

# Методические рекомендации по применению озона

## Содержание:

Общие сведения.....	3
Параметры, влияющие на конечное потребление озона.....	4
Взаимодействие с посторонними объектами .....	4
Зависимости установления равновесной концентрации в помещениях. ....	5
Области применения озона, наглядные примеры и рекомендации.....	6
Удаление запахов. ....	6
Озонирование воды.....	8
Озонирование воздуха .....	8
Дезинфекция предметов, помещений .....	10
Устранение насекомых-вредителей и отпугивание грызунов.....	11
Стимуляция роста растений, жизнедеятельности животных, птиц, рыб, пчел. .	12
Увеличение сроков хранения и сохранение качества продуктов питания, зерна, цветов.....	13
Удаление плесени, грибков, гнили.....	14

## Общие сведения

**ОЗОН** (от греч. ozon-пахнущий). Озон  $O_3$  – это модификация кислорода, т. кип. 161,2 К; плотность газа при 273,2 К 2,141 г/л, при 298,2 К 1,962 г/л. В реакциях с большинством веществ озон — сильный окислитель, что обусловлено низкой энергией отрыва атома О от молекулы  $O_3$  (107 кДж/моль) и высоким сродством молекулы озона к электрону (2,26 эВ). Растворимость озона в воде (0,21 объема в 1 объеме раствора при 298К) почти в 7 раз выше растворимости  $O_2$ .

Озон термически неустойчив в газе и в растворах. В водном растворе распад озона медленно идет при комнатной температуре и заметно ускоряется с ростом pH.

Период полураспада озона в воде	
Температура	Время
С°	мин.
15	30
20	20
25	15
30	12
35	8

В газе более устойчив: медленный распад идет при комнатной температуре, с ростом температуры ускоряется [1].

Период полураспада озона в воздухе	
Температура воздуха, °С	Время
-50	1 месяц
-35	18 дней
-25	8 дней
0	3 дня
20	1.5 часа
50	5 – 10 минут

# Параметры, влияющие на конечное потребление озона

## Взаимодействие с посторонними объектами

К посторонним объектам относятся все вещества, загрязнители и прочие, которые способны взаимодействовать с озоном, такие, как запахи, пыль, микроорганизмы, живые существа, отдельные вещи, элементы конструкций и прочее.

## Объем обрабатываемого объекта.

Чем больше объем, тем медленнее идет насыщение, тем больше озона подвергается самораспаду и больше озона расходуется на побочные реакции, соответственно и вырабатывать необходимо больше рассчитанного.

## Скорость циркуляции воздуха/воды.

Чем выше скорость циркуляции воздуха или воды, тем больше эффективная площадь и объем взаимодействия озона с объектами, тем выше скорость реакции и лучше размешивание, а соответственно и качество обработки, но за счет этого увеличивается расход озона на реакции с посторонними объектами.

## Влажность

Чем больше воды в воздухе, тем больше увеличивается самораспад озона, соответственно тем больше дополнительно озона нужно произвести

## Температура

Чем выше температура, тем больше воды находится в воздухе и тем выше скорость химических реакций: как взаимодействия с посторонними объектами, относительно цели, так и самораспада.

## Количество загрязнителя

Чем больше загрязнителя, тем больше озона потребуются на его устранение.

## Доступность поверхности

Чем легче озону достичь места назначения, тем меньше затраты его на побочные эффекты.

