

Использование озона в качестве альтернативы традиционным дезинфицирующим средствам

Сиркин В.П., Фролов Д.И.

Аннотация. В статье рассматривается роль озона как альтернативного дезинфицирующего средства в пищевой промышленности. Для потребителей важно, чтобы дезинфицирующие средства, используемые в пищевой промышленности, обеспечивали качество и микробиологическую безопасность продуктов питания. Также важно, чтобы они не подвергали опасности их здоровье через токсичные промежуточные продукты. В связи с этим наблюдается рост интереса к альтернативным дезинфицирующим средствам, в том числе к озону. Молекула озона, благодаря расщеплению третьего атома кислорода, является сильным окислителем и эффективным средством уничтожения микроорганизмов. Озон используется для дезинфекции отходов и питьевой воды, а также во всей пищевой промышленности для дезинфекции оборудования и производственных помещений.

Ключевые слова: озон, безопасность пищевых продуктов, вода, продукты питания, микробиология.

Для цитирования: Сиркин В.П., Фролов Д.И. Использование озона в качестве альтернативы традиционным дезинфицирующим средствам // Инновационная техника и технология. 2025. Т. 12. № 2. С. 64–70.

Using ozone as an alternative to traditional disinfectants

Sirkin V.P., Frolov D.I.

Abstract. This article examines the role of ozone as an alternative disinfectant in the food industry. It is important for consumers that disinfectants used in the food industry ensure the quality and microbiological safety of food products. It is also important that they do not endanger their health through toxic intermediate products. In this regard, there is a growing interest in alternative disinfectants, including ozone. The ozone molecule, due to the splitting of the third oxygen atom, is a strong oxidizer and an effective means of destroying microorganisms. Ozone is used to disinfect waste and drinking water, as well as throughout the food industry to disinfect equipment and production facilities.

Keywords: ozone, food safety, water, food, microbiology.

For citation: Sirkin V.P., Frolov D.I. Using ozone as an alternative to traditional disinfectants. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2025. Vol. 12. No. 2. pp. 64–70. (In Russ.).

Введение

Предприятия пищевой промышленности обязаны обеспечивать безопасность своей продукции для потребителей [10]. Для этого применяются различные методы и средства дезинфекции, целью которых является подавление роста патогенных микроорганизмов, предотвращение порчи продуктов и продление их срока хранения [6, 11]. Важным аспектом является отсутствие вредных остатков, что, однако, не всегда удается достичь. В связи с этим возникает необходимость поиска альтернативных и эффективных дезинфицирующих средств.

Одним из таких решений может стать озон, который в последние годы привлек внимание не только в контексте пищевой промышленности [26].

Свойства озона и механизм действия

Озон (O₃) представляет собой аллотропную форму кислорода, обладающую высоким окислительно-восстановительным потенциалом -2,07 В, что значительно выше, чем у хлорноватистой кислоты (-1,49 В), хлора (-1,36 В) или кислорода (-0,40 В). Это газ с резким и характерным запахом [2]. При высоких концентрациях в воздухе озон при-

Таблица 1 – Зависимость температуры и растворимости озона в воде [21]

Температура, °C	Растворимость, л озона/л воды
0	0,64
15	0,456
27	0,27
40	0,112
60	0

обретает синий оттенок, в то время как при низких концентрациях остается бесцветным газом, который легче воздуха [8]. Период полураспада озона в воздухе составляет примерно 12 часов, а в водных растворах его продолжительность зависит от содержания органического вещества: чем меньше органического вещества, тем дольше сохраняется озон [18]. Озон растворяется в воде в 15 раз лучше кислорода, и его растворимость уменьшается с повышением температуры воды, что показано в таблице 1 [9].

Озон растворяется в воде при pH ниже 7, на этом уровне он не реагирует с водой и присутствует в виде молекул [24]. Однако увеличение значения pH приводит к спонтанному разложению озона, в результате чего образуются высокореактивные свободные радикалы, такие как гидроксил •ОН. При значении pH 8 почти половина введенного озона разлагается на различные промежуточные формы и кислород в течение 10 минут.

