



**Общая информация
о целесообразности
применении озона**

ОЗОН

Озон – газообразный дезинфектант, обладающий выраженным антимикробным действием в отношении всего спектра патогенной микрофлоры, является универсальным, экологически чистым, эффективным и самым дешёвым дезинфицирующим агентом. Озон зарегистрирован в России как дезинфектант (свидетельство о государственной регистрации озона рег. N0039-98/21 ВНИИ Дезинфектологии Минздрава РФ) и разрешен для дезинфекции воздуха в помещениях ЛПУ.

Эффективность

Озон обладает бактерицидным, вирулицидным, фунгицидным и спорацидным свойствами. По данным В. И. Вашкова «различные виды микроорганизмов по своей чувствительности к озону варьируют. При достаточном времени воздействия и концентрации озона любой вид бактерий, за исключением, пожалуй, самых выносливых, например, *Deinococcus radiodurans*, всегда поддаются его воздействию. К озон-чувствительным бактериям относятся бактерии семейства *Enterobacteriaceae* – большая группа грамотрицательных микроорганизмов – естественные обитатели желудочно-кишечного тракта человека, включающая *Escherichia coli*, *Salmonella*, *Enterobacter*, *Shigella*, *Klebsiella*, *Serratia*. К другим озон-чувствительным микроорганизмам относятся стрептококки, стафилококки, *Legionella*, *Pseudomonas*, *Yersinia*, *Campylobacteri*, *Mycobacteria*.* Группа ученых из Индии провела исследование по влиянию озонирования на патогенные микроорганизмы, в качестве объекта исследования использовались *Escherichia coli*, *Pseudomonas fluorescens*, *Salmonella typhi* и *Klebsiella pneumoniae*. В ходе данного эксперимента были произведены высевы микроорганизмов на скошенный агар и уколом, затем они инкубировались в течение 18-24 ч при 37°, после чего проводились биохимические тесты: утилизация цитрата, на индол, уреазный, утилизацию трех сахаров, на образование ацетона, а также определялась подвижность и грам-принадлежность. Перед воздействием озона на культуру измерялась оптическая плотность на спектрофотометре. Бактериальные культуры были подвергнуты действию озона через разные промежутки времени с последующим высевом на среды. В результате обнаружилось, что после воздействия озона оптическая плотность постепенно уменьшалась; по сравнению с другими видами бактерий наиболее чувствительным оказался штамм *E. coli*; действие озона подавляет рост кишечной палочки и *Pseudomonas fluorescens*.

Вирусы являются паразитами на генетическом уровне, их разделяют на семейства, основываясь на их структуре, типе генома и способах репликации. Все вирусы чувствительны к озону, однако отличаются друг от друга своей чувствительностью**. Одно из исследований по действию озона на вирусы показало, что полиовирус в 40 раз устойчивее к действию озона, чем вирус Коксаки. Вирусы, в отличие от клеток млекопитающих, не имеют ферментативной защиты от губительных окислительных реакций.

Вирусы, имеющие липидную оболочку, особенно чувствительны к действию озона – любые изменения строения липидов равносильны их гибели. Вирусы, обладающие липидной оболочкой, включают следующие семейства *Hepadnaviridae* (гепатит В), *Flaviviridae* (гепатит С, желтая лихорадка), *Herpesviridae* – большое семейство, включающее такие вирусы, как ветряная оспа, цитомегаловирус и вирус Эпштейна-Барра, *Orthomyxoviridae* (вирус гриппа); *Paramyxoviridae* (свинка, корь); *Coronaviridae*; *Rhabdoviridae* (вирус бешенства); *Togaviridae* (краснуха, энцефалит); *Bunyaviridae*; *Poxviridae* (оспа); *Retroviridae* (ВИЧ), *Filoviridae* (вирус Эбола). В самом деле, при нарушении структуры липидной оболочки данных вирусов их ДНК или РНК не способна реплицироваться, из-за чего происходит сбой в их жизненном цикле.

Вирусы, не имеющие липидной оболочки, называются «голыми вирусами». Их вирион включает ДНК или РНК и капсид; они, как правило, более устойчивы к действию озона, чем вирионы, имеющие липидную оболочку. Данная группа включает в себя следующие семейства: *Adenoviridae* (респираторные инфекции), *Picornaviridae* (полиовирус, вирус Коксаки, гепатит), *Caliciviridae* (гепатит Е), *Papillomaviridae*.