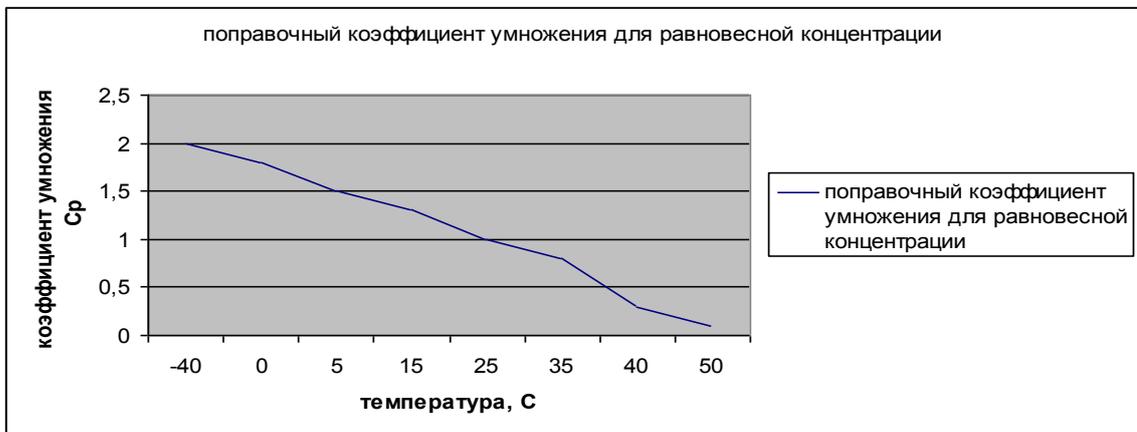
# Зависимости установления равновесной концентрации в помещениях.

На примерах озонаторов воздуха ОЗ-А60, ОЗ-А80 и ОЗ-А100 с производительностью по озону 60, 80 и 100г/ч соответственно.



Равновесная концентрация зависит от температуры воздуха в помещении, для этого необходимо учитывать поправочный коэффициент k:

$$Cp^T = Cp * k$$



# Области применения озона, наглядные примеры и рекомендации

**Внимание:** данные рекомендации являются частным случаем и режим обработки, подходящий для Ваших целей, может быть рассчитан только ориентировочно, исходя из Ваших технических условий, а точный режим может быть подобран только экспериментально.

## Удаление запахов.

- **Для удаления неприятных запахов из воздуха в помещении**, где постоянно находятся люди, можно обрабатывать воздух дозами озона 0,1 – 0,2 мг\*ч/м<sup>3</sup> (ПДК для человека) до устранения, либо при наличии постоянного источника запаха, например, с улицы, систематически обрабатывать в течение всего времени пребывания людей
- **Для удаления очень сильных запахов**, в отсутствие людей. Расчетные условия: озонатор производительностью 5 – 7 г/ч, температура 25°С, влажность 50%.

Объем помещения	250м <sup>3</sup>	500м <sup>3</sup>	1000м <sup>3</sup>
Время обработки	10 – 15 минут	40 – 60 минут	2 – 2,5 часа

Заходить не раньше, чем через полчаса – час после обработки.[2]

- **Запах гари после пожара, табака, пота, краски, затхлости, кошачий, туалета, трупный запах.** Озонирование проводить в отсутствие людей ежедневно до полного устранения запахов.

Расчетные условия: озонатор производительностью 25г/ч, очень сильные запахи, температура 25°С, влажность 50%.

Объем помещения	250м <sup>3</sup>	500м <sup>3</sup>	1000м <sup>3</sup>
Время обработки	40 – 60 минут	2 – 2,5 часа	7 – 8 часов

- **Для клининговых компаний**, когда, например, в квартире устойчивый трупный запах, а времени на обработку мало, рекомендуется применять озонатор высокой производительности (от 25 г/ч) с автоматическим выставлением режима обработки (таймером/программатором). Расчетные условия: озонатор производительностью 25г/ч, очень сильные запахи, температура 25°С, влажность 50%.

Объем помещения	250м <sup>3</sup>	500м <sup>3</sup>	1000м <sup>3</sup>
Время обработки	40 – 60 минут	2 – 2,5 часа	7 – 8 часов

Обеспечить хорошую циркуляцию воздуха по квартире.

- **Для управляющих компаний** распространенная проблема – запах из подвалов после протечки или ремонта канализации. В этом случае рекомендуется проводить озонирование закрытого подвала озоновой пушкой производительностью 25 г/ч в течение нескольких дней. Режим обработки в этот период рекомендуется выставить такой: 30 минут работы озонатора, 2 часа отдыха (в расчете на 250м<sup>3</sup>). Нахождение людей в помещении в период обработки недопустимо.
- **Для химчисток**, когда необходимо избавиться от самых разных въевшихся запахов, особенно запаха мочи, из множества различных вещей, рекомендуется помещать все загрязненные предметы в отдельное помещение и проводить обработку озонатором производительностью 5 – 25 г/ч (в расчете на 50м<sup>3</sup>, много вещей, сильные запахи, низкая влажность) в течение 3 – 4 часов.
- **В случае локальных, небольших по площади источников** неприятного запаха, как, например, запах мочи от ковра и мягкой мебели, следует обрабатывать водным раствором озона или подвести поток озона из озонатора непосредственно к месту загрязнения, и обрабатывать 1 – 2 граммами озона. Для этого хорошо подойдут озонаторы производительностью от 0,5г/ч
- **Если это небольшое помещение** (например, **салон автомобиля**), достаточно провести обработку в течение часа количеством озона от 2г, (для этого можно использовать универсальный озонатор производительностью 5 – 6 грамм) и либо подождать, пока озон не прореагирует до конца и избыток не распадется до кислорода, либо проветрить салон после часа обработки.
- В случае, когда **запах въелся в достаточно большой предмет** (например, **запах от дивана**), рекомендуется накрыть предмет пленкой, обеспечить максимальную герметичность оболочки и провести внутрь трубку выхода озона внутрь. Заполнить эту «капсулу» 2-5 граммами озона и подождать 1 – 2 часа, пока озон не прореагирует до конца и избыток не распадется до кислорода. **Озонирование рекомендуется проводить систематически, до момента, когда запахи прекратят появляться.**

## Озонирование воды

- Для подготовки питьевой воды рекомендуемая доза озона, согласно литературным данным, 2 – 5 г\*ч/м<sup>3</sup>[3].
- Для дезинфекции питьевой воды непосредственно перед розливом, достаточно подавать 1г\*ч/м<sup>3</sup>.
- Для санации сточных вод производительность озонатора выбирается в зависимости от количества примесей из расчета 1 – 3 грамма озона на 1 г БПК, 7-10 грамм озона на 1 грамм загрязнителя (для нефтепродуктов)[4].
- Создание дезинфицирующих растворов. Согласно литературным данным [5] оптимальным режимом приготовления растворов является подача озона 70 мг\*мин/л с концентрацией озона в озono-воздушной смеси не менее 20 мг/л в течение 3-5 минут.

## Озонирование воздуха

- Эффективная профилактика вирусных и бактериологических инфекций может быть обеспечена при постоянной обработке 0,03 - 0,1 мг/м<sup>3</sup> в течение всего времени пребывания людей в помещении. Расчетные условия: нахождение людей в помещении, озонатор производительностью 0,5 г/ч, низкая влажность, температура 25°C, низкая запыленность, наличие слабых запахов.

Объем помещения	50м <sup>3</sup>	100м <sup>3</sup>	250м <sup>3</sup>
Время обработки	3 - 5 минут	7 - 15 минут	20 - 30 минут

При более высоких концентрациях присутствие людей в помещении недопустимо.

- Бактерицидные свойства озона хорошо проявляются при любых концентрациях от 1 – 500 мг/м<sup>3</sup>, которые способны обеспечить высокую эффективность инактивации любой микрофлоры.
- При бактериальных и вирусных инфекциях в лечебно-профилактических учреждениях дезинфекция проводится при концентрации озона 2-4 мг/м<sup>3</sup> в течение 60-100 минут. На эту концентрацию получено свидетельство о государственной регистрации дезинфекционного средства №0039-98/21 выданной МЗ РФ в 1998 году [2].

- **Очистка от фенола, формальдегида, ацетона, стирола, толуола, бензапирена, нефтепродуктов, бензола, метана и других органических загрязнителей**, находящихся в воздухе рабочей зоны в концентрациях 2-10 ПДК производится в течение всего рабочего дня с поддержанием концентрации озона 0,1 мг/м<sup>3</sup>. Расчетные условия: нахождение людей в помещении, озонатор производительностью 5 г/ч, низкая влажность, температура 25°С, низкая запыленность.

Объем помещения	250м <sup>3</sup>	500м <sup>3</sup>	1000м <sup>3</sup>
Время обработки	3 - 5 минут	7 - 15 минут	20 - 30 минут

При более высоких концентрациях органических загрязнителей очистка проводится в отсутствие людей, производительность необходимого озонатора определяется степенью загрязнения, типа загрязнителя и объема помещения.

- **Подавление неприятных запахов** сероводорода, аммиака, меркаптанов, сульфатов, анилина и аминов, находящихся в концентрациях 2-5 ПДК осуществляется с эффективностью 90% поддержанием концентрации озона в рабочей зоне 0,1 мг/м<sup>3</sup>, но в случае данных веществ нужно помнить, что продукты окисления так же являются токсичными газами, поэтому нужно подбирать условия озонирования для каждого конкретного случая.
- **Демеркуризацию – обезвреживание паров ртути** – следует проводить озон-воздушной смесью в расчете дозы озона 1-10 мг на каждый м<sup>3</sup> помещения при постоянном контроле содержания паров свободной ртути до момента, пока анализатор не покажет отсутствие паров в воздухе.
- **Очистка вентиляционных выбросов и отходящих газов** с очень высоким содержанием загрязнителей на предприятиях химической, нефтехимической, лакокрасочной, пищевой, биологической промышленности, фармпроизводствах проводится с помощью водных растворов озона - RedOx-систем. Доза озона зависит от количества загрязнителей и подбирается из расчета 3 – 10 грамма озона на 1 грамм загрязнителя [3].

## Дезинфекция предметов, помещений

- **Дезинфекция медицинских инструментов** проводится водным раствором озона
- **Дезинфекция оборудования**, например в пищевой промышленности, может проводиться прогонкой озono-воздушной смеси по трубопроводам и иным системам. Расчетные условия: озонатор производительностью 10г/ч, низкая влажность, минимальная запыленность, температура 25°C.

Суммарный объем	250м <sup>3</sup>	500м <sup>3</sup>	1000м <sup>3</sup>
Время обработки	20-30 минут	30-40 минут	40-50 минут

Либо обработка может проводиться прогонкой дезинфицирующего водного раствора при постоянной подаче озона в раствор.

- **Дезинфекция вещей** может проводиться озono-воздушной обработкой. Например, для дезинфекции дивана после вирусной болезни члена семьи диван следует закрыть пленкой, концы пленки максимально герметично приклеить клейкой лентой к полу (создать герметичную камеру), а под пленку подвести выходную трубку озонатора или поставить сам озонатор непосредственно. Проводить озонирование в течение 1-2 часов 0,25 – 1 г озона. В случае дезинфекции помещений с мебелью и иными вещами следует проводить озонирование в отсутствие людей при дозе озона не меньше 7-10мг на 1 м<sup>3</sup> за 60-100 минут, выбор производительности озонатора будет зависеть от объема помещения.
- **Дезинфекция продуктов питания** проводится как озono-воздушной смесью, так и водным раствором озона, дозы озона и режим обработки сильно зависит от обрабатываемого продукта. Например, для дезинфекции продуктов озono-воздушной смесью необходимо вырабатывать 7-10мг озона на 1м<sup>3</sup>, а для дезинфекции мяса, рыбы и птицы в раствор с пищевой продукцией вводится озон из расчета 0,2 – 2 грамма озона на 1 м<sup>3</sup> продукта. [6]

## Устранение насекомых-вредителей и отпугивание грызунов

- Экспериментально изучали действие озона на вредителей. Для зерновки фасолевой БЭ озона составила 90% при однократной обработке озоном концентрацией 1 г/м<sup>3</sup> в течение 15 минут (0,25 г\*час/м<sup>3</sup>), и для мучного хрущака БЭ составила 100% при однократной обработке озоном концентрацией 1 г/м<sup>3</sup> в течение 15 минут (0,25 г\*час/м<sup>3</sup>). Таким образом, было установлено, что инсектицидное действие озона зависит от вида вредителя и дозы [7]. Рекомендуется проводить обработку озоном периодически (1-2 раза в неделю) для наилучшего эффекта. При ежедневной обработке концентрации и дозы могут быть снижены.
- Для отпугивания грызунов выбор озонатора зависит от объема обрабатываемого помещения, оптимальный режим обработки озоно-воздушной смесью с концентрацией озона 1-10 мг/м<sup>3</sup> в течение 2-4 часов ежедневно, согласно литературным данным летальная доза для мышей является 8 мг/м<sup>3</sup> (4ppm) в течение 4 часов [1]. Грызуны покидают свои норы уже при небольших дозах озона, на уровне ПДК, когда только начинает ощущаться запах озона. Проблема состоит в том, что, судя по наблюдениям, грызуны при появлении озона в воздухе уходят глубоко в норы, а при разложении озона, возвращаются вновь. Получение ими определенной дозы озона вызывает нарушения в мозге животного, от чего наблюдалось подавление инстинктов самосохранения и страха. Через три месяца наблюдений грызуны покинули помещение, ежедневно обрабатывавшееся высокими дозами озона в ночное время.

## Стимуляция роста растений, жизнедеятельности животных, птиц, рыб, пчел.

- **Предпосевное озонирование пшеницы** повышает всхожесть зерен на 20% при обработке зерна дозой озона 14,7 г\*сутки/м<sup>3</sup> при обработке 14 суток[8]. А также позволяет варьировать качественный состав зерна [9].
- **При выращивании поросят** создание атмосферы с концентрацией 0,1 – 1 мг/м<sup>3</sup> в месте постоянного пребывания животных, продуктивность поросят возрастает на 27% [10]. Для создания и поддержания такой атмосферы на каждые 1000м<sup>3</sup> фермы, где присутствует воздухообмен с внешней средой, есть запахи, пыль, температура 20°C и низкая влажность, необходимо постоянная подача 4 – 5г/ч озона и хорошая циркуляция воздуха, чтобы ускорить равномерное распределение озона по помещению.
- **Для лечения рыб**, больных сапролегниозом, триходиозом, апиосомозом и другими эктопаразитарными болезнями, в воде поддерживают концентрацию озона в пределах 0,3–0,5 мг/л. Обработку воды проводят 2–3 раза в течение 30 мин. каждые 5–6 ч [11]. Для поддержания необходимой концентрации и контроля режима обработки необходимо использовать анализатор озона.
- **В птицеводстве.** В исследованиях показано, что наибольшая эффективность озонирования отмечается при **обработке инкубационных яиц**: уничтожается до 98% микроорганизмов в воздухе помещения, бактериальная обсеменённость скорлупы уменьшается в 5–8 раз, а вывод суточного молодняка и его сохранность повышаются на 3–5 процентов. Обработка на яйцескладе проводится один раз в 3–5 дней в течение 8–12 ч при поддержании концентрации озона в воздухе в пределах 4–15 мг/м<sup>3</sup>[12].

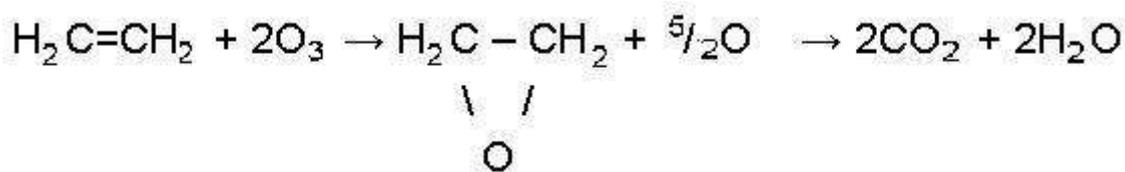
Объем помещения	250м <sup>3</sup>	500м <sup>3</sup>	1000м <sup>3</sup>
Производительность озонатора	10г/ч	20-25г/ч	50-60г/ч

- Также комплексное применение озонированного зерна + добавлении пробиотика в количестве 2% от массы корма **позволяют значительно увеличить мясную продуктивность** цыплят-бройлеров и повысить биологическую ценность птичьего мяса[13].

- **В пчеловодстве приводит к увеличению параметра степени развития пчелиных семей.** Наибольший эффект достигается при концентрации озона – 32 мг/м<sup>3</sup> в озono-воздушной смеси, поступающей в улей, при экспозиции 24 часа в течение 24 суток (В данном случае необходимо использовать анализатор озона с модулем управления для поддержания необходимых параметров обработки, производительность озонатора рассчитывается в данном случае по прямолинейной зависимости 50мг/м3). Результатом эксперимента по воздействию озона на интенсивность весеннего развития является выявление оптимального режима обработки пчел, при котором достигнуто увеличение параметра степени развития пчелосемей на 39 % [14]. Так же подкормка инвертированным сиропом озонированным озono-воздушной смесью с концентрацией озона 0,095±0,005 мг/л благоприятно влияет на физиологические процессы у всех особей пчелиной семьи [15].

## **Увеличение сроков хранения и сохранение качества продуктов питания, зерна, цветов**

- **Подавление процесса гниения** за счет окисления этилена, появляющегося в процессе гниения и ускоряющего этот процесс. Окисление этилена озоном происходит быстро и вначале появляется оксид этилена, сам по себе являющийся эффективным ингибитором бактерий, грибов, плесени и гнили, а после распадается на углекислый газ и воду [6]:



- Способ обработки и дозировки зависят от вида продукции и объемов. Так, например, **для увеличения срока хранения сыра с 1 до 4х месяцев необходимо выработать 50-60 мг озона на 1 м<sup>3</sup> хранилища за 4 часа обработки через каждые 2-3 дня.**[6]

Объем помещения	250м <sup>3</sup>	500м <sup>3</sup>	1000м <sup>3</sup>
Производительность озонатора	3,5 – 5 г/ч	7 – 10г/ч	15-20г/ч

- **Для подавления грибной инфекции**, обсеменяющей зерно озимой пшеницы, необходимо его обрабатывать озоном с дозой не менее 20,0 г-сутки на 1м<sup>3</sup> хранилища[8]. Не рекомендуется проводить озонирование влажного, свежего зерна, а только после первичной сушки или во время.

## Удаление плесени, грибков, гнили

- **Для удаления плесени на овощехранилищах** экспериментально установленный оптимальный режим озонирования: на 2000м<sup>3</sup> помещения 4 – 6 часов работы озонатора(ов) производительностью 50 – 60г/ч.
- **для устранения заражения клубники грибами и плесенью** достаточно обрабатывать по 20 минут раз в 1-2 дня при температуре 2-4°С и относительной влажности 80-90% озono-воздушной смесью с концентрацией озона 5-6 мг/м<sup>3</sup>[6].
- Технологически приемлемыми параметрами и режимами **обработки контаминированного микотоксинами корма** озono-воздушной или озон–NO смесью являются концентрация озона 3,5 – 4 г/м<sup>3</sup> не менее 40 минут[16].
- **Улучшение показателей воздуха на производстве.** Загрязненность воздуха обусловлена наличием в нем спор плесени. Споры плесени в неактивном состоянии подвергаются действию озона гораздо слабей, чем в активной форме (когда начинают прорастать). Оптимальными будут условия, когда влажность и температура достаточны для активации спор плесени. Когда споры начинают прорастать, они раскрывают защитную капсулу и начинают дышать, поглощая в этот момент озон, который вызывает их гибель. Минимальные условия активизации спор: температура воздуха от 1 - 4°С, влажность от 70% и выше, питательная среда. Подавление грибного заражения в присутствии людей, например, в производственных цехах пищевой промышленности должно проходить поддержанием концентрации озона на уровне 0,1 - 0,2 мг/м<sup>3</sup>, контролируемой и поддерживаемой специальными анализаторами озона.