Молекула озона, благодаря расщеплению третьего атома кислорода, является сильным окислителем [14]. Это свойство делает его очень эффективным в уничтожении микроорганизмов. Доказано, что озон уничтожает вирусы, вызывающие гепатит А, грипп А, везикулярный стоматит и инфекционный ринотрахеит крупного рогатого скота [13]. Инактивация происходит в основном за счет повреждения молекул белка и пептидогликана в капсиде вируса. Он одинаково эффективен в уничтожении нескольких штаммов бактериофагов. Бактерицидные свойства озона были также продемонстрированы в случае грамположительных (*Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecalis*) и грамотрицательных микроорганизмов (*Yersinia enterocolitica*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella typhimurium*) [3]. Были выявлены два основных механизма, посредством которых осуществляется бактерицидное действие озона. Один из них - окисление сульфгидрильных групп и аминокислот ферментов, пептидов и белков. Другой механизм основан на окислении ПНЖК [25]. У грамотрицательных бактерий липопротеиновые и липополисахаридные слои являются основными местами разрушительного действия озона, что способствует повышению проницаемости клеток микроорганизмов и приводит к их лизису. Озон действует как общий внутриклеточный окислитель,

тогда как хлор избирательно разрушает определенные ферменты [22].

Озонирование воды

Физико-химические свойства озона, а именно его относительно высокая растворимость в воде и высокий окислительно-восстановительный потенциал (разрушающий структуру микроорганизмов), позволили начать его коммерческое применение для дезодорации промышленных отходов и дезинфекции питьевой воды.

Обработка отходов имеет решающее значение для защиты окружающей среды и продления доступности водных ресурсов. За последние несколько лет появились новые различные методы очистки воды. Безопасные системы очистки воды требуют надежной дезинфекции отходов, что является важнейшим процессом в обеспечении защиты общественного здоровья. Хлорирование по-прежнему является наиболее распространенным методом дезактивации патогенов, присутствующих в воде и отходах, однако альтернативные методы получили признание из-за растущего количества нежелательных промежуточных продуктов хлорирования и его неэффективности в устранении некоторых эпидемических микроорганизмов с низкими концентрациями хлора. Было доказано, что озон является одним из наиболее эффективных дезинфицирующих средств и может широко применяться для дезактивации патогенов в питьевой воде [1]. Его свойства были продемонстрированы на *Escherichia coli* и подобных бактериях, таких как типичные фекальные индикаторы, поскольку их присутствие обычно проверяется при обработке отходов [29]. В результате дезактивация этих бактерий наблюдалась на 1-3 порядка, и эффект был достигнут без измеримых концентраций озона в растворе. Помимо *Clostridium*, другие микроорганизмы относительно чувствительны к озону. Более высокая устойчивость бактерий *Clostridium* указывает на то, что их можно использовать в качестве значимого индикатора устойчивости микроорганизмов [19].

Озонирование также приводит к снижению поглощения УФ-излучения и цвета, что можно рассматривать как преимущество при некоторых последующих применениях очищенных отходов [12].

Использование озона в пищевой промышленности

Дезинфекция производственных помещений и оборудования

Высокая реакционная способность и отсутствие вредных остатков делают озон эффективным дезинфицирующим средством, обеспечивающим качество и микробиологическую безопасность пищевых продуктов.

На предприятиях по переработке пищевых продуктов важно, чтобы зоны, контактирующие с

продуктами питания, были максимально микробиологически чистыми. Поэтому следует помнить, что поверхности, которые визуально кажутся чистыми, могут быть загрязнены большим количеством микроорганизмов, которые могут дополнительно загрязнять продукты питания. Чтобы предотвратить это, после надлежащей мойки используются различные чистящие средства. К ним относятся соединения хлора, кислоты, йод и соединения четырехвалентного аммония. Некоторые предприятия по переработке пищевых продуктов используют термическую дезинфекцию и/или облучение. Термическая дезинфекция является эффективным методом уничтожения микроорганизмов, загрязняющих продукты питания, однако пар и горячая вода являются дорогостоящими в производстве, а избыточное тепло может повредить оборудование. Радиационные методы практически не используются на предприятиях по переработке пищевых продуктов из-за неотъемлемых рисков, связанных с наличием радиоактивных материалов. Применение химических дезинфицирующих средств является наиболее распространенным методом, используемым в пищевой промышленности. Хлорсодержащие средства широко используются для дезинфекции воды, отходов и оборудования предприятий по переработке пищевых продуктов. Однако эти хлорсодержащие соединения имеют некоторые недостатки: вредность и раздражающее действие при высоких концентрациях, склонность к образованию канцерогенных соединений и токсическое воздействие на окружающую среду. Несмотря на эти недостатки, хлор уже много лет используется в качестве дезинфицирующего средства для воды и продуктов питания, поскольку он дезактивирует все типы растительных клеток. Хотя хлорирование эффективно снижает частоту пищевых отравлений, хлор реагирует со многими органическими соединениями и образует токсичные промежуточные продукты, которые отрицательно влияют на здоровье населения и окружающую среду.

Озон, растворенный в воде, был использован в линии для мойки пластиковых контейнеров, используемых для хранения и транспортировки мяса [28]. Вода, обогащенная озоном, используется вместо традиционных моющих средств. Озон, полученный из атмосферного кислорода, вводится в контролируемых условиях в циркулирующую воду под пониженным давлением, что позволяет использовать для мойки более холодную воду - от 15 до 30 °C. Хотя в результате применения озона можно использовать более холодную воду, этот метод выделяется среди других подобных методов как высокоэффективный и имеющий многочисленные преимущества. Не требуется использовать агрессивные химикаты или нагревать воду до 80 °C на конечном этапе процесса. В результате загрязнение окружающей среды не такое высокое, как при других методах.

Озон также вызывает коагуляцию белков и

жиров. Будучи сильнейшим окислителем и дезинфицирующим средством, озон способен окислять остатки жира и белка и удалять их с поверхности контейнеров. Реакция между озоном и загрязненными поверхностями длится несколько секунд при концентрации загрязнений около 10%. По сравнению с традиционными химикатами это время значительно короче. Подробные микробиологические испытания доказали, что на всех этапах мойки озон вызывал полную инактивацию бактерий [16].

Использование газообразного озона является методом, который обеспечивает полную стерильность и может применяться на бойнях для стерилизации инструментов для убоя, в частности ножей, которые могут стать источником заражения во время убоя, послеубойной обработки и разделки туш.

Использование озона в производстве продуктов питания

Помимо стерилизации оборудования и производственных помещений, озон используется в пищевой промышленности для устранения микроорганизмов с поверхности мяса убойных животных и тушек птицы, а также для консервации продуктов питания и продления срока их хранения. Сокращение микрофлоры, уничтожение патогенов, дезинфекция и продление срока годности продукта — все это может быть достигнуто с помощью ультрафиолетового излучения. Было обнаружено, что инактивация микроорганизмов УФ-излучением происходит в первую очередь за счет повреждения структуры их ДНК [23]. Однако некоторые авторы считают использование УФ-излучения в дезинфекции проблематичным, поскольку некоторые микроорганизмы способны восстанавливать поврежденную ДНК.

Современные исследования показали эффективное бактерицидное действие озона в отношении микроорганизмов, вызывающих гниение пищевых продуктов (*P. aeruginosa* и *Z. bailii*), фекальных загрязнителей (*E. coli* и *E. faecalis*) и патогенов, вызывающих пищевые отравления, например, *L. monocytogenes*, *B. cereus*, *S. typhimurium* [20]. Несмотря на его эффективность против спор и вегетативных форм бактериальных клеток, вряд ли возможно непосредственное использование озона для обработки пищевых продуктов, поскольку причиной является наличие органического вещества. В этих условиях озон менее эффективен в снижении численности бактерий, так как он сначала окисляет компоненты субстрата, а затем бактериальные клетки, что приводит к снижению концентрации свободного озона с его бактерицидным действием. Для достижения желаемого снижения количества бактерий потребуется более высокая концентрация озона, что, в свою очередь, может снизить сенсорные и полезные для здоровья свойства пищи.

Хотя прямое применение озона для консервирования пищевых продуктов кажется маловероятным, в настоящее время в пищевой промышленности обычно используется метод консервирования

пищевых продуктов, который заключается в одновременном использовании методов с дополнительным или синергетическим действием против патогенов. Например, воздействие озона на поверхность говядины в дозе 5 мг/л воды повышает эффективность последующей обработки при температуре 45-75°C против штаммов *Clostridium perfringens*, которые продуцируют энтеротоксины [15]. Устойчивость как спор, так и вегетативных клеток снижается в результате воздействия озона перед термической обработкой, при которой температуры могут оказаться неэффективными, а применение более высоких температур может привести к снижению качества мяса, т. е. к потемнению поверхности мяса. Это, в свою очередь, является еще одним аргументом в пользу синергетического применения озона и умеренной температуры с целью снижения численности *Cl. perfringens*. Однако метод консервирования пищевых продуктов необходимо тщательно оценить, чтобы гарантировать, что клетки, сохраняющие свои жизненные функции, не представляют угрозы пищевого отравления или инфекции. Патогены, выживающие при воздействии озона, менее опасны при употреблении пищи, чем те, которые выживают при сублетальной термической обработке.

Использование озона при хранении продуктов питания

Успех большинства методов консервирования пищевых продуктов зависит от того, как обработанные пищевые продукты защищены во время хранения от неблагоприятных условий окружающей среды. Пищевые продукты могут быть защищены в основном упаковкой. Однако важно, чтобы во время хранения воздействие различных условий не приводило к изменению физических и/или химических свойств упаковочных материалов. С другой стороны, следует прилагать усилия, чтобы избегать любых изменений контейнеров, которые могут повлиять на качество содержащихся в них пищевых продуктов. Было замечено, что обработка пластиковых контейнеров водой, обогащенной озоном, снижает количество бактерий, прилипших к их поверхности, на 5 порядков [7]. Озон используется при хранении пищевых продуктов еще для одной цели — для контроля запаха [27]. Присутствие озона в низких концентрациях 0,01-0,04 мг/м³ воздуха в холодильных камерах и складских помещениях усиливает ощущение свежести воздуха.

Более того, озон усиливает вкус свежих нестабильных продуктов, таких как фрукты и овощи, окисляя пестициды и нейтрализуя аммиак и этилен, образующиеся в процессе созревания. Снижение уровня этилена продлевает допустимый период хранения и уменьшает усыхание фруктов и овощей. Были проведены некоторые исследования для изучения влияния озона, непрерывно выпускаемого в холодильную камеру в дозах 0,3 и 1,0 мг/м³ воз-

духа, на развитие основных заболеваний винограда и цитрусовых [17]. Озон оказывал ингибирующее действие на мицелий и значительно снижал споруляцию *Penicillium digitatum* и *Penicillium italicum*.

Другие применения озона

Помимо вышеперечисленных применений, озон широко используется для уменьшения количества микроорганизмов в специях [5]. Специи улучшают вкус и аромат пищи, однако они обычно содержат определенное количество микроорганизмов. Большое количество микроорганизмов может негативно повлиять на продукты питания, произведенные с использованием таких специй. Они могут преждевременно портиться, но также могут быть вредны для здоровья (например, афлатоксины). Специи и овощи не должны иметь характеристик, которые могут представлять угрозу для здоровья человека или снижать пригодность и срок годности продуктов, содержащих такие специи. Естественно, ни одна специя не свободна от микроорганизмов, но их количество можно поддерживать на низком уровне. Этого можно достичь путем правильного сбора, обработки и хранения растений, а также физическими методами, такими как излучение, микроволны, сухое и влажное нагревание, или химическими методами, такими как использование перекиси водорода, кислот и оснований. Но использование газообразного озона также уменьшает количество микроорганизмов.

Озон является эффективным пестицидом, используемым при хранении зерна [4]. По оценкам экспертов, 5-10% мирового производства продовольствия ежегодно теряется из-за заражения насекомыми. Этот газ является альтернативой применяемым в настоящее время агентам, некоторые из которых больше не могут использоваться по назначению не только из-за их негативного воздействия на окружающую среду, но и из-за ухудшения качества зерна. Период полураспада озона очень короткий, и насекомые погибают от очень низких доз, в то время как многие из используемых в настоящее время инсектицидов могут быть токсичными для всех организмов, присутствующих в месте хранения и поблизости, включая людей.

Выводы

Результаты данного обзора подтверждают высокую эффективность озона как альтернативного дезинфицирующего средства в пищевой промышленности. Благодаря своим сильным окислительным свойствам, озон обеспечивает надежную микробиологическую безопасность продуктов, не оставляя вредных остатков, что важно для защиты здоровья потребителей. Озон уже активно используется для дезинфекции различных объектов в пищевой промышленности, включая оборудование и производственные помещения, а также для очистки воды и отходов. В условиях растущего интереса к экологически чистым и безопасным методам об-

работки, озон представляет собой перспективное средство, которое способно заменить более традиционные, иногда токсичные дезинфектанты. Таким образом, озон обладает потенциалом для широкого

применения в различных областях пищевой промышленности, обеспечивая высокую эффективность и безопасность.

Литература

- [1] Абдурахманов А. А. Эффективность применения озона в птицеводстве // Наука и новые технологии. – 2013. – №. 5. – С. 167-168.
- [2] Агасиева Д. Н., Головинов В. С., Полякова А. В. Предозонирование как новый метод интенсификации процессов очистки сточных вод // Охрана природной среды и эколого-биологическое образование. – 2015. – С. 10-12.
- [3] Аширметов А. Х., Мавлянов И. Р., Мавлянов З. И. О возможности применения озона в лечении COVID-19 // *Juvenis scientia*. – 2021. – Т. 7. – №. 3. – С. 5-10.
- [4] Бахчевников О. Н., Брагинцев А. В. Применение озона для обеззараживания кормового сырья (обзор) // *Таврический вестник аграрной науки*. – 2021. – №. 2. – С. 41-61.
- [5] Бурак Л. Ч. Современные методы консервирования, применяемые в пищевой промышленности. Обзор // *The Scientific Heritage*. – 2022. – №. 89. – С. 106-124.
- [6] Бурак Л. Ч., Сапач А. Н. Озоновая технология как способ сохранения пищевых продуктов // *Вопросы развития современной науки и техники*. – 2021. – №. 5. – С. 42-77.
- [7] Ваньев Е. В., Кожухов В. А. Применение ультрафиолетовой и озонной технологий в птицеводстве // *Научно-образовательный потенциал молодежи в решении актуальных проблем XXI века*. – 2017. – №. 9. – С. 114-121.
- [8] Власова Е. В. Вред и польза озона для человека // *экологические проблемы региона и пути их решения*. – 2016. – С. 76-81.
- [9] Гениатулина И. А. Перспективы использования озона в агропромышленном комплексе как экологически безопасного вещества // *Современное состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса*. – 2016. – С. 517-520.
- [10] Егорова О. С., Акбулатова Д. Р., Шилкин А. А. Факторы, влияющие на качество и сроки годности напитков брожения из плодового сырья: Обзор предметного поля // *Хранение и переработка сельхозсырья*. – 2023. – №. 2. – С. 14-32.
- [11] Ершов Б. Г. Радиационные технологии: возможности, состояние и перспективы применения // *Вестник Российской академии наук*. – 2013. – Т. 83. – №. 10. – С. 885-885.
- [12] Камруков А. С., Новиков Д. О. Современные окислительные и фотоокислительные методы разрушения комплексов в жидких радиоактивных

References

- [1] Abdurakhmanov A. A. Efficiency of ozone application in poultry farming // *Science and new technologies*. – 2013. – No. 5. – P. 167-168.
- [2] Agasieva D. N., Golovinov V. S., Polyakova A. V. Pre-ozonation as a new method of intensifying wastewater treatment processes // *Environmental protection and ecological-biological education*. – 2015. – P. 10-12.
- [3] Ashirmetov A. Kh., Mavlyanov I. R., Mavlyanov Z. I. On the possibility of using ozone in the treatment of COVID-19 // *Juvenis scientia*. – 2021. – Vol. 7. – No. 3. – P. 5-10.
- [4] Bakhchevnikov O. N., Braginets A. V. Use of ozone for disinfection of feed raw materials (review) // *Tavricheskiy Vestnik Agrarnoy Nauki*. – 2021. – No. 2. – P. 41-61.
- [5] Burak L. Ch. Modern methods of preservation used in the food industry. Review // *The Scientific Heritage*. – 2022. – No. 89. – P. 106-124.
- [6] Burak L. Ch., Sapach A. N. Ozone technology as a way to preserve food products // *Issues of development of modern science and technology*. – 2021. – No. 5. – P. 42-77.
- [7] Vanyev E. V., Kozhukhov V. A. Use of ultraviolet and ozone technologies in poultry farming // *Scientific and educational potential of young people in solving urgent problems of the XXI century*. – 2017. – No. 9. – P. 114-121.
- [8] Vlasova E. V. Harm and benefit of ozone for humans // *environmental problems of the region and ways to solve them*. – 2016. – P. 76-81.
- [9] Geniatulina I. A. Prospects for the use of ozone in the agro-industrial complex as an environmentally friendly substance // *Current state and prospects for the development of the agro-industrial complex*. – 2016. – P. 517-520.
- [10] Egorova O. S., Akbulatova D. R., Shilkin A. A. Factors affecting the quality and shelf life of fermented beverages from fruit raw materials: Review of the subject field // *Storage and processing of agricultural raw materials*. – 2023. – No. 2. – P. 14-32.
- [11] Ershov B. G. Radiation technologies: possibilities, status and application prospects // *Bulletin of the Russian Academy of Sciences*. – 2013. – Vol. 83. – No. 10. – P. 885-885.
- [12] Kamrukov A. S., Novikov D. O. Modern oxidative and photo-oxidative methods of complexones destruction in liquid radioactive waste // *Safety in the technosphere*. – 2015. – Vol. 4. – No. 1. – P. 68-83.
- [13] Klyushnikova M. O., Klyushnikova O. N. Application of medical ozone in the clinic of therapeutic dentistry

- отходах //Безопасность в техносфере. – 2015. – Т. 4. – №. 1. – С. 68-83.
- [13] Ключникова М. О., Ключникова О. Н. Применение медицинского озона в клинике терапевтической стоматологии //ВОПРОСЫ. ГИПОТЕЗЫ. ОТВЕТЫ: НАУКА XXI ВЕКА. – 2014. – С. 220-242.
- [14] Котельников С. Н. Основные механизмы взаимодействия озона с живыми системами и особенности проблемы приземного озона для России //Труды ИОФАН. – 2015. – Т. 71. – С. 10-41.
- [15] Кузубова Л. И., Кобрин В. Н. Химические методы подготовки воды (хлорирование, озонирование, фторирование) //Экология. Серия аналитических обзоров мировой литературы. – 1996. – №. 42. – С. 1-132.
- [16] Мирошникова А. И. Разработка и экспериментальное обоснование применения нового дезинфицирующего средства //Ставрополь: Ставропольский государственный аграрный университет. – 2016.
- [17] Мордкович Я. Б. Есть ли альтернатива бромистому метилу? //Защита и карантин растений. – 2007. – №. 5. – С. 30-31.
- [18] Мосин О. В. Использование озона в водоподготовке //Сантехника, отопление, кондиционирование. – 2011. – №. 9. – С. 40-43.
- [19] Недачин А. Е. и др. Показательное значение отдельных индикаторов и маркеров в отношении вирусного загрязнения воды //Гигиена и санитария. – 2015. – Т. 94. – №. 6. – С. 54-58.
- [20] Нестеренко А. А., Решетняк А. И., Потоккина Ю. В. Применение озона при хранении мясопродуктов // Вестник НГИЭИ. – 2012. – №. 8. – С. 55-61.
- [21] Панич Н. М., Ершов Б. Г. Растворимость и кинетика разложения озона в водных растворах нитратов // Журнал физической химии. – 2008. – Т. 82. – №. 8. – С. 1423-1426.
- [22] Погорелов А. Г. и др. Разрушение микробных биопленок как фактор повышения микробиологической безопасности на предприятиях агропромышленного комплекса // Пищевые инновации и биотехнологии. – 2016. – С. 498-505.
- [23] Прокопенко А. А., Новикова С. И., Соломина М. П. Обеззараживание воздуха бактерицидным УФ излучением //Птицеводство. – 2016. – №. 6. – С. 55-59.
- [24] Соколова Н. Ф. Средства и способы обеззараживания воды (аналитический обзор) // Медицинский алфавит. – 2013. – Т. 1. – №. 5. – С. 44-54.
- [25] Узбеков М. Г. Перекисное окисление липидов и антиоксидантные системы при психических заболеваниях. Сообщение II //Социальная и клиническая психиатрия. – 2015. – Т. 25. – №. 4. – С. 92-101.
- [26] Шанина Е. В. К вопросу применения озона в пищевой промышленности //Актуальные вопросы переработки и формирования качества продукции АПК: Материалы международной научной // QUESTIONS. HYPOTHESES. ANSWERS: SCIENCE OF THE XXI CENTURY. - 2014. - P. 220-242.
- [14] Kotelnikov S. N. The main mechanisms of interaction of ozone with living systems and features of the ground-level ozone problem for Russia // Proceedings of the General Physics Institute. - 2015. - Vol. 71. - Pp. 10-41.
- [15] Kuzubova L. I., Kobrina V. N. Chemical methods of water treatment (chlorination, ozonation, fluorination) // Ecology. Series of analytical reviews of world literature. - 1996. - No. 42. - Pp. 1-132.
- [16] Miroshnikova A. I. Development and experimental justification of the use of a new disinfectant // Stavropol: Stavropol State Agrarian University. - 2016.
- [17] Mordkovich Ya. B. Is there an alternative to methyl bromide? // Plant protection and quarantine. - 2007. - No. 5. - Pp. 30-31.
- [18] Mosin O. V. Use of ozone in water treatment // Plumbing, heating, air conditioning. - 2011. - No. 9. - P. 40-43.
- [19] Nedachin A. E. et al. Indicative value of individual indicators and markers in relation to viral contamination of water // Hygiene and Sanitation. - 2015. - Vol. 94. - No. 6. - P. 54-58.
- [20] Nesterenko A. A., Reshetnyak A. I., Potokina Yu. V. Use of ozone in storage of meat products // Bulletin of NGIEI. - 2012. - No. 8. - P. 55-61.
- [21] Panich N. M., Ershov B. G. Solubility and kinetics of ozone decomposition in aqueous solutions of nitrates // Journal of Physical Chemistry. - 2008. - Vol. 82. - No. 8. - P. 1423-1426.
- [22] Pogorelov A. G. et al. Destruction of microbial biofilms as a factor in increasing microbiological safety at enterprises of the agro-industrial complex // Food innovations and biotechnology. - 2016. - P. 498-505.
- [23] Prokopenko A. A., Novikova S. I., Solomina M. P. Air disinfection with bactericidal UV radiation // Poultry farming. - 2016. - No. 6. - P. 55-59.
- [24] Sokolova N. F. Means and methods of water disinfection (analytical review) // Medical alphabet. - 2013. - V. 1. - No. 5. - P. 44-54.
- [25] Uzbekov M. G. Lipid peroxidation and antioxidant systems in mental illnesses. Communication II // Social and clinical psychiatry. - 2015. - V. 25. - No. 4. - P. 92-101.
- [26] Shanina E. V. On the issue of ozone use in the food industry // Current issues of processing and formation of quality of agricultural products: Proceedings of the international scientific conference, Krasnoyarsk, November 24, 2021.-Krasnoyarsk: Krasnoyarsk State Agrarian University. – 2021. – P. 132.
- [27] Shilov G. Yu. Modern methods of disinfection of salad crops, vegetables and fruits // Food industry. – 2013. – No. 8. – P. 13-17.
- [28] Shurduba N. A. et al. Optimization of the preventive disinfection mode of the surfaces of process equipment in the meat raw material processing shop // Russian journal Problems of veterinary sanitation, hygiene and ecology. – 2015. – No. 3. – pp. 29-33.

- конференции, Красноярск, 24 ноября 2021 года.- Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет. – 2021. – С. 132.
- [27] Шилов Г. Ю. Современные методы дезинфекции салатных культур, овощей и фруктов //Пищевая промышленность. – 2013. – №. 8. – С. 13-17.
- [28] Шурдуба Н. А. и др. Оптимизация режима профилактической дезинфекции поверхностей технологического оборудования в цехе по переработке мясного сырья //Российский журнал Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии. – 2015. – №. 3. – С. 29-33.
- [29] Niveditha A. et al. Application of cold plasma and ozone technology for decontamination of Escherichia coli in foods-a review //Food control. – 2021. – Т. 130. – С. 108338.

Сведения об авторах

Information about the authors

Сиркин Владислав Петрович студент кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 E-mail:	Sirkin Vladislav Petrovich student of the department «Food productions» Penza State Technological University E-mail:
Фролов Дмитрий Иванович кандидат технических наук доцент кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 Тел.: +7(937) 408-35-28 E-mail: surr@bk.ru	Frolov Dmitriy Ivanovich PhD in Technical Sciences associate professor at the department of «Food productions» Penza State Technological University Phone: +7(937) 408-35-28 E-mail: surr@bk.ru