

ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК 631.81/631.5/539.1.07/546.02

DOI: 10.26897/2687-1149-2021-6-62-67

КОМБИНИРОВАННАЯ СИСТЕМА ОЗОНИРОВАНИЯ ПРИ СТЕРИЛИЗАЦИИ МОЛОКА

КОМПАНИЕЦ АЛЕКСАНДР ЕВГЕНЬЕВИЧ✉, аспирант

kompaniets.a@yandex.ru✉

СТОРЧЕВОЙ ВЛАДИМИР ФЕДОРОВИЧ, д-р техн. наук, профессор

V_Storcheyov@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0002-6929-3919>

СУДНИК ЮРИЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ, д-р техн. наук, профессор

sudnik@rgau-msha.ru

КАБДИН НИКОЛАЙ ЕГОРОВИЧ, канд. техн. наук, доцент

energo-nek@rgau-msha

АНДРЕЕВ СЕРГЕЙ АНