

## **ПЕРАПРАЦОЎКА І ЗАХАВАННЕ СЕЛЬСКАГАСПАДАРЧАЙ ВЫТВОРЧАСЦІ**

УДК 631.95+[574:664]

*С. Л. ШИМАНОВИЧ, О. В. ШИМАНОВИЧ, В. М. КРАСНИЦКИЙ, А. М. ЛЮДЧИК*

### **ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫЕ ОЗОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ И ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

*Международный государственный экологический университет им. А. Д. Сахарова*

*(Поступила в редакцию 15.03.2006)*

**Введение.** Основные свойства озона рассмотрены в предыдущей публикации, посвященной очистке воды [13]. Здесь следует отметить, что озон не является абсолютно безопасным веществом, считается ядовитым газом и относится к первому классу опасности отравляющих веществ. Предельно допустимая концентрация (ПДК) озона в воздухе принята равной 0,1 мг/м<sup>3</sup> (при температуре 273 К и давлении 1 атм) [5]. В связи с этим применение озонных технологий предполагает разработку и использование методик контроля концентрации озона в технологических процессах [13]. В то же время озон является весьма активным химическим веществом, эффективно взаимодействует со многими ядовитыми и неприятно пахнущими химическими соединениями, микробами, бактериями и т. п., а избыточные количества озона довольно быстро превращаются в результате реакций с молекулами окружающей среды в молекулярный кислород. В частности, озонная дезинфекция не требует последующей обработки – промывки или дегазации изделий. Именно эти особенности определяют перспективность использования озонных технологий.

Для генерации озона необходимы только воздух или кислород и электроэнергия. При применении озонных технологий нет необходимости транспортировать и хранить реагенты, соблюдая строгие меры безопасности.

### **СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА ОЗОНОМ**

Запахи являются причиной стресса, влияющего на нервную и иммунную системы организма, что не менее опасно, чем отравление химическими веществами. Однако в промышленных системах вентиляции и кондиционирования воздуха в большинстве случаев отсутствует специальное оборудование, обеспечивающее химическую и бактерицидную очистку подаваемого в помещения воздуха [7, 8].

**Очистка воздуха.** Озонирование с целью очистки воздуха от загрязнения можно проводить двумя способами: *сухим*, когда воздух обогащается озоном, получаемым с помощью встроенных в систему приточной вентиляции генераторов озона, и *влажным*, когда воздух обрабатывается озонированной водой в камере орошения кондиционера или скруббера [1].

При сухой очистке концентрация озона ограничивается значением ПДК, поскольку очистка происходит в присутствии людей. Этот метод применяют в основном для очистки несильно загрязненного воздуха (концентрация загрязняющих веществ 1–10 ПДК). Наиболее эффективно происходит очистка от легко трансформирующихся веществ, относящихся к непредельным соединениям (олефины и циклоолефины, диены), а также от терпенов, фенолов, стирола, сернистых соединений, аминов, нафталина, формальдегида, ацетона, толуола, бенз(а)пирена, бензола, мета-

на и др.). Озонирование подавляет также и неприятные запахи (сероводород, аммиак, меркаптаны, сульфаты, крезол, амины и др.). Процесс идет в присутствии малых доз озона и быстро. Эффективность очистки от загрязняющих веществ и неприятных запахов достигает 90% [9].

**Очистка воздуха с бактериальными загрязнениями.** Традиционно на предприятиях существует проблема повышенной заболеваемости рабочих, причем острые респираторные заболевания, грипп, ангина, достигают в структуре общей заболеваемости 60%. Причиной является высокая микробиологическая загрязненность воздуха в основных цехах предприятий. Инфицированию воздуха способствует бактериальная загрязненность перерабатываемого сырья, эксплуатация систем вентиляции и кондиционирования воздуха в режимах с замкнутым циклом (рециркуляцией воздуха), большое скопление людей. Сами кондиционеры также являются источником заражения людей скоротечной формой пневмонии, поскольку в кондиционере создаются благоприятные условия для размножения микробов [1, 8].

Озонирование осуществляет бактерицидную очистку воздуха от вирусов и бактерий (легионеллы, кишечной палочки, палочки мышинного тифа, микобактерий проказы, золотистого стафилококка, синегнойной палочки, тифозной палочки, туберкулезной палочки, стрептококков группы Б, гонококков, аденовирусов, ириновирусов, вирусов гриппа), спор грибов и плесени с эффективностью 90–100%. Озонированный воздух способствует иммуностимуляции организма, активность лизоцима возрастает на 30–40%, бактерицидная способность кожи увеличивается на 30%, на 20–30% уменьшается заболеваемость острыми респираторными заболеваниями, гриппом, ангиной, пневмонией, туберкулезом и др. В 3–5 раз снижается заболеваемость, связанная с гипертонической болезнью, на 10–20% уменьшается заболеваемость ишемической болезнью сердца.

**Очистка отходящих газов.** Воздушные выбросы не столь разнообразны по составу, как сточные воды. Они содержат почти всегда окись азота и серы, сероводород, летучую органику. В ряде случаев наблюдаются выбросы фтора, окиси ванадия и синильной кислоты. Пропускание отходящих газов через специальные растворы, насыщенные озоном, значительно повышает эффективность очистки [7].

**Дезодорация воздуха.** Озон имеет характерный специфический запах при достаточно высоких концентрациях, намного превышающих ПДК, однако при этом он не заглушает другие запахи, а устраняет их источники. Атомарный кислород, образующийся при распаде озона, моментально окисляет различные пахнущие материалы. Характерный гнилостный запах, однако, остается, и устранить его трудно даже с использованием озона. Тем не менее уже при очень незначительной концентрации озона (примерно 0,005–0,01 мг/м<sup>3</sup>) воздух в хранилище ощущается приятным и свежим, а неприятные запахи ослабевают [10]. Озонирование обеспечивает общую дезинфекцию и позволяет устранить (или, по крайней мере, частично скрыть) неприятные запахи, исходящие от упаковочного материала; в результате продуктам возвращается их естественный привычный аромат [2].

#### ОЗОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Озонные технологии находят применение в растениеводстве, животноводстве, кормопроизводстве, ветеринарии и при хранении продуктов. Здесь следует выделить два направления. Первое имеет целью стимулировать жизнедеятельность живых организмов. Для этого применяются концентрации озона на уровне ПДК, например, при санации помещений с животными и растениями для улучшения комфортности их пребывания. Второе – связано с подавлением жизнедеятельности вредных организмов или с устранением вредных загрязнений. Концентрации озона в этом случае намного превышают значения ПДК.

**Почва.** Галловая нематода – один из опасных вредителей растений защищенного грунта (теплицы). Это паразиты, питающиеся корнями, клубнями и подземной частью стебля растений. Под воздействием секретов пищевых желез нематоды, ткани корней разрастаются и образуют наросты размером 3–5 мм (галлы), затрудняющие питание растений. В течение вегетационного периода может развиваться 3–5 поколений паразитов. Поражение корней растений в теплицах приводит к потере до 25–50% урожая. Для борьбы с нематодой применяются физико-химические и агротехнические методы. Все химикаты, используемые для подавления нематоды, являются токсич-

ными в той или иной степени для растений и человека. Биологические способы борьбы с помощью хищных грибов-гельминтофагов эффективны на 45–80%.

Обеззараживание грунта концентрированным раствором озона в воде приводит не только к эффективному подавлению галловой нематоды, но оказывает стимулирующее воздействие на развитие растений (разработка УП «Экология-М», г. Минск). Обработка почв проводилась в Институте защиты растений НАН Беларуси, Минском тепличном комбинате, Брестском тепличном комбинате и в гидропонных теплицах Одесского тепличного комбината. Степень обеззараживания тепличных грунтов от галловой нематоды составляет 90–98%. По заключению Института биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси, обеззараживание озонотепличных грунтов приводит к увеличению скорости роста и объема корневой системы растений и увеличению биомассы до 30%. Несомненным преимуществом является полная экологическая чистота технологии, а также возможность обработки в течение всего вегетационного периода. По заключению СЭС г. Минска, в процессе обработки не требуются специальные меры защиты обслуживающего персонала.

**Растениеводство.** В растениеводстве озонные технологии применяются для стимуляции роста растений в условиях парникового выращивания, за счет снижения микробальной обсемененности самих растений, почвы и воздуха, а также усиления синтеза и накопления питательных веществ; предпосевной обработки семян растений для повышения всхожести и устойчивости к неблагоприятным воздействиям; борьбы с вредителями и болезнями растений; обеззараживания жидких субстратов при гидропонном выращивании растений.

Озон интенсифицирует скорость сушки зерновых путем непосредственного химического и биохимического воздействия, ускоряет транспортировку влаги из внутренних слоев и теплообмен в процессе сушки в целом. Сушка в озонвоздушной среде оказывает обеззараживающее действие и улучшает качественные показатели материала, предотвращает процессы самоогревания, обеспечивает глубокое состояние покоя в период хранения, обеспечивает сохранность массы сухого вещества и улучшает показатели всхожести. В совокупности это дает прибавку до 10–15% урожая, отпадает необходимость в протравке зерна и снижаются затраты на процесс сушки [10].

Например, при хранении луковиц тюльпана и гладиолуса в условиях низких температур (4–5 °С) обработка озонвоздушной смесью с концентрацией озона от 30 до 40 мг/м<sup>3</sup> два раза в неделю сокращает заболеваемость посадочного материала на 70–80% [10].

**Зерновые культуры.** Повышению урожайности сельскохозяйственных культур способствует защита растений от болезней, в частности, от тех фитопатогенов, споры которых локализуются на поверхности семян. К наиболее вредоносным из них относятся возбудители твердой головни и корневых гнилей. Потери урожая зерновых культур от этих заболеваний могут достигать 20–35%. При обработке семян озонотем достигается существенное снижение поверхностно-семенной инфекции, а в случае твердой головни – полное элиминирование возбудителя. Кроме того, наблюдается повышение всхожести, увеличение длины и сырого веса проростков. По данным полевых испытаний, зарегистрированное увеличение урожайности составило: для пшеницы – 22%, ячменя – 14, гороха – 11, гречихи – 31% [10, 12].

**Животноводство.** В животноводстве и птицеводстве озонные технологии применяются для стимуляции эмбрионального развития птицы; дезинфекции инкубационных яиц с целью профилактики заболеваний птицы; санации воздуха производственных помещений в условиях интенсивного содержания сельскохозяйственных животных и птицы; обезвреживания и обеззараживания сточных вод сельскохозяйственных предприятий; подготовки питьевой воды, используемой в системах поения сельскохозяйственных животных и птицы; дезинфекции помещений, оборудования, инвентаря на сельхозпредприятиях.

Так, озонирование воздуха на птицефабриках является дешевым и эффективным способом борьбы с распространением птичьего гриппа – заболеванием, представляющим в настоящее время серьезную угрозу, которая приобретает глобальный характер.

При двухчасовой ежедневной обработке свинарника-маточника с концентрацией озона 0,8 мг/м<sup>3</sup> микробная обсемененность снизилась в 5 раз, а концентрация аммиака снизилась с 12,0 до 4,0 мг/м<sup>3</sup>. В случае озонирования с концентрацией озона 0,06–0,08 мг/м<sup>3</sup> в период с 8-00 до

19-00 (озонатор работает непрерывно 2 ч, затем 1 ч перерыв) в течение двух месяцев поросята в возрасте 4,5 месяца в опытной партии имели на 24% больший вес, чем в контрольной группе [4, 6].

**Кормопроизводство.** В кормопроизводстве озонные технологии применяются для обезвреживания и обеззараживания протравленного и дефектного зерна и других ингредиентов кормов; при получении и стабилизации различных добавок для кормления сельскохозяйственных животных и птицы; при консервации и хранении кормов [4].

**Ветеринария.** У животных и птиц в условиях промышленного производства часто развиваются заболевания, вызванные сапронозными микроорганизмами. К таким заболеваниям относятся: сальмонеллез, бронхиты, пневмонии и др. [4]. Профилактическое искусственное озонирование воздуха практически полностью устраняет бронхо-легочные заболевания, в то время как в условиях обычной воздушной среды в 40% случаев у животных регистрируются спонтанные пневмонии, ведущие к гибели до 20% особей. В экспериментах по внутрилегочному введению сублетальной дозы золотистого стафилококка гибель животных не наблюдалась, причем в 50% случаев даже не развивалась пневмония. В контрольной группе у 50% особей (без озонирования воздуха) регистрировалась тяжелая форма пневмонии [4]. Исследования показывают, что озонирование воздуха в импульсном режиме работы озонатора повышает сопротивляемость животных к действию сапронозной микрофлоры. Одновременно установлено снижение заболеваемости, вызываемой действием находящихся в кормах микотоксинов, что способствует увеличению суточных привесов до 5–10%.

## ОЗОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Микробная контаминация пищевых продуктов опасна для здоровья потребителей и сокращает сроки реализации продукции. Озон имеет ряд бесспорных преимуществ по сравнению с другими обеззараживающими средствами. В частности, озон гораздо более эффективен, чем традиционно используемые для инактивации бактерий, спор бактерий, грибов, вирусов такие реагенты, как формальдегид, хлор, окись этилена и др. [11].

При использовании озона в пищевой промышленности необходимо учитывать в первую очередь особенности действия озона на сам продукт, видовой состав подавляемой микрофлоры, температуру, влажность и другие параметры, которые могут оказать влияние на эффективность применения озона. В частности, при обработке низкими концентрациями озона может наступить эффект стимуляции микробной контаминации. Подобное явление при малых концентрациях озона характерно и для некоторых видов плесеней, образующихся на фруктах. Первичное действие оптимальной концентрации озона на плесень – это подавление ее роста, причем эффект наступает очень скоро, в частности, в начальной стадии на поверхности плесени. Впоследствии процессы взаимодействия с озоном ведут к разрушению уже сформировавшихся культур. Озон в первую очередь атакует легкодоступные поверхностные клетки и незначительно проникает вглубь.

Повышенная влажность среды благоприятно влияет на бактерицидный эффект. Увеличение влажности вокруг скопления микробов делает их более чувствительными к разрушающему действию озона. Эксперименты, проведенные с говядиной, показали, что озон действует наиболее эффективно, если поверхность имеет влажность около 60% [10].

В пищевой промышленности озон используется для дезинфекции помещений, оборудования, транспортных средств, тары и упаковки с целью улучшения санитарно-гигиенических условий производства. Обработка озоном применяется для увеличения сроков хранения свежих скоропортящихся овощей и фруктов, зерна, молочных продуктов, мяса, яиц. В пивоваренной и хлебопекарной промышленности низкие концентрации озона используют для обогащения питательных сред и стимуляции роста дрожжевых грибов, для интенсификации процессов приготовления солода и дрожжевого теста. В виноделии озонирование предотвращает старение вина: помогает избежать его помутнения и очищает букет, который сохраняется в течение длительного времени. Озон также применяют для искусственного старения коньяков, рафинирования масел и жиров, производства ванилина.

Озон с успехом используется для обработки технологической воды в консервной промышленности. Загрязнение спорами грибов и плесеней технологической воды способствует загрязнению фруктов и попаданию грибов и плесеней в готовую продукцию. Для предотвращения этого на предприятиях традиционно используют хлор и ортофенилфенат. Эти вещества остаются на поверхности фруктов и в конечном итоге попадают в организм человека, не будучи безвредными. Применение озонированной воды позволяет создать эффективную экологически чистую технологию мытья пищевой продукции перед консервированием [12].

**Мясо, рыба, молочные продукты.** Положительный эффект при хранении мяса достигается при ежедневном одно- или двухразовом озонировании в течение 2 ч (концентрация озона ~6 мг/м<sup>3</sup>). Наилучшим образом сохраняется свежее мясо. Так, например, после обработки озоном свежая говядина может храниться в закрытом месте в течение 40–45 дней при температуре 20 °С и относительной влажности 85%.

Гербицидное действие озона сказывается только на поверхности мяса, поскольку озон не проникает на большую глубину. Плесени в виде спор могут быть уничтожены только с помощью высокой концентрации озона. Срок хранения говядины в замороженном состоянии увеличивается на 30–40% при хранении в озоновой атмосфере с концентрацией озона 10–20 мг/м<sup>3</sup>. При хранении мяса в нормальной атмосфере основные микробные загрязнения образуются уже после 7 дней хранения. Такие же загрязнения при идентичных условиях хранения, но в озоновой атмосфере были обнаружены только спустя 14 дней.

Свежепойманная рыба может храниться длительное время, если омыть ее водой, содержащей озон. Увеличение времени хранения рыбы достигается при использовании для консервации льда, полученного из озоносодержащей воды. Рыбные полуфабрикаты (тушки, филе, рубленые изделия), приготовленные из мороженой рыбы после 3–4 месяцев ее хранения при –18 °С, лучше сохраняются, если их однократно обработать озоном в дозе 4,5–5 мг/м<sup>3</sup>.

Были проведены эксперименты по использованию озона во время процесса изготовления и хранения сыра [10]. Споры, появляющиеся на поверхности сыра в период созревания, уничтожались, а срок хранения увеличивался до 11 недель. Концентрация озона при этом составляла 0,016 мг/м<sup>3</sup> при температуре 15 °С и относительной влажности 80–85%. Эксперименты, проводившиеся на сырах сортов «Чеддер», показали, что неприятные запахи в сырохранилищах под воздействием озона быстро устраняются.

Озон очень эффективен при хранении яиц [10]. Уже в конце 30-х годов XX века более 80% хранилищ яиц в США были оборудованы озоногенераторами, что позволяло значительно увеличить сроки хранения. При 60-минутной экспозиции в воздухе с концентрацией озона 0,8 мг/м<sup>3</sup> даже в условиях повышенной влажности достигается высокая степень дезинфекции скорлупы яиц, а при увеличении концентрации озона до 18–40 мг/м<sup>3</sup> достаточна обработка в течение 2–5 минут.

**Овощи и фрукты.** В мире накоплен значительный опыт применения озона для обработки фруктов и овощей. Озонирование резко снижает обсемененность плодоовощной продукции гнилостной микрофлорой, уровень метаболических процессов и препятствует прорастанию, т. е. устраняет основные причины порчи сельскохозяйственной продукции, давая значительный экономический эффект.

Хранению фруктов уделяется особое внимание: каждый плод должен лежать отдельно, не соприкасаясь с другими, кроме того, не рекомендуется упаковка фруктов в закрытые контейнеры. Такой способ хранения обеспечивает наименьшее сопротивление нагнетаемому озоновоздушному потоку.

Озон предотвращает формирование различных плесневых колоний на стенах хранилища, деревянных ящиках и другом упаковочном материале. Эти плесени, даже если и не наносят вреда продукции, все равно придают фруктам неприятный специфический запах. Ниже кратко рассмотрены особенности применения озона применительно к некоторым видам овощей и фруктов [10, 12].

**Бананы.** Хранение бананов в озоновоздушной среде предотвращает их порчу, устраняет появление пятен, улучшает пищевую ценность и увеличивает их срок хранения более чем в 2 раза.

*Ягоды.* Клубника, малина и виноград склонны создавать плесневые колонии в период хранения. Эта тенденция легко подавляется введением озона (концентрация 1,6–2,4 мг/м<sup>3</sup>) без ущерба для качества и вкуса. В результате срок хранения увеличивается вдвое.

*Яблоки.* Эффект озонирования при хранении яблок может быть обнаружен при концентрации озона от 1,6 до 8 мг/м<sup>3</sup> в зависимости от сорта. Эксперименты, проведенные в США, показали, что качество большинства видов яблок не ухудшается даже после холодного хранения в течение пяти месяцев при концентрации озона 1,6 мг/м<sup>3</sup>. При повышении концентрации озона наблюдается ухудшение вкуса некоторых сортов. Опыты подтвердили, что яблоки не портятся в течение длительного времени при хранении в озоновой среде с концентрацией озона 2,4 мг/м<sup>3</sup> при температуре 5 °С.

*Овощи.* Влияние озона на овощи сходно с влиянием на фрукты. Применение озонирования значительно ингибирует развитие фитопатогенной микрофлоры. Так, при действии озона обсемененность на поверхности картофеля снижается в 1,5–2 раза, в воздушной среде – в 10–12 раз. Выход стандартной продукции повышается на 5–7% без ухудшения биохимических и дегустационных показателей.

*Картофель.* В период хранения в клубнях картофеля происходят процессы, влияющие на его питательную ценность. Важнейшими из них являются: изменение содержания крахмала, витаминов, а также дыхание клубней. В озонируемых картофельных клубнях содержание крахмала и витамина С увеличивается, тогда как содержание сахара уменьшается. При этом интенсивность дыхания остается практически неизменной. При озонировании цвет, вкус и консистенция клубней не меняются. Озонирование задерживает прорастание картофеля и удлиняет срок хранения, не снижая посевных качеств.

#### ДРУГИЕ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ОЗОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

В последние годы появились новые методики использования озона:

- в химической промышленности (сернокислое производство, производство органических полупродуктов, производство диореновой кислоты, активация марганцевого катализатора, очистка нафталиевой фракции, очистка отходящих газов);
- в нефтехимической промышленности (производство азелиновой и лауриновой кислот, производство высших жирных спиртов и жирных кислот, производство пластмасс);
- в микробиологической промышленности (стерилизация культурных жидкостей и аппаратуры, производство белково-витаминных концентратов, производство никотиновой кислоты – витамина РР);
- в целлюлозно-бумажной промышленности (отбелка бумаги и целлюлозы);
- в цветной металлургии (гидрометаллургия никеля и кобальта, рекуперация ванадия, галлия);
- в лакокрасочной промышленности (производство кубовых красителей, белил; получение стабильных цветных красок, обесцвечивание лаков);
- в легкой промышленности (производство духов и камфоры, масел, табака);
- в машиностроении (озонирование охлаждающих эмульсий для повышения стойкости режущего инструмента, при термообработке сталей, обработка цианистых стоков, переработка резины с помощью уникальной ОК-технологии);
- в коксохимии (окисление окиси углерода в коксовых газах);
- в быту (для санации жилых помещений; для озонирования ванн, бассейнов и аквариумов, санации стоков; для уничтожения и предохранения от гниения, плесени, грибка в подвалах, погребах, овощехранилищах, банях; для уничтожения паразитов, выведения мышей и крыс, уничтожения летающих насекомых; для обработки пчел и ульев (уникальная методика очищения от паразитов));
- в банках, архивах, библиотеках (освежение, стерилизация и дезодорация воздуха в рабочих помещениях и хранилищах, уничтожение микроорганизмов, средой обитания которых являются поверхности денежных знаков, книги и журналы, бумажные документы и бумажная пыль).

**Заключение.** Разработка и внедрение озонных технологий в сельское хозяйство, растениеводства, животноводства, в отрасли хранения, очистки и обработки пищевых продуктов и дру-

гие области человеческой деятельности символизируют новый этап технологической революции. В первую очередь это объясняется экологической безопасностью используемых методов. Озон, возможно, является единственным очищающим, дезинфицирующим и сохраняющим агентом, конечные продукты применения которого безопасны для живых организмов, а неиспользованное активное вещество в естественных условиях быстро разлагается, превращаясь в безобидный молекулярный кислород. Важным обстоятельством является также то, что внедрение озонных технологий не требует существенных капитальных затрат, расходы на эксплуатацию незначительны, а расходы на транспортировку, хранение и утилизацию активного вещества вообще отсутствуют.

Озонные технологии пока еще не получили широкого применения в республике, несмотря на свою очевидную перспективность. Возможно, сама жизнь послужит стимулом для их внедрения в сельское хозяйство и пищевую промышленность. Научный и производственный потенциал Республики Беларусь позволяют в короткое время разработать и освоить производство озонаторного оборудования и необходимых средств обеспечения безопасности его применения.

### Литература

1. Г а р а с ь к о Е. В. и др. // Гигиена труда и профессиональные заболевания. 1988. № 6. С. 24–26.
2. Дезинфекция и дезодорация на холодильниках способом озонирования. Передовой опыт предприятий Росмясорыбторга. М., 1973.
3. Д е п у т а т о в В. П. Применение озона в медицине (науч.-информ. обзор). Иваново, 1992.
4. К р и в о п и ш и н И. П. Озон в промышленном птицеводстве. М., 1988.
5. Л у н и н В. В., П о п о в и ч М. П., Т к а ч е н к о С. Н. Физическая химия озона. М., 1998.
6. М у р а к о в А. П., Г р е б е н ч и к о в Е. Н. Новая экологическая техника. Иваново, 1992.
7. М у р а к о в А. П., Г р е б е н ч и к о в Е. Н. // Экология и промышленность России. 2003. № 6. С. 13–16.
8. Применение озона для интенсификации технологических процессов и охраны окружающей среды в химической и смежных отраслях промышленности // Тез. докл. науч.-техн. семинара. Дзержинск, 1982.
9. Р а з у м о в с к и й С. Д., З а и к о в Г. Е. Озон и его реакции с органическими соединениями. М., 1974.
10. С а м о й л о в и ч В. Г. Обзор первого тома докладов XV Международного конгресса по озону. М., 2001.
11. С и л а н т ь е в В. В. Применение озона в гигиенических и экологических целях. М., 1992.
12. Синтез озона и современные озонные технологии // Материалы 22-го Всероссийского семинара. М., 2001.
13. Ш и м а н о в и ч С. Л., Ш и м а н о в и ч О. В., К р а с н и ц к и й В. М., Л ю д ч и к А. М. // Природные ресурсы. 2005. № 4. С. 52–56.
14. Ш и м а н о в и ч О. В. // Материалы V Междунар. науч. конф. «Сахаровские чтения 2005 года: экологические проблемы XXI века». Ч. II. Гомель, 2005. С. 155–157.

*S. L. SHIMANOVITCH, O. V. SHIMANOVITCH, V. M. KRASNITSKY, L. M. LIUDCHIK*

### **ECOLOGICALLY SAFE OZONE TECHNOLOGIES IN AGRICULTURE AND FOOD INDUSTRY**

#### **Summary**

In the review, the modern techniques of application of ozone for clearing and disinfection of air from polluting substances, dangerous viruses and bacteria, as well as for creation of favorable conditions for storage of foodstuffs, for disinfection and sterilization, for increase of the production efficiency in various branches of agriculture and industry are described.