Таким образом, озон обладает сильнейшим антимикробным действием, во-первых, за счет воздействия его на клеточные мембраны и, во-вторых, за счет окисления рецепторов, с помощью которых паразит внедряется в клетку хозяина. Он является незаменимым при применении его в терапевтических целях, особенно при борьбе с устойчивыми к антибиотикам штаммам микроорганизмов, например, синегнойной палочкой. Озон в концентрациях от 1 до 5 мг/л приводит к гибели 99,9% E.coli, Streptococcus sp., Mycobacterium sp., Klebsiella sp. и др. при воздействии на них в течение 4-20 мин. Его роль нельзя недооценить при борьбе с вирусными заболеваниями.

Влияние на человека

В высоких концентрациях озон токсичен, относится к первому классу опасности (ПДК в воздухе рабочей зоны 0,1 мг/м³). При дезинфекции в помещениях концентрация O₃ может достигать 3-10 мг/м³, поэтому дезинфекция озоном производится в отсутствие людей.

Воздействие озона на организм может приводить к преждевременной смерти. Наиболее опасное воздействие высоких концентраций озона в воздухе:

- озон действует раздражающе на органы дыхания прямым раздражением;
- попадая в кровь с вдыхаемым воздухом, озон образует нерастворимые холестериновые формы, приводящие к атеросклерозу;
- вдыхание озона убивает мужские половые клетки и препятствует их образованию: долгое нахождение в среде с повышенной концентрацией озона может стать причиной мужского бесплодия.

Однако опасность озона не следует преувеличивать: молекула O₃ очень неустойчива (период полураспада 15-20 мин.)***, после прекращения выработки озон быстро самораспадается, его концентрация стремится к природной, для этого всего лишь необходимо соблюдать выдержку при отсутствии людей (2-3 ч) или проветрить помещение (15 мин).

Преимущества

Озонирование обладает целым рядом преимуществ по сравнению с хлорированием. Известно, что при хлорировании воды образующиеся побочные продукты и остаточный хлорагент являются токсичными веществами и не могут быть полностью удалены из питьевой воды. При озонировании, в отличие от хлорирования, протекают такие реакции окисления, как например, с фенолом и его производными, которые приводят к раскрытию ароматического кольца и получению нетоксичных конечных продуктов. Эти продукты легко удаляются с помощью фильтрации, в результате, устраняется мутность, цветность, достигается полная очистка воды. Широкое применение озонирования в качестве альтернативного метода очистки объясняется также отсутствием необходимости доставки и хранения больших количеств хлорагентов.

Основными достоинствами использования озона являются:

- высокий окислительный потенциал (уступает только фтору и нестабильным радикалам);
- возможность получать озон на месте потребления из кислорода воздуха, в связи с чем не требуется доставки никаких реагентов;
- простота и доступность получения озона в электрических аппаратах (озонаторах);
- безотходность производства и использования озона с точки зрения взаимопревращения;
- экономическая целесообразность применения озона по сравнению с другими окислителями (в 2-5 раза ниже стоимости известных окислителей);
- экологическая совместимость озона с окружающей средой.

*** Выживаемость микроорганизмов на поверхностях технологического оборудования при различных режимах озонирования**

Площадь обработки помещения 10х10х3h метров с концентрацией O₃ - 15 мг/м³

	5 мин	10 мин	20 мин	30 мин
S. aureus (Золотистый стафилококк)	0,65	0,19	0,03	0,00
Sh. sonnei (Дизентерия)	0,71	0,71	0,00	0,00
S. java (Сальмонелла)	0,66	0,66	0,00	0,00
B. cereus (Вызывает токсикоинфекции)	0,53	0,53	0,03	0,00
E. coli (Кишечная палочка)	1,00	0,56	0,37	0,00
Дрожжи (Кандидоз, Сахаромицеты)	1,00	0,71	0,71	0,00

*** Примеры действия озона на различные микроорганизмы (реакция в воде)**

Микроорганизм	Результат действия
Bacillus sp.	Клетки разрушаются при действии озона (с=0,2 мг/л) в течение 30 секунд.
Bacillus anthracis	Клетки чувствительны к действию озона.
Bacillus cereus	99% клеток разрушаются при действии озона (с=0,12 мг/л) в течение 5 мин (реакция в воде).
Bacillus cereus (споры)	99% клеток разрушаются при действии озона (с=2,3 мг/л) в течение 5 мин (реакция в воде).
Bacillus subtilis	Уменьшение количества клеток на 90% при воздействии озона (с=0,1 мг/л) в течение 33 минут.
Clavibacter michiganense	99,9% клеток разрушаются при действии озона (с=1,1 мг/л) в течение 5 мин.
Clostridium sp.	Клетки чувствительны к действию озона.
Clostridium botulinum (споры)	Пороговое значение концентрации озона от 0,4 до 0,5 мг/л.
Escherichia coli (из фекалий)	Клетки разрушаются при действии озона (с=0,2 мг/л) в течение 30 секунд (реакция на воздухе).
Escherichia coli (из чистой воды)	99,9% клеток разрушаются при действии озона (с=0,25 мг/л) в течение 1,6 мин.
Escherichia coli (из загрязненной воды)	99,9% клеток разрушаются при действии озона (с=2,2 мг/л) в течение 19 мин.
Mycobacterium avium	99,9% клеток разрушаются при действии озона (с=0,17 мг/л) в воде.
Mycobacterium fortuitum	90% клеток разрушаются при действии озона (с=0,25 мг/л) в течение 1,6 мин (реакция в воде).
Pseudomonas sp.	Сверхчувствительные клетки.
Salmonella sp.	Сверхчувствительные клетки.
Salmonella typhimurium	99,9% клеток разрушаются при действии озона (с=0,25 мг/л) в течение 1,67 мин (реакция в воде).
Staphylococcus sp.	Клетки разрушаются при действии озона концентрацией от 1,5 до 2 мг/л.
Streptococcus sp.	Клетки разрушаются при действии озона (с=0,2 мг/л) в течение 30 секунд.
Virbrio cholera	Сверхчувствительные клетки.

** Примеры действия озона на вирусы

Микроорганизм	Результат действия
Бактериофаг f2	99,99% вирионов разрушается при действии озона (с=0,41 мг/л) в течение 10 с (реакция в воде)
Вирус Коксаки А9	95% вирионов разрушается при действии озона (с=0,035 мг/л) в течение 10 с (реакция в воде)
Вирус Коксаки В5	99,99% вирионов разрушается при действии озона (с=0,4 мг/л) в течение 2,5 мин (реакция проводилась в грязных сточных водах)
Энтеровирус	Полное разрушение при воздействии в течение менее, чем 30 с при концентрации озона от 0,1 до 0,8 мг/л
Вирус гепатита А	99,5% вирионов разрушается при действии озона (с=0,25 мг/л) в течение 2 с (реакция проводилась в фосфатном буфере)
Вирус герпеса	Полное разрушение при воздействии в течение менее, чем 30 с при концентрации озона от 0,1 до 0,8 мг/л
Вирус гриппа	Пороговое значение концентрации озона от 0,4 до 0,5 мг/л.
Вирус полиомиелита	99,99% вирионов уничтожается при действии озона (с=0,3 - 0,4 мг/л) в течение 3-4 мин.
Рабдовирус	Полное разрушение при воздействии в течение менее, чем 30 с при концентрации озона от 0,1 до 0,8 мг/л

*** Расчетные данные времени снижения концентрации до ПДК для озонатора 5г/ч

Объем помещения, м ³	1		
Влажность воздуха при t=23°C	10%	20%	30-70%
Время распада озона до величины ПДК, мин	59	57	56
Объем помещения, м ³	10		
Влажность воздуха при t=23°C	10%	20%	30-70%
Время распада озона до величины ПДК, мин	50	48	46
Объем помещения, м ³	100		
Влажность воздуха при t=23°C	10%	20%	30-70%
Время распада озона до величины ПДК, мин	35	32	31
Объем помещения, м ³	500		
Влажность воздуха при t=23°C	10%	20%	30-70%
Время распада озона до величины ПДК, мин	25	21	20

Литература

Н.С. Безруких «Влияние влажности воздуха на работу озонатора при обработке замкнутых объемов», 2010г.

М. К. Болога, Г.А. Литинский «Электроантисептирование в пищевой промышленности.» г. Кишенёв, 1988 г.

Безруких Е. Г., Гаврилюк А. П., Зайцев Н. К., Шабанов В. Ф. «Расчет концентрации озона, создаваемой озонатором в замкнутом объеме», 1995 г.

И.Л. Микитин, Г.Э. Карапетян, Ю.С. Винник, С.В. Якимов, А.К. Кириченко «Лечение длительно незаживающих ран методом озонотерапии и низкочастотным ультразвуком», 2017г.

Стяжкина С.Н., Матусевич А.Е., Иванова М.К., Акимов А.А. «Бактерицидные и дезодорирующие возможности портативного озонатора в здравоохранении», Научный альманах №2, 2016г.

<https://озон-нв.рф/chastye-voprosy>; <http://rios.su/ozone.html>; <https://vozdyx.ru/article/issledovaniya-po-unichtozheniyu-mikroorganizmov-ozonom/>