

Література

1. Вобликов, Е.М. Технология хранения зерна [Текст] / Е.М. Вобликов, В.А. Буханцов, Б.К. Маратов и др. – СПб.: Изд. «Лань», 2003. – 448 с.
2. Вобликов, Е.М. Послеуборочная обработка и хранение зерна [Текст] / Е.М. Вобликов, В.А. Буханцов, Б.К. Маратов, А.С.Прокопец. – Ростов н/Д: «Март», 2001. – 240 с.
3. Вобликов, Е.М. Зернохранилища и технологии элеваторной промышленности [Текст] / Е.М. Вобликов. – СПб.: Лань, 2005. – 208 с.

УДК [648.6:640.4]:546.214

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АКТИВНЫХ ФОРМ ВОЗДУХА ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОМЕЩЕНИЙ РЕСТОРАНОВ, КАФЕ И СФЕРЫ УСЛУГ

**Станкевич Г.Н., д-р техн. наук, профессор, Титомир Л.А., канд. техн. наук, доцент,
Данилова Е.И., канд. хим. наук, ст. научн. сотрудник, Бабков А.В., аспирант
Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса**

Для обеспечения безопасности жизнедеятельности человека предложен метод улучшения санитарно-гигиенического состояния помещений в заведениях ресторанного питания и сферы услуг, путем обработки озono-воздушной смесью. Обоснованы режимы обработки проведена апробация в производственных условиях с учетом ряда микробиологических показателей.

To ensure the safety of human life we suggested method of improving the sanitary condition of the premises catering and services, by treatment with ozone-air mixture. Justified treatment regimens conducted testing in a production environment, taking into account a number of microbiological parameters.

Ключевые слова: озono-воздушная смесь, микроорганизмы, дезинфекция помещений, заведения ресторанного питания и сферы услуг.

Актуальность микробной контаминации приобретает жизненный, практический интерес в условиях бурно развивающегося научно-технического прогресса, а также интенсификации миграционных процессов, сопровождающих деятельность людей, перевозкой животных, перемещением насекомых, растительных, биологических и физических объектов, являющихся носителями микроорганизмов. Это необходимо учитывать, особенно на предприятиях пищевой и перерабатывающей промышленности, заведениях ресторанного питания и сферы услуг, т.е. во всех тех структурах, которые занимаются производством, хранением продовольственного сырья и пищевых продуктов, а также предоставлением услуг большому количеству людей (больницы, магазины, кафе, парикмахерские, гостиницы и т.д.). Можно сказать, что вся деятельность людей связана с физическими и биологическими объектами, являющимися потенциальными источниками возможного поражения микроорганизмами пищевых продуктов и микробиологического заражения организма человека. Поэтому вопросы снижения микробной обсемененности и обеспечения безопасности жизнедеятельности человека являются чрезвычайно актуальными и могут быть решены биологическими, химическими и инженерными методами.

В процессе жизнедеятельности и стремлении выживать микромир завоевывает новые пространства, и при этом переживает сложные эволюционные процессы, именно поэтому для борьбы с ним требуются современные, высокоэффективные, решительные меры. К сожалению, большинство наиболее распространенных сегодня методов борьбы устарело и носит сугубо формальный характер, необходимость применения которых отражена в соответствующей нормативной документации, морально устаревшей, так же как и декларируемые ею методы, разработанные еще в конце прошлого XX столетия [1]. Все попытки что-либо изменить в сложившейся ситуации, предпринимаемые в основном производителями дезинфекционных средств, в конечном итоге сводятся к расширению спектра противомикробных препаратов, либо к производству все более ядовитых средств, способных справиться с новыми видами и штаммами микроорганизмов. Эта тенденция в большей степени служит интересам химических производств, чем чаяниям общества и реальным потребностям производителей. Она же приводит к сильной экологической перегрузке окружающей среды, бессмысленной трате и без того дефицитных ресурсов и денежных средств, резистенции микроорганизмов к новым и старым препаратам через мутационные преобразования.

Бессистемное, можно сказать "квадратно-гнездовое", применение антимикробных средств никогда

не дает ожидаемого результата в отношении микромира, но может существенно подорвать здоровье людей, оказавшихся на обрабатываемой территории, вследствие попадания в дыхательные пути вместе с воздухом, желудочно-кишечный тракт с пищей, или на кожные покровы после прикосновения к обработанному сильнодействующим средством предмету. Обработка современными дезинфекционными средствами может приводить и к достаточно трагичным отдаленным последствиям, поскольку все применяемые дезсредства на основе активных форм хлора, фтора и производных фосфора способны длительное время, без изменений сохраняться на пищевых продуктах, а также при разложении выделять токсические компоненты.

В связи с этим актуальна задача разработки эффективного, экологически чистого, экономически выгодного способа дезинфекционной обработки производственных помещений, оборудования, особенно в заведениях ресторанного питания и сферы услуг. При этом необходимо разработать такой метод, который должен обладать высокой проникающей способностью, позволяющей улучшить санитарно-гигиеническое состояние в труднодоступных участках помещения и частях производственного оборудования. В поисках оптимального решения, авторы обратили свое внимание на активные формы воздуха, и возможность их применения для решения вышеописанных задач.

Под активными формами воздуха подразумевается использование озono-воздушной смеси (ОВС), получаемой в результате синтеза под действием электрических разрядов кислородосодержащей газовой смеси — атмосферного воздуха, при этом в качестве основного дезинфицирующего средства такой смеси выступает озон. Озон (O_3) — второе относительно устойчивое (метастабильное) простое молекулярное соединение, которое способен образовывать кислород. Всего известно семь простых соединений кислорода, включая комплексы O_4 и O_6 [2].

С момента своего открытия в конце XVIII века озон вызывает неизменный интерес специалистов различного профиля и исследователей благодаря своим уникальным свойствам, в первую очередь — высокой окислительной и дезинфицирующей способности. По окислительной способности озон (окислительный потенциал 2,07 В) занимает третье место среди известных окислителей, уступает фтору (окислительный потенциал 2,41 В) и фториду кислорода, в то время как хлор (окислительный потенциал 1,73 В) — занимает восьмое, а обычный кислород (O_2) только тринадцатое место. Своей высокой активностью озон обязан в основном, атомарному кислороду, который он легко отдает при диссоциации молекулы в химической реакции. Помимо прочих своих свойств, немаловажным для оздоровления микроклимата обрабатываемого ОВС помещения является то, что озон активно вступает в реакции с ароматическими соединениями (в частности с фенолами) с разрушением ароматического ядра. Озон также взаимодействует с ненасыщенными углеводородами с разрушением двойных углеводородных связей! Реакции озона с ароматическими соединениями могут лечь в основу современных технологий дезодорации различных сред, помещений, питьевых и сточных вод [3]. Преимущества использования озона в процессах очистки и обеззараживания воды, воздуха и иных жидких и газообразных сред общепризнанны: в настоящее время около 95 % питьевой воды в Европе проходит озонную подготовку.

На поверхностях участков помещения или составных частей производственного оборудования существует большое количество дефектов поверхностей в виде карманов, щелей, капилляров и так называемых крипт (маленьких кратеров). Даже идеально гладкая, отполированная до зеркального состояния на первый взгляд поверхность под сильным увеличением абсолютно “криптообразна”, и обычная капля, создаваемая при обработке подсобным инвентарем, в силу осмотических законов не способна проникнуть в мелкие дефекты поверхностей, а лишь на время закупоривает их. Микроорганизмы остаются на поверхностях и начинают интенсивно размножаться в благоприятных условиях при отсутствии антагонистов, погибших в результате воздействия химических реагентов.

Традиционная методика, которая заключается в “орошении” и “протираании” поверхностей стен и оборудования с последующей экспозицией в течение определенного времени не всегда дает желаемый результат. На практике, “орошение” и “протираание” внутренних поверхностей производственных помещений со значительными биодеструктивными повреждениями, микропористой структурой (бетон, дерево, штукатурка), даже если они окрашены в соответствии с нормативными требованиями, недостаточно эффективно и приводят к неблагоприятным побочным эффектам. Указанные методы позволяют нанести препарат только на доступные наружные поверхности. При этом в силу капиллярных явлений и поверхностного натяжения дезинфектант не проникает в глубину развитых поверхностей — основную нишу посторонней производственной микрофлоры (образуется водяная пробка), а также не проникает вглубь клеточных конгломератов. Таким образом, при применении “орошения” и “протираания” в условиях обработки производственных площадей не достигается требуемая полнота контакта дезинфектанта с источниками микробного заражения. В результате этого из исходной популяции микроорганизмов, являющейся гетерогенной по устойчивости, искусственно селекционируется (отбирается) популяция с повышенной устойчивостью к дезпрепарату.

Нами експериментально встановлено, що уже через три цикла неефективних дезобработок формується мікрофлора достаточна стійка до застосовуваних раніше дезсредств, відбувається формування полірезистентних штамів мікроорганізмів. Такі мікробні популяції певним чином відрізняються від батьківських мікроорганізмів за морфологічними, біологічними та іншими ознаками. В результаті ефективність раніше застосовуваних засобів зрівнюється.

Для подолання цих недоліків традиційних методів обеззараження розроблено метод аерозольної або об'ємної дезінфекції. Незважаючи на те, що ефективність цього методу була доведена ще в середині 80-х років ХХ століття, в промислових масштабах він не був реалізований через відсутність необхідного обладнання та ефективних дезінфектантів, які дозволяють проводити обробку приміщень при відносно невисоких концентраціях аерозолю, а вибір режимів обробки взагалі не проводився.

В основі методу об'ємної дезінфекції лежить принцип перетворення рідких дезінфектантів в мелкодисперсні аерозолі (з розміром частинок від 2 до 50 мкм.). Хмара аерозолю в вигляді холодного мелкодисперсного туману утворюється за допомогою дисківих або турбоциклонних аерозольних генераторів. Обов'язковою умовою ефективного застосування цієї технології є використання ультрадиспергуючої техніки, дроблячої дезінфектант до частинок розміром декілька мікрометрів. В силу своїх малих розмірів частинки ультрамаленьких об'ємів "живуть" за абсолютно іншими законами аеродинаміки, теплофізики та осмосу, що робить розчини хімічних речовин значно ефективніше в відношенні мікроорганізмів, суттєво підвищуючи їх протимікробну активність, а також збільшується їх проникна здатність [4].

Масированное воздействие мелкодисперсного аерозоля заданной концентрации, во всем объеме помещения обеспечивает санацию воздуха. Такой аэрозоль в считанные минуты насыщает воздушную среду замкнутых пространств внутри помещений, емкостей, проникает во все труднодоступные уголки и конденсируется в виде мельчайшей росы, заполняя все микроскопические неровности поверхностей оборудования, стен, пола, потолка, систем вентиляции. При этом важным условием эффективного воздействия на поверхности являются параметры влажности воздуха и температурного градиента, т.е. разности температур дезинфектанта и поверхностей. Чем выше влажность воздуха и чем больше температура дезинфектанта по сравнению с температурой обрабатываемых поверхностей, тем быстрее происходит конденсация аэрозольного тумана на поверхностях.

В настоящее время используются аэрозоли, позволяющие получить мелкодисперсную фазу, которая продолжительное время удерживается в воздухе, что с одной стороны продлевает время действия аэрозоля, а с другой может вызвать такие негативные эффекты как аллергия, вследствие попадания в дыхательные пути и на кожу. В условиях пищевых производств, попадая на сырье и продукты питания. Эти вещества могут вызвать не только изменения в пищевых продуктах, но и отравления в следствии наличия токсикогенных веществ. Они могут вызвать как острое отравление, так и заболевания, возникающие вследствие кумулятивного эффекта различных веществ и компонентов. Кроме того, по окончании действия дезсредств в неровностях поверхностей остается влага, способствующая обильному росту микроорганизмов и, в особенности, плесневых грибов.

На сегодняшний момент на пищевых предприятиях широко используются хлорсодержащие, фторсодержащие, а также фосфорсодержащие дезинфектанты. Хлорсодержащие препараты например: в органической среде могут трансформироваться до диоксинов и хлорированных углеводов — широко известных канцерогенов, отличающихся кумулятивным эффектом (накоплением в организме), трудностью определения и устойчивостью в окружающей среде. В связи с этим производство и применение хлорактивных препаратов (моноклораминов, гипохлоритов и др.) в странах Евросоюза и дальнего зарубежья сокращается, а в некоторых находится под запретом вообще.

Перспективным считается разработка и дальнейшее использование как дезинфектантов препаратов на основе перекиси водорода и надкислот (продуктов взаимодействия перекиси и органических кислот) [5]. Такие пероксидные дезинфектанты характеризующиеся относительной экологической безопасностью, так как отработанные препараты в течение 3-4 часов разлагаются на безвредные компоненты, главным образом — кислород и воду. При этом вода, остающаяся на поверхностях, способствует увеличению влажности в помещении, что может привести к прогрессирующему росту микроорганизмов, в основном плесневых грибов, хотя этот метод следует отнести к безопасным и прогрессивным. В тоже время получение препаратов надкислот сопряжено с использованием агрессивных реактивов, некоторые из которых (например, уксусный ангидрид) относят к прекурсорам. Помещение и оборудование, обработанное надуксусной кислотой, обладает специфическим "уксусным" запахом, что является негативным фактором. Использование других надкислот приводит к возникновению посторонних стойких запахов, не свойственных пищевым производствам, пропитывающих материалы и которые могут передаваться пищевым продуктам.

По мнению авторов, наиболее прогрессивным из всех ныне существующих и используемых способов дезинфекционной обработки, является способ обработки дезинфицируемых поверхностей газом. Газ, в силу своих физических, свойств обладает способностью максимального соприкосновения с поверхностью, и его распространению не мешает неровный, “криптообразный” рельеф. Обладая высокой проникающей способностью сам по себе, газообразный дезинфектант не нуждается в дополнительных стадиях подготовки, таких, как проходят, например, жидкие дезердства для преобразования в аэрозоли (при помощи дисковых или турбоциклонных аэрозольных генераторов). Его частицы изначально имеют минимальный размер, а само соприкосновение с обрабатываемой поверхностью идет на молекулярном уровне, что в свою очередь, обеспечивает максимально возможный и плотный контакт.

Следующим немаловажным фактором сути любой дезинфекционной обработки является сам препарат, или, другими словами, химический состав, формула вещества, его особенности, дезинфекционный потенциал, экологическая безопасность, экономическая целесообразность и легкость применения. В этом отношении, по мнению авторов, наиболее целесообразным и оптимальным является использование газовых смесей с активными формами воздуха (АФВ). Так как не существует более экологически чистого вещества, чем кислородосодержащая газовая смесь (чистый атмосферный воздух, насыщенный кислородом), запасы которого неограничены и находятся в свободном доступе. Необходимо только обработать соответствующим образом саму кислородосодержащую смесь для получения активной формы воздуха в составе озono-воздушной смеси.

Особенным преимуществом озона является то, что он представляет собой, безусловно, самый экологически чистый окислитель, фунгицид, дезодоратор и дезинфектант. Производство и применение озона не приводит к вторичному загрязнению окружающей среды, и он не дает нежелательных побочных продуктов. Неиспользованный озон распадается, снова превращаясь в газообразный двухатомный кислород, и, в отличие от тех же пероксидных дезинфектантов, не оставляет влагу на обрабатываемой поверхности после распада. Кроме выраженной способности уничтожения бактерий озон, в отличие от хлора, обладает высокой эффективностью и в уничтожении спор, капсул и цист (плотные оболочки, образующиеся вокруг одноклеточных организмов, например, жгутиковых, при их размножении), в том числе патогенных микроорганизмов. Помимо всего вышеперечисленного, малые дозы озона оказывают профилактическое и терапевтическое воздействие на человека и их активно используют в медицине.

Полезное, дезинфицирующее воздействие ОВС на воздух, производственные помещения и оборудование, несомненно, но только при условии правильного применения АФВ и озono-генераторного оборудования. Проблема состоит в том, что озон, будучи модификацией кислорода, при больших концентрациях оказывает токсичное воздействие на организм человека и животных, хотя в малых концентрациях совершенно безопасен, более того, существует мнение, что полное его отсутствие отрицательно сказывается на работоспособности человека [6].

Установлена и предельно допустимая концентрация (ПДК) озона в воздухе, что согласно санитарным нормам, в воздухе рабочей зоны не должна превышать $0,1 \text{ г/м}^3$ [7], однако существуют и другие мнения на этот счет [8]. Придерживаясь требований санитарных норм, принимаем то, что содержание озона, не превышающее данное значение, безопасно для человека и животных.

Необходимо отметить, что существует два принципиально разных способа обработки помещения ОВС, отличающиеся между собой в первую очередь, используемым для этих целей оборудованием и его конструктивными особенностями.

Первый, и наиболее распространенный на сегодняшний момент способ заключается в том, что устанавливаемый в закрытом обрабатываемом помещении озонатор пропускает через свой реактор большой объем кислородосодержащей смеси (например, от 4 до $130 \text{ м}^3/\text{ч}$) выдавая на выходе поток с низкой концентрацией озона (например, от $0,05$ до $1,0 \text{ г/м}^3$) с общей производительностью (от $0,2$ до $130,0 \text{ г/ч}$). Дезинфекционная обработка проводится в течение длительного времени, необходимого, для того чтобы весь объем обрабатываемого помещения наполнился газом с нужной концентрацией озона, которая зачастую в подобных установках не регулируется, а устанавливается производителями озонаторов статичной. После этого следует выдержать данную концентрацию озона на обрабатываемой территории определенное время, необходимое для достижения дезинфекционного эффекта. Поэтому потребителю такого оборудования нужно предварительно рассчитать уравнение баланса для общей массы озона в помещении, учитывая динамическую характеристику концентрации озона в закрытом помещении требуемого объема, лишь после этого возможно определиться с необходимыми характеристиками и режимами обработки (регулирование которых сводится к варьированию времени работы) искомого озонатора [9]. Очень часто это сводится к выбору установки требуемой производительности с оптимальной концентрацией озона произведенной ОВС, и с учетом объема подлежащего обработке замкнутого пространства. Упрощенная формула расчета необходимой производительности озонатора для достижения и поддержания заданной концентрации озона в помещении:

$$G(O_3) = K \cdot C(O_3) \cdot (V/T), \quad (1)$$

где K – коэффициент, отражающий расход озона на химическое взаимодействие, термический распад и т.д. На практике предварительно предполагается, что $K=5 \dots 10$;

$C(O_3)$ – концентрация озона в озонируемом помещении объемом V , мг/м³;

V – объем помещения, м³;

T – время озонирования, ч.; условие $T \leq 1$ ч означает, что озон взаимодействует по следующей схеме: реагирует \rightarrow распадается, реагирует \rightarrow распадается и т.д. То есть при $T=1$ и при $T > 1$ озонатором создается одинаковая концентрация.

Тогда, к примеру для дезинфекции помещения объемом 100 м³ потребуется (при $C=12$ мг/м³; $K_1=5$; $K_2=10$; $T=1$ ч) озонатор производительностью от 6 до 12 г/ч.

При этом необходимо учитывать, что во время обработки помещений озонаторами указанным выше способом, ПДК озона превышает допустимые пределы, а это означает — недопустимость присутствия человека и животных на обрабатываемой территории. Даже после выключения озонатора, в обработанном помещении нежелательно находиться определенное время, необходимое для распада озона, и возвращения его в кислород. Динамика распада озона описывается формулой:

$$C(t) = C_p \exp(-\lambda t), \quad (2)$$

где C_p – теоретическое равновесное значение концентрации озона в закрытом помещении;

$\lambda = 0,693/T$, – константа распада озона в нормальных условиях, 1/с;

При дальнейших расчетах, параметр λ принимается равным $\lambda = 0,693/T$, где T – период полураспада озона [9]. Значение величины T несколько варьируется в различных источниках и, в действительности зависит от температуры, давления, состава газа (наличия в нем различных загрязнений, их концентрации и т.д.). Поэтому величину этого параметра, для точных вычислений, рекомендуется определять экспериментально. С помощью инструментального контроля концентрации озона в исследуемом объеме:

$$C = \frac{M(O_3)}{V}, \quad (3)$$

где C – концентрация озона, г/м³;

V – объем, м³;

$M(O_3)$ – массовое содержание озона в данном объеме воздуха, г.

Например, период полураспада озона в воздухе, заполняющем обрабатываемое помещение при нормальных условиях (температура 18...30 °С, нормальное давление) и при относительно невысокой степени его загрязненности, составляет, согласно произведенным замерам изменения концентрации озона в течение 10 минут, при начальной концентрации озона в воздухе 0,5 г/м³, 5 минут. В среднем каждую минуту она уменьшалась на 0,04 г/м³, и по прошествии 10 минут составляла 0,1 г/м³.

Теоретическое равновесное значение концентрации озона в закрытом помещении при работе в нем озонатора C_p можно получить по выражению:

$$C_p = \frac{\beta Q M_0(O_2)}{[(1 + \beta - \alpha)Q + \lambda M]V}, \quad (4)$$

где β – коэффициент преобразования кислорода в озон под действием электрического разряда;

Q – массовый поток газа через озонатор, кг/с;

$M_0(O_2)$ – массовое содержание кислорода в исходном объеме воздуха, кг;

α – коэффициент, характеризующий величину нераспавшегося озона поступающего на выход озонатора;

M – общая масса газа в помещении, кг.

Если рассматривать условия, при которых прошедшая через озонатор кислородосодержащая смесь не будет снова попадать на вход генератора озона, то для них массовый поток озона на выходе озонатора обозначим как $m(O_3)$, а массовый поток кислорода $m(O_2)$. В озонаторе часть кислорода под воздействием электрического разряда превращается в озон, коэффициент преобразования:

$$\beta = \frac{m(O_3)}{m(O_2)}. \quad (5)$$

В действительности же, в реактор озонатора попадает не только воздух, но и уже насыщенная озонном ОВС. Причем озон, вторично попавший в разрядный промежуток реактора озонатора (в зону с повышенной температурой) распадается. При этих условиях общий массовый поток озона на выходе из генератора равен сумме $m(O_3)$ и $\alpha m'(O_3)$, где коэффициент α характеризует величину не распавшегося озона, поступающего на выход озонатора ($\alpha < 1$), а $m'(O_3)$ – массовый поток озона на входе в озонатор.

К этому необходимо добавить, что газ с концентрацией озона превышающей ПДК, при длительном контакте с поверхностями оборудования и материалов, находящихся в обрабатываемом помещении, спо-

собен усиливать процессы коррозии и деструкции объектов, с которыми он соприкасается. Тем более, это необходимо учитывать, если в помещении останутся продукты, не подлежащие хранению в холодильнике, они подвергнутся длительному действию озона и, скорее всего, станут непригодны к употреблению. Эффективность дезинфицирующих свойств ОВС на микроорганизмы напрямую связана с концентрацией озона в смеси и длительностью ее воздействия.

Второй способ обработки производственного помещения ОВС заключается в том, что для этих целей используется оборудование, пропускающее через свой реактор малый объем кислородосодержащей смеси (например, от 0,12 до 1,2 м³/ч) выдавая на выходе поток с высоко концентрацией озона (например, от 10,0 до 25,0 г/м³) и общей производительностью (от 1,2 до 30,0 г/ч). Дезинфекционная обработка проводится в течение времени, необходимого, для того чтобы “обдуть” все участки помещения или “продуть” все части оборудования и трудно доступных мест, расположенных на обрабатываемой площади. После чего нужно выдержать обработанное помещение в закрытом состоянии определенное время, необходимое для распада озона, и превращения его в кислород, а также достижения дезинфекционного эффекта. По прошествии которого, можно дополнительно проветрить обработанное помещение естественным путем, без применения или с применением вентиляционного оборудования.

Проведенный эксперимент на базе кухонного подсобного помещения ресторана ОК «Русь», г. Белгород-Днестровский, на территории которого проводилась производственная апробация, а также испытания разработанного в ОНАХТ экспериментального озонатора, показал высокую эффективность данного способа, по сравнению с традиционными способами “орошения” и “протиранья” дезинфицирующими средствами. Необходимо отметить, что важной отличительной чертой используемого при исследовании экспериментального озонатора является возможность регулирования концентрации озона выходящей ОВС, регулирования интенсивности входного (перед синтезом) и выходного потоков (после озонирования) кислородосодержащей смеси, а также возможность воздействия на температуру и влажность входного и выходного потоков.

Перед началом обработки, в кухонном подсобном помещении, общим объемом 40 м³ (которое является аналогом таких же подсобных кухонных помещений столовых, кафе), провели влажную уборку согласно СанПин 42-123-5777-91 [1]. После чего помещение покинул весь персонал, кроме человека, проводящего дезинфекционную обработку, предварительно закрыв двери и окна в нем. Проводящий дезинфекционную обработку человек был оснащен соответствующей специальной одеждой, респиратором и очками. Дезинфекционная обработка состояла из “обдувания” всех участков помещения, пола, стен на уровне до 2-х м от пола, столов и поверхностей оборудования расположенного в нем, потоком ОВС, с концентрацией озона в смеси 5...10, 10...15 и 15...20 г/м³, а также “продувания” этой же смесью труднодоступных частей оборудования и помещения. Время, ушедшее на тщательную обработку данного помещения, по вышеописанному принципу составило 30 минут. После окончания обработки, озонатор выключался, и помещение покидал проводивший обработку человек, предварительно закрыв его снаружи. Далее закрытое помещение оставляли на 10, 30 или 60 минут для завершения процесса санитарной обработки, и выдержки времени, необходимого для распада озона. По окончании указанного времени помещение дополнительно проветривали атмосферным воздухом, без использования вентиляционного оборудования, путем открытия окон и дверей на протяжении 10...15 минут. Общее время, затраченное на обработку, варьировалось, в зависимости от времени выдержки закрытого помещения и времени дополнительного проветривания, и соответственно составляло 50...105 минут. Обработка проводилась в помещении с температурой воздуха 19...26 °С, относительной влажностью 68...77 %, при нормальном атмосферном давлении, и при относительно невысокой степени загрязненности воздуха. Необходимо отметить, что после окончания обработки, в разных частях помещения была отмечена разная концентрация озона в воздухе. Самая высокая концентрация озона в воздухе участка дезинфицируемого помещения, при использовании режима обработки ОВС с самой большой концентрацией озона 15...20 г/м³, составляла 0,075 г/м³, что не превышает ПДК. Средняя концентрация озона в воздухе закрытого обрабатываемого помещения составляла 0,057 г/м³, что тоже не превышает ПДК. Выше приведенные концентрации были получены инструментально, однако при необходимости возможно выполнить расчет динамической характеристики концентрации озона в закрытых помещениях различных объемов, по уравнению баланса для общей массы озона в помещении $M(O_3)$, которое можно представить в виде:

$$\frac{dM(O_3)}{dt} = m(O_3) + \alpha m'(O_3) - m'(O_3) - \lambda M(O_3), \quad (6)$$

где M – общая масса газа в помещении, кг;

$M_0(O_2)$ – массовое содержание кислорода в исходном воздухе, кг;

Q – массовый поток газа через озонатор, кг/с;

T – период полураспада озона в помещении, с;

$\lambda = 0,693/T$ – константа распада озона в нормальных условиях, 1/с;

β – коефіцієнт преобразования кислорода в озон под действием электрического разряда;
 α – коэффициент, характеризующий величину нераспавшегося озона поступающего на выход озонатора.

Для упрощения дальнейших выкладок предположим, что в объеме помещения V происходит идеальное перемешивание газа. В этих условиях можно записать соотношения:

$$\frac{m'(O_3)}{Q} = \frac{M(O_3)}{M}; \quad \frac{m(O_2)}{Q} = \frac{M(O_2)}{M}. \quad (7)$$

Используя соотношения (7), уравнение (6) можно привести к виду:

$$\frac{dM(O_3)}{dt} = \beta \frac{M_0(O_2) - M(O_3)}{M} Q + \alpha \frac{M(O_3)}{M} - \frac{M(O_3)}{M} Q - \lambda M(O_3). \quad (8)$$

Выполнив несложные преобразования, уравнение (8) можно упростить:

$$\frac{dM(O_3)}{dt} = \beta Q \frac{M_0(O_2)}{M} - \left(\frac{1 + \beta - \alpha}{M} Q + \lambda \right) M(O_3). \quad (9)$$

В конечном итоге уравнение (9) имеет решение:

$$M(O_3) = \frac{\beta Q M_0(O_2)}{(1 + \beta - \alpha) Q + \lambda M} \left\{ 1 - \exp \left[- \left(\frac{1 + \beta - \alpha}{M} Q + \lambda \right) t \right] \right\} + M_0(O_2) \exp \left[- \left(\frac{1 + \beta - \alpha}{M} Q + \lambda \right) t \right]. \quad (10)$$

По формуле (10) был произведен расчет зависимости концентрации озона в помещении от времени работы (согласно вышеописанному примеру время работы озонатора в помещении составляло 30 минут), объем помещения $V = 40 \text{ м}^3$, период полураспада, установленный экспериментально, составлял $T = 4$ минуты, концентрация озона на выходе $15...20 \text{ г/м}^3$, при $Q = 0,0001 \text{ кг/с}$, и коэффициенте $\alpha = 0,6$ — расчетная концентрация озона в помещении составила $0,053 \text{ г/м}^3$, которая хоть и отличается, от полученной инструментально средней концентрации озона в помещении ($0,057 \text{ г/м}^3$), все-таки описывает общую тенденцию изменения.

До и после проведения санитарной обработки, согласно вышеописанной методики, а также до и после санитарной обработки методом “орошения” и “протиранія” с использованием современных жидких дезинфицирующих средств, согласно рекомендаций производителей: БИОХЛОР ООО “Альянс-груп” Украина; ЕкстраДез – ООО “Дезнаб-Трейд” Россия; ЧИСТО-ПРОМ® К1-06 ДЕЗ – “Украинские Химические Технологии ЛТД” Украина были взяты образцы, характеризующие микробиологическую обсемененность: воздуха в помещении, сделаны микробиологические смывы со столов, оборудования, стен, пола. Также, для чистоты эксперимента все исследования проводились в одном и том же помещении, где каждая последующая дезинфекционная обработка проводилась не ранее чем через трое суток после предыдущей, а в интервале между обработками, помещение использовалось по основному назначению.

Таблица 1 – Схема проведения исследования

№	Описание получения образца	Название образца
1	После обработки с помощью средства БИОХЛОР.	Аналог 1
2	После обработки с помощью средства ЕкстраДез.	Аналог 2
3	После обработки с помощью средства ЧИСТО-ПРОМ®К1-06 ДЕЗ	Аналог 3
4	После обработки ОВС с концентрацией озона $C = 5-10 \text{ г/м}^3$ и длительностью экспозиции обработанного помещения 10 мин.	ОВС 1
5	После обработки ОВС с концентрацией озона $C = 5-10 \text{ г/м}^3$ и длительностью экспозиции обработанного помещения 30 мин.	ОВС 2
6	После обработки ОВС с концентрацией озона $C = 5-10 \text{ г/м}^3$ и длительностью экспозиции обработанного помещения 60 мин.	ОВС 3
7	После обработки ОВС с концентрацией озона $C = 10-15 \text{ г/м}^3$ и длительностью экспозиции обработанного помещения 10 мин.	ОВС 4
8	После обработки ОВС с концентрацией озона $C = 10-15 \text{ г/м}^3$ и длительностью экспозиции обработанного помещения 30 мин.	ОВС 5
9	После обработки ОВС с концентрацией озона $C = 10-15 \text{ г/м}^3$ и длительностью экспозиции обработанного помещения 60 мин.	ОВС 6
10	После обработки ОВС с концентрацией озона $C = 15-20 \text{ г/м}^3$ и длительностью экспозиции обработанного помещения 10 мин.	ОВС 7
11	После обработки ОВС с концентрацией озона $C = 15-20 \text{ г/м}^3$ и длительностью экспозиции обработанного помещения 30 мин.	ОВС 8
12	После обработки ОВС с концентрацией озона $C = 15-20 \text{ г/м}^3$ и длительностью экспозиции обработанного помещения 60 мин.	ОВС 9

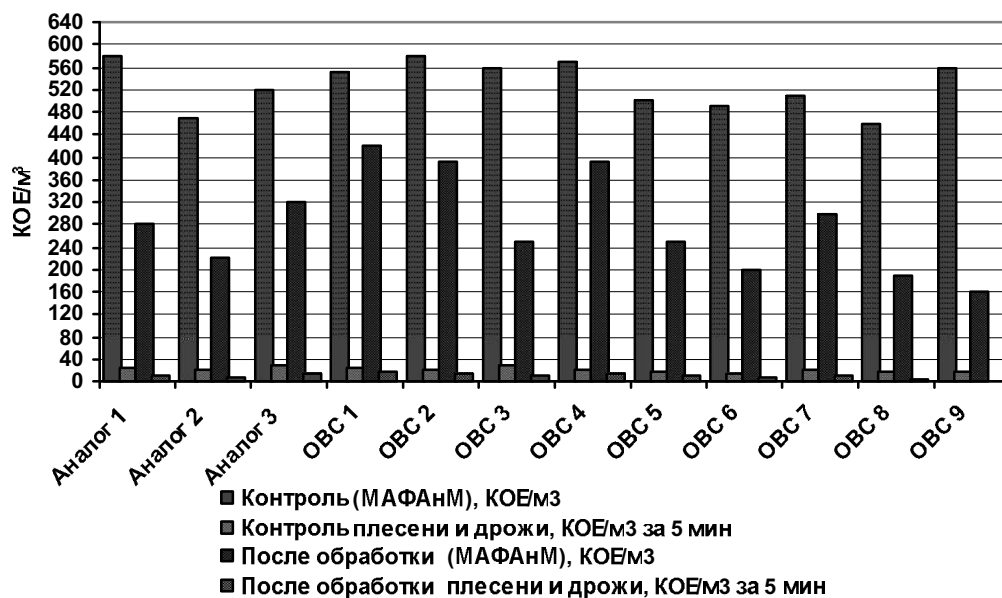


Рис. 1 – Результаты микробиологического исследования воздуха

Как видно из представленных графиков, уровень обсемененности микроорганизмами после обработки поверхностей оборудования и помещения ОВС значительно ниже по сравнению с контролем, а остаточная обсемененность в большей степени характеризуется некоторым количеством микроорганизмов занесенных с воздухом в процессе проветривания, и оставшихся на необработанных поверхностях помещения: потолка и участках стен, расположенных выше 2-х метров от уровня пола. Так же необходимо отметить, что после обработки ОВС на исследуемой площади, значительно улучшился микроклимат, что связано, в том числе, и с очисткой воздуха от свойственных кухонному помещению запахов.

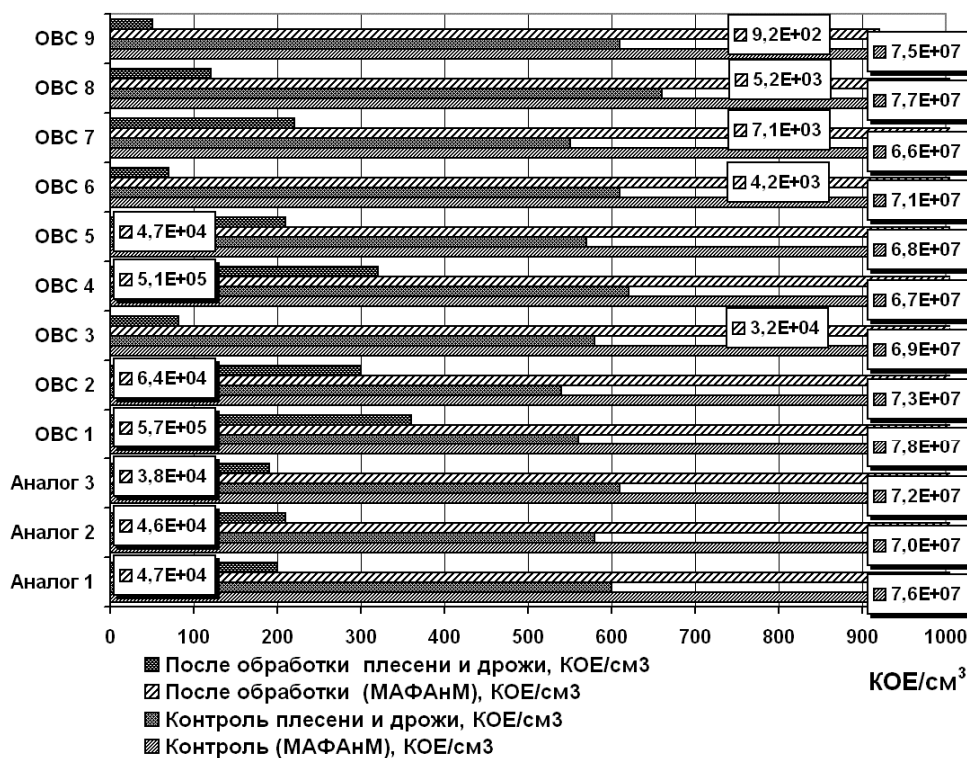


Рис. 2 – Результаты микробиологического исследования смывов со столов

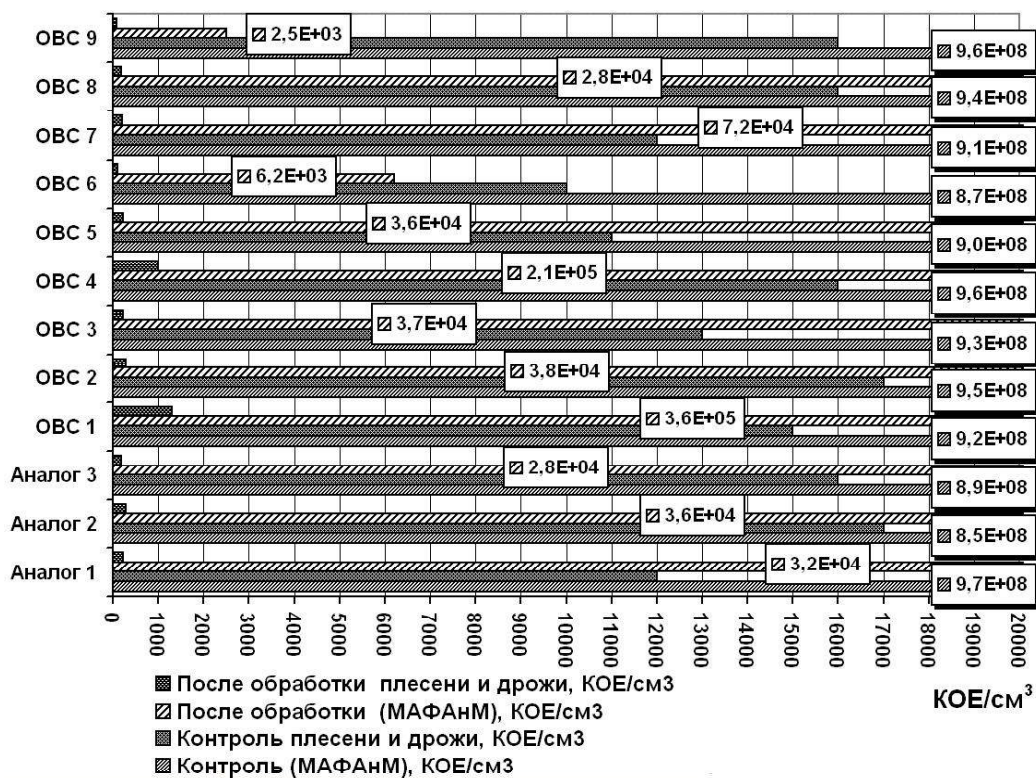


Рис. 3 – Результати мікробіологічного дослідження смывов с оборудования

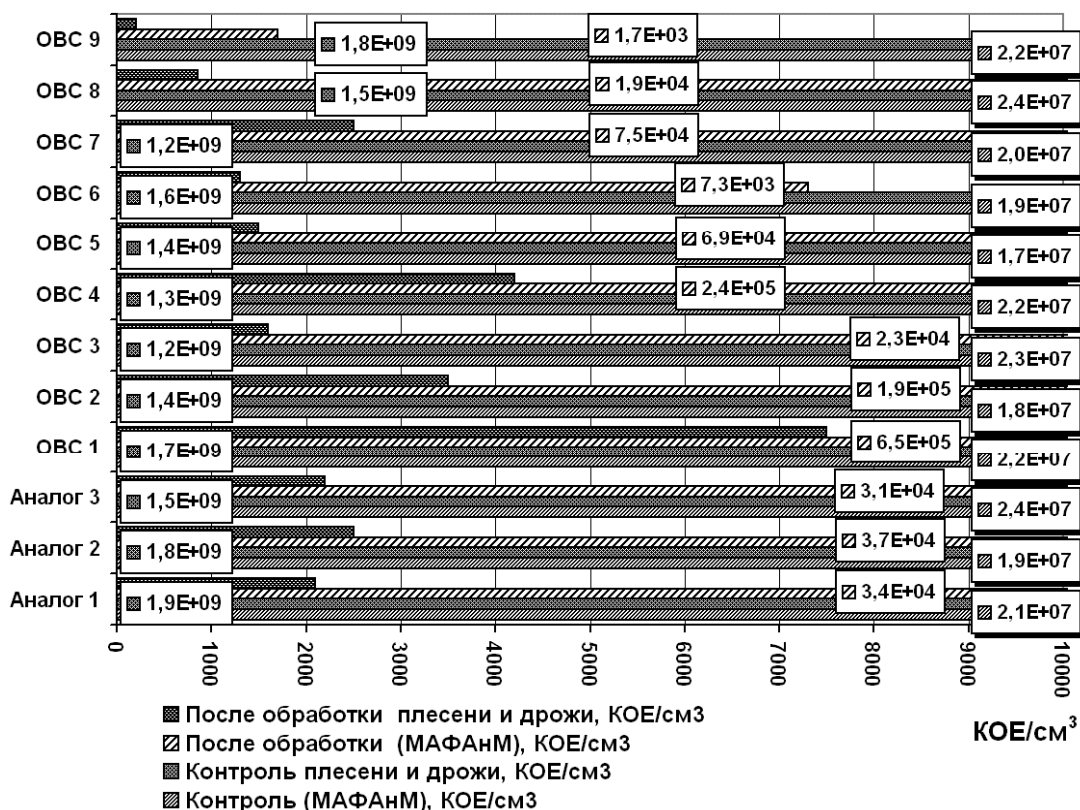


Рис. 4 – Результати мікробіологічного дослідження смывов со стен

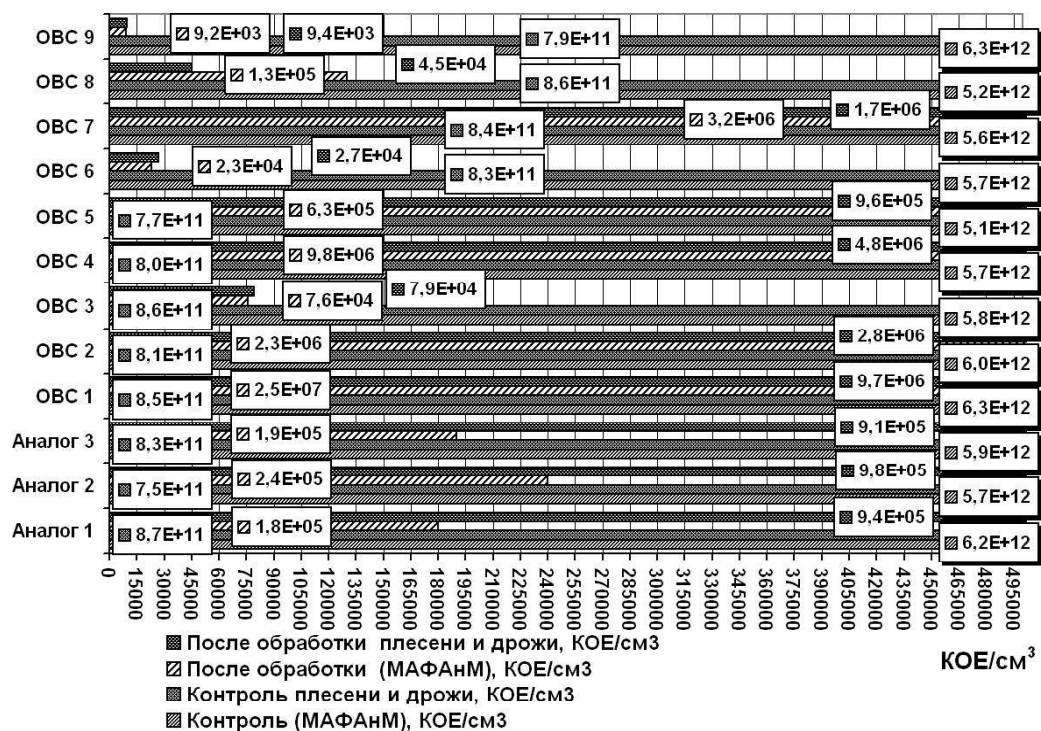


Рис. 5 – Результаты микробиологического исследования смывов с пола

Выводы. Результаты исследования режимов обработки ОВС производственного помещения, с применением смесей с разной концентрацией озона в ней показывают, что ОВС достаточно существенно влияет на показатели общего количества микроорганизмов, расположенных на поверхностях обработанных участков помещения и производственного оборудования, снижая их количество. Благодаря дезинфекционной обработке, согласно описанного выше второго способа с применением малого потока ОВС с высокой концентрацией озона в нем, можно улучшить санитарно-гигиеническое состояние воздуха, участков производственного помещения и оборудования расположенного в помещении. Кроме этого установлено, что данная технология позволяет использовать некоторые отработанные режимы обработки ОВС, на уровне с существующими и наиболее распространенными жидкими дезинфицирующими средствами, а так же при использовании более жестких режимов обработки ОВС с увеличением периода экспозиции и концентрации озона в рабочей ОВС, данная технология более эффективна, в сравнении с традиционными методиками “орошения” и “протирания”, при помощи жидких дезсредств.

Литература

1. СанПин 42-123-5777-91.
2. Разумовский С.Д., Зайков Г.Е. // Журн. Орган. химии, 1972, т. 8, с. 468.
3. Галстян Г.А., Тюпало Н.Ф., Разумовский С.Д. Озон и его реакции с ароматическими соединениями в жидкой фазе / – Луганск: СТИ, 2004. – 20 с.
4. Медведев Н.П. / Биологические и технологические основы экологически безопасной системы аэрозольной дезинфекции объектов ветеринарного надзора: дисс. д.б.н. [Текст] / Медведев Н.П. / Кировский научно-исследовательский институт микробиологии. – 2001. – 293 с.
5. Иванова А.С. / Разработка режимов применения препаратов на основе перекиси водорода на предприятиях птицеперерабатывающей промышленности: дисс. к.т.н. [Текст] / Иванова А.С. / Всероссийский научно-исследовательский институт птицеперерабатывающей промышленности (ВНИИПП). – М., 2011. – 184 с.
6. Лунин В.В. Физическая химия озона / В.В. Лунин, М.П. Попович, С.Н. Ткаченко. – М.: Изд-во МГУ, 1998 г. – 480 с.
7. Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий СН 245-71. М.: Изд-во литературы по строительству, 1972. – 96 с.
8. Малышева А.Г. Методические основы изучения гигиенической безопасности при эксплуатации бытовых озонаторов / А.Г. Малышева // Гигиена и санитария – 1994 г. - № 9. – С. 42-46.
9. Безруких Е.Г. Расчет концентрации озона, создаваемой озонатором в замкнутом объеме / Е.Г. Безруких, А.П. Гаврилук, Н.К. Зайцев и др. – Красноярск: ИФ СО РАН, 1996. – 25 с.