторые озониды щелочноземельных металлов, например, Са(О3)2. Если направить на поверхность твердой сухой щелочи струю газообразного озона, то образуется оранжево-красная корка, содержащая озониды, например, 4КОН + 4О3 → 4КО3 + О2 + 2Н2О. При этом твердая щелочь эффективно связывает воду, что предохраняет озонид от немедленного гидролиза. Однако при избытке воды озониды бурно разлагаются: 4КО3+ 2Н2О → 4КОН + 5О2. Разложение идет и при хранении: 2КО3 → 2КО2 + О2. Озониды хорошо растворимы в жидком аммиаке, что позволило выделить их в чистом виде и изучить их свойства.

Органические, вещества, с которыми озон соприкасается, он обычно разрушает. Так, озон, в отличие от хлора, способен расщеплять бензольное кольцо. При работе с озоном нельзя использовать резиновые трубки и шланги – они моментально «прохудятся». Реакции озона с органическими соединениями идут с выделением большого количества энергии. Например, эфир, спирт, вата, смоченная скипидаром, метан и многие другие вещества самовоспламеняются при соприкосновении с озонированным воздухом, а смешение озона с этиленом приводит к сильному взрыву.

Озон является составной частью воздушной среды. Природная концентрация О3 в атмосферном воздухе составляет 0,002-0,02 мг/м3 и рассматривается, как показатель чистоты и свежести. Озон играет значительную роль в создании термических режимов различных слоев атмосферы вследствие сильного поглощения солнечной радиации и земного излучения. Наиболее интенсивно озон поглощает ультрафиолетовые и инфракрасные лучи.

Запах озона резкий, специфический «металлический». Д.И. Менделеев писал, что озон пахнет раками. При больших концентрациях напоминает запах хлора. Запах ощутим даже при разбавлении 1:100000.

*Образование озона*. Получается озон в результате «прилипания» к молекулам О2 свободных атомов кислорода, которые образуются из молекул кислорода под действием электрических разрядов, ультрафиолетовых лучей, гамма-квантов, быстрых электронов и других частиц высокой энергии. Озоном всегда пахнет около работающих электрических машин, в которых «искрят» щетки, около бактерицидных ртутно-кварцевых ламп, которые излучают ультрафиолет. Атомы кислорода выделяются и в ходе некоторых химических реакций. Озон образуется в малых количествах при электролизе подкисленной воды, при медленном окислении на воздухе влажного белого фосфора, при разложении соединений с высоким содержанием кислорода (KMnO4, K2Cr2O7 и др.), при действии на воду фтора или на пероксид бария концентрированной серной кислоты. Атомы кислорода всегда присутствуют в пламени, поэтому если направить струю сжатого воздуха поперек пламени кислородной горелки, в воздухе обнаружится характерный запах озона.

Реакция 3O2 → 2O3 сильно эндотермичная: для получения 1 моль озона надо затратить 142 кДж. Обратная реакция идет с выделением энергии и осуществляется очень легко. Соответственно озон неустойчив. В отсутствие примесей газообразный озон медленно разлагается при температуре 70 °С и быстро – выше 100 °С. Скорость разложения озона значительно увеличивается в присутствии катализаторов. Ими могут быть и газы (например, оксид азота, хлор), и многие твердые вещества (даже стенки сосуда). Поэтому чистый озон получить трудно, а работать с ним опасно из-за возможности взрыва.

Не удивительно, что в течение многих десятилетий после открытия озона неизвестны были даже основные его физические константы: долго никому не удавалось получить чистый озон. Как писал в своем учебнике «Основы химии» Д.И. Менделеев, «При всех способах приготовления газообразного озона содержание его в кислороде всегда незначительно, обыкновенно лишь несколько десятых долей процента, редко 2%, и только при очень пониженной температуре оно достигает 20%».

Лишь в 1880 французские ученые Ж. Готфейль и П. Шаппюи получали озон из чистого кислорода при температуре минус 23 °С. Оказалось, что в толстом слое озон имеет красивую синюю окраску. Когда охлажденный озонированный кислород медленно сжали, газ стал темно-синим, а после быстрого сброса давления температура еще более понизилась и образовались капли жидкого озона темно-фиолетового цвета. Если же газ не охлаждали или сжимали быстро, то озон мгновенно, с желтой вспышкой, переходил в кислород.

Позднее разработали удобный метод синтеза озона. Если подвергнуть электролизу концентрированный раствор хлорной, фосфорной или серной кислоты с охлаждаемым анодом из платины или из оксида свинца (IV), то выделяющийся на аноде газ будет содержать до 50% озона. Были уточнены и физические константы озона. Он сжижается намного легче кислорода – при температуре – 112 °С (кислород – при –183 °С). При –192,7 °С озон затвердевает. Твердый озон имеет сине-черный цвет.

Опыты с озоном опасны. Газообразный озон способен взрываться, если его концентрация в воздухе превысит 9%. Еще легче взрываются жидкий и твердый озон, особенно при контакте с окисляющимися веществами. Озон можно хранить при низких температурах в виде растворов во фторированных углеводородах (фреонах). Такие растворы имеют голубой цвет. В химических лабораториях иногда О3 добывают с помощью реакции охлажденного концентрата серной кислоты с пероксидом бария.

В последнее время более пристальным исследованиям подвергаются природные процессы образования озона при грозовых разрядах разветвленных молний между облаками и Землей. Международный эксперимент «Глубокие конвективные облака и химия» (DC3), впервые позволил всесторонне изучить химию и особенности грозовых явлений, включая движение воздуха, физику облаков, образование озона и электрическую активность. В ходе эксперимента изучено влияние гроз на воздух непосредственно под стратосферой – малоизученной областью, которая влияет на климат и погодные условия Земли.

*Озон в атмосфере*. Озона в атмосфере Земли немного – 4 млрд. тонн, т.е. в среднем всего 1 мг/м3. Концентрация озона растет с удалением от поверхности Земли и достигает максимума в стратосфере, на высоте 20–25 км – это и есть «озоновый слой». Если весь озон из атмосферы собрать у поверхности Земли при нормальном давлении, получится слой толщиной всего около 2–3 мм. И вот такие малые количества озона в воздухе фактически обеспечивают жизнь на Земле. Озон создает «защитный экран», не пропускающий к поверхности Земли жесткие ультрафиолетовые солнечные лучи, губительные для всего живого.

В последние десятилетия большое внимание уделяется появлению так называемых «озоновых дыр» – областях со значительно уменьшенным содержанием стратосферного озона. Через такой «прохудившийся» щит до поверхности Земли доходит более жесткое ультрафиолетовое излучение Солнца. Поэтому ученые давно следят за озоном в атмосфере. В 1930 г. английский геофизик С. Чепмен для объяснения постоянной концентрации озона в стратосфере предложил схему из четырех реакций (эти реакции получили название цикла Чепмена, в них М означает любой атом или молекулу, которые уносят избыточную энергию):

О2 → 2О

О + О + М → О2 + М

О + О3 → 2О2

О3 → О2 + О.

Первая и четвертая реакции этого цикла – фотохимические, они идут под действием солнечной радиации. Для распада молекулы кислорода на атомы требуется излучение с длиной волны менее 242 нм, тогда как озон распадается при поглощении света в области 240–320 нм (последняя реакция как раз и защищает нас от жесткого ультрафиолета, так как кислород в этой спектральной области не поглощает). Остальные две реакции термические, т.е. идут без действия света. Очень важно, что третья реакция, приводящая к исчезновению озона, имеет энергию активации. Это означает, что скорость такой реакции может увеличиваться под действием катализаторов. Как выяснилось, основной катализатор распада озона – оксид азота NO. Он образуется в верхних слоях атмосферы из азота и кислорода под действием наиболее жесткой солнечной радиации. Попадая в озоносферу, он вступает в цикл из двух реакций O3 + NO → NO2 + O2, NO2 + O → NO + O2, в результате которой его содержание в атмосфере не меняется, а стационарная концентрация озона снижается. Существуют и другие циклы, приводящие к снижению содержания озона в стратосфере, например, с участием хлора:

Cl + O3 → ClO + O2

ClO + O → Cl + O2.

Разрушают озон также пыль и газы, которые в большом количестве попадают в атмосферу при извержении вулканов. В последнее время возникло предположение, что озон также эффективно разрушает водород, выделяющийся из земной коры. Совокупность всех реакций образования и распада озона приводит к тому, что среднее время жизни молекулы озона в стратосфере составляет около трех часов.

Предполагают, что помимо природных, существуют и искусственные факторы, влияющие на озоновый слой. Хорошо известный пример – фреоны, которые являются источниками атомов хлора. Фреоны – это углеводороды, в которых атомы водорода замещены атомами фтора и хлора. Их используют в холодильной технике и для заполнения аэрозольных баллончиков. В конечном счете фреоны попадают в воздух и медленно поднимаются с потоками воздуха все выше и выше, достигая, наконец, озонового слоя. Разлагаясь под действием солнечной радиации, фреоны сами начинают каталитически разлагать озон. Пока не известно в точности, в какой степени именно фреоны повинны в «озоновых дырах», и, тем не менее, уже давно принимают меры по ограничению их применения.

Как показывают расчеты, через 60–70 лет концентрация озона в стратосфере может уменьшиться на 25%. И одновременно увеличится концентрации озона в приземном слое – тропосфере, что тоже плохо, так как озон и продукты его превращений в воздухе ядовиты. Основной источник озона в тропосфере – перенос с массами воздуха стратосферного озона в нижние слои. Ежегодно в приземный слой озона поступает примерно 1,6 млрд. тонн. Время жизни молекулы озона в нижней части атмосферы значительно выше – более 100 суток, поскольку в приземном слое меньше интенсивность ультрафиолетового солнечного излучения, разрушающего озон. Обычно озона в тропосфере очень мало: в чистом свежем воздухе его концентрация составляет в среднем всего 0,016 мкг/л. Концентрация озона в воздухе зависит не только от высоты, но и от местности. Так, над океанами озона всегда больше, чем над сушей, так как там озон распадается медленнее. Измерения в г. Сочи показали, что воздух у морского побережья содержит на 20% больше озона, чем в лесу в двух км от берега.

Современные люди вдыхают значительно больше озона, чем их предки. Основная причина этого – увеличение количества метана и оксидов азота в воздухе. Так, содержание метана в атмосфере постоянно растет, начиная с середины 19 века, когда началось использование природного газа. В загрязненной оксидами азота атмосфере метан вступает в сложную цепочку превращений с участием кислорода и паров воды, итог которой можно выразить уравнением CH4 + 4O2 → HCHO + H2O + 2O3. В роли метана могут выступать и другие углеводороды, например, содержащиеся в выхлопных газах автомобилей при неполном сгорании бензина. В результате в воздухе крупных городов за последние десятилетия концентрация озона выросла в десятки раз.

Всегда считалось, что во время грозы концентрация озона в воздухе резко увеличивается, так как молнии способствуют превращению кислорода в озон. На самом деле увеличение незначительно, причем оно происходит не во время грозы, а за несколько часов до нее. Во время грозы и в течение нескольких часов после нее концентрация озона снижается. Объясняется это тем, что перед грозой происходит сильное вертикальное перемешивание воздушных масс, так что дополнительное количество озона поступает из верхних слоев. Кроме того, перед грозой увеличивается напряженность электрического поля, и создаются условия для образования коронного разряда на остриях различных предметов, например, кончиков ветвей. Это также способствует образованию озона. А затем при развитии грозового облака под ним возникают мощные восходящие потоки воздуха, которые и снижают содержание озона непосредственно под облаком.

Интересен вопрос о содержании озона в воздухе хвойных лесов. Например, в Курсе неорганической химии Г. Реми можно прочитать, что «озонированный воздух хвойных лесов» – выдумка. Так ли это? Ни одно растение озон, конечно, не выделяет. Но растения, особенно хвойные, выделяют в воздух множество летучих органических соединений, в том числе ненасыщенных углеводородов класса терпенов (их много в скипидаре). Так, в жаркий день сосна выделяет в час 16 мкг терпенов на каждый грамм сухой массы хвои. Терпены выделяют не только хвойные, но и некоторые лиственные деревья, среди которых – тополь и эвкалипт. А некоторые тропические деревья способны выделить в час 45 мкг терпенов на 1 г сухой массы листьев. В сутки один гектар хвойного леса может выделить до 4 кг органических веществ, лиственного – около 2 кг. Покрытая лесом площадь Земли составляет миллионы гектаров, и все они выделяют в год сотни тысяч тонн различных углеводородов, в том числе и терпенов. А углеводороды, как это было показано на примере метана, под действием солнечной радиации и в присутствии других примесей способствуют образованию озона. Как показали опыты, терпены в подходящих условиях действительно очень активно включаются в цикл атмосферных фотохимических реакций с образованием озона. Поэтому, озон в хвойном лесу – вовсе не выдумка, а экспериментальный факт.

*Озон и здоровье.* Полезен ли озон для здоровья человека? Когда-то озон безусловно считали полезным для здоровья. Но если его концентрация превышает определенный порог, он может вызывать массу неприятных последствий. В зависимости от концентрации и времени вдыхания озон вызывает изменения в легких, раздражение слизистых глаз и носа, головную боль, головокружение, снижение кровяного давления; озон уменьшает сопротивляемость организма бактериальным инфекциям дыхательных путей. Предельно допустимая его концентрация в воздухе составляет всего 0,1 мкг/л, а это означает, что озон намного опаснее хлора! Если несколько часов провести в помещении при концентрации озона всего лишь 0,4 мкг/л, могут появиться загрудинные боли, кашель, бессонница, снижается острота зрения. Если долго дышать озоном при концентрации больше 2 мкг/л, последствия могут быть более тяжелыми – вплоть до оцепенения и упадка сердечной деятельности. При содержании озона 8–9 мкг/л через несколько часов происходит отек легких, что чревато смертельным исходом. А ведь такие ничтожные количества вещества обычно с трудом поддаются анализу обычными химическими методами. К счастью, человек чувствует присутствие озона уже при очень малых его концентрациях – примерно 1 мкг/л, при которых иодкрахмальная бумажка еще и не собирается синеть. Одним людям запах озона в малых концентрациях напоминает запах хлора, другим – сернистого газа, третьим – чеснока.

Ядовит не только сам озон. С его участием в воздухе образуется, например, пероксиацетилнитрат (ПАН) СН3–СО–ООNО2 – вещество, оказывающее сильнейшее раздражающее, в том числе слезоточивое, действие, затрудняющее дыхание, а в более высоких концентрациях вызывающее паралич сердца. ПАН – один из компонентов образующегося летом в загрязненном воздухе так называемого фотохимического смога (это слово образовано от английского smoke – дым и fog – туман). Концентрация озона в смоге может достигать 2 мкг/л, что в 20 раз больше предельно допустимой. Следует также учесть, что совместное действие озона и оксидов азота в воздухе в десятки раз сильнее, чем каждого вещества порознь. Не удивительно, что последствия возникновения такого смога в больших городах могут быть катастрофическими, особенно если воздух над городом не продувается «сквозняками» и образуется застойная зона. Так, в Лондоне в 1952 г. от смога в течение нескольких дней погибло более 4000 человек. А смог в Нью-Йорке в 1963 г. убил 350 человек. Аналогичные истории были в Токио и других крупных городах. Страдают от атмосферного озона не только люди. Американские исследователи показали, например, что в областях с повышенным содержанием озона в воздухе время службы автомобильных шин и других изделий из резины значительно уменьшается.

Как уменьшить содержание озона в приземном слое? Снизить поступление в атмосферу метана вряд ли реалистично. Остается другой путь – уменьшить выбросы оксидов азота, без которых цикл реакций, приводящих к озону, идти не может. Путь это тоже непростой, так как оксиды азота выбрасываются не только автомобилями, но и, главным образом, тепловыми электростанциями. Источники озона – не только на улице. Он образуется в рентгеновских кабинетах, в кабинетах физиотерапии (его источник – ртутно-кварцевые лампы), при работе копировальной техники (ксероксов), лазерных принтеров (здесь причина его образования – высоковольтный разряд). Озон – неизбежный спутник производства пергидроля, аргоно-дуговой сварки. Для уменьшения вредного действия озона необходимо оборудование вытяжки у ультрафиолетовых ламп, хорошее проветривание помещения.

И все же вряд ли правильно считать озон безусловно вредным для здоровья. Все зависит от его концентрации. Как показали исследования, свежий воздух очень слабо светится в темноте. Причина свечения – реакции окисления с участием озона. Свечение наблюдали и при встряхивании воды в колбе, в которую был предварительно напущен озонированный кислород. Это свечение всегда связано с присутствием в воздухе или воде небольших количеств органических примесей. При смешении свежего воздуха с выдыхаемым человеком интенсивность свечения повышалась в десятки раз! И это не удивительно: в выдыхаемом воздухе обнаружены микропримеси этилена, бензола, уксусного альдегида, формальдегида, ацетона, муравьиной кислоты. Они-то и «высвечиваются» озоном. В то же время «несвежий», т.е. полностью лишенный озона, хотя и очень чистый, воздух свечения не вызывает, а человек его ощущает как «затхлый». Такой воздух можно сравнить с дистиллированной водой: она очень чистая, практически не содержит примесей, а пить ее вредно. Так что полное отсутствие в воздухе озона, по-видимому, тоже неблагоприятно для человека, так как увеличивает содержание в нем микроорганизмов, приводит к накоплению вредных веществ и неприятных запахов, которые озон разрушает. Таким образом, становится понятной необходимость регулярного и длительного проветривания помещений, даже если в нем нет людей: ведь попавший в комнату озон долго в ней не задерживается – частично он распадается, а в значительной степени оседает (адсорбируется) на стенах и других поверхностях. Сколько должно быть озона в помещении, пока сказать трудно. Однако в минимальных концентрациях озон, вероятно, необходим и полезен.

*Применение озона.* Озон не всегда «сжигает» органические вещества. В ряде случаев удается провести специфические реакции с сильно разбавленным озоном. Например, при озонировании олеиновой кислоты (она в больших количествах содержится в растительных маслах) образуется азелаиновая кислота НООС(СН2)7СООН, которую используют для получения высококачественных смазочных масел, синтетических волокон и пластификаторов для пластмасс. Аналогично получают адипиновую кислоту, которую используют при синтезе найлона. В 1855 Х.Ф. Шенбейн открыл реакцию с озоном непредельных соединений, содержащих двойные связи С=С, но только в 1925 немецкий химик Г. Штаудингер установил механизм этой реакции. Молекула озона присоединяется к двойной связи с образованием озонида – на этот раз органического, причем на место одной из связей С=С встает атом кислорода, а на место другой – группировка –О–О–. Хотя некоторые органические озониды выделены в чистом виде (например, озонид этилена), эту реакцию обычно проводят в разбавленном растворе, так как в свободном виде озониды – очень неустойчивые взрывчатые вещества. Реакция озонирования непредельных соединений пользуется у химиков-органиков большим почетом. Задачи с этой реакцией часто предлагают даже на школьных олимпиадах. Дело в том, что при разложении озонида водой образуются две молекулы альдегида или кетона, которые легко идентифицировать и далее установить строение исходного непредельного соединения. Таким образом химики еще в начале 20 века установили строение многих важных органических соединений, в том числе природных, содержащих связи С=С.

В 1881 г. в книге, посвященной дифтерии, доктор Келлогг (Kellogg) рекомендовал использование озона в качестве средства для дезинфекции. Будучи сильным окислителем, он способен дезинфицировать значительно лучше хлора, формальдегида или окиси этилена, при этом являясь не столь токсичным. Но настоящая революция в использовании озона для стерилизации произошла после патентования и начала массового производства генераторов озона – предшественников озоновых стерилизаторов. До середины XIX века попытки создания таких генераторов были безуспешными. Считается, что первый медицинский образец генератора создан в 1857 г. В. Сименсом (основателем компании «Siemens»), тогда же и проведены первые бактериологические испытания воздействия озона на патогенную бактериальную и грибковую флору. Однако понадобилось еще 29 лет для того, чтобы запатентовать промышленный генератор озона, который отвечал определенным требованиям. Патент на изобретение принадлежит Николе Тесла (Nikola Tesla). Он же в 1900 г. начал выпуск данного продукта для медицины. В полной мере о возможностях озона, как сильнейшего дезинфектанта, заговорили после патентования и начала массового производства генераторов О3, которые являются предшественниками современных озонаторов. В 1957 году И. Ханслер (Германия) представил медицинский озоновый генератор (фирма «Озоносан»), вырабатывающий О3 при подаче кислорода с помощью кислородного баллона. С этих пор начинает развиваться несколько направлений по применению озона в дезинфекции, стерилизации и лечении.

С конца 20-го столетия по настоящее время о лечебном применении О3 написана обширная литература отечественными и зарубежными авторами. Первые сведения об использовании О3 в обработке колотых и огнестрельных ран относятся к периоду Первой Мировой войны. В 1935 году профессор Эрвин Пастер (Австрия) опубликовал работу «Лечение озоном в хирургии». Зубной врач К.А. Фиш описал свой обширный опыт применения О3 в медицинской практике. На территории Германии перед Второй Мировой Войной была создана серия медицинских клиник по озонотерапии. В ходе войны уничтожен весь запас знаний и технологий по применению О3 в медицине. В создании современной озонотерапии – имена длинного ряда ученых мирового значения.

Важная область применения озона – обеззараживание питьевой воды. Обычно воду хлорируют. Однако некоторые примеси в воде под действием хлора превращаются соединения с очень неприятным запахом. Поэтому уже давно предложено заменить хлор озоном. Озонированная вода не приобретает постороннего запаха или вкуса; при полном окислении озоном многих органических соединений образуются только углекислый газ и вода. Очищают озоном и сточные воды. Продукты окисления озоном даже таких загрязнителей как фенолы, цианиды, повеpхностно-активные вещества, сульфиты, хлоpамины, представляют собой безвредные соединения без цвета и запаха. Избыток же озона довольно быстро распадается с образованием кислорода. Однако озонирование воды обходится дороже, чем хлорирование, кроме того, озон нельзя перевозить, и он должен производиться на месте использования.

Как показали современные исследования, концентрация 50-и частиц озона на 1 млрд. частиц воздуха снижает загрязнение последнего патогенной микрофлорой. Озон подавляет вирусы, частично разрушая их оболочку. Нарушается способность вирусов соединяться с клетками организма и прекращается процесс размножения. При воздействии озона на микроорганизмы, в том числе на дрожжи, локально повреждается их клеточная мембрана, что приводит к гибели или невозможности к размножению. Установлено, что газообразный озон убивает практически все виды бактерий, вирусов, плесневых и дрожжеподобных грибов и простейших. В концентрациях от 1 до 5 мг/л в течение 4-20 минут приводит к гибели 99,9% стафилококков, стрептококков, мукобактерий, кишечной и синегнойной палочек, протеев, клебсиеллы, сальмонеллы, возбудителей дизентерии и других патогенных агентов.

В хлебопекарнях озон применяется для ускорения процесса брожения дрожжей. Также с помощью О3 искусственно старятся коньяки, производится рафинирование жирных масел. В промышленности данное вещество чаще всего используют для очистки или добывания многих химических веществ. Еще одной отраслью использования является отбеливание бумаги, тканей, минеральных масел. В химической промышленности О3 не только помогает стерилизовать оборудование, инструменты и тару, но и применяется для обеззараживания самих продуктов (яиц, зерна, мяса, молока) и увеличения их срока хранения. Фактически он считается одним из лучших консервантов для продуктов, поскольку нетоксичен и неканцерогенен.

Литература

1. Давиденко И.В., Кеслер Я.А. Ресурсы цивилизации. – М.: ЗАО «Всеобщие исследования»; Эксмо. – 2005. – 544 с.
2. Истощение озонового слоя [электронный ресурс] // 2008. – URL: http://www.un.org/ru/development/progareas/global/ozon.shtml.
3. Лунин В.В., Попович М.П., Ткаченко С.Н. Физическая химия озона, Газообразный озон: получение, анализ, разложение. – М.: МГУ, 1998. – 480 с.
4. Миронов Л.В. Разрушение озонного слоя земли хлорфторуглеводородами. – М.: Кварта, 1998. – 280 с.
5. Роун Ш. Озоновый кризис. Пятнадцатилетняя эволюция неожиданной глобальной опасности. – М.: Мир, 1993. – 320 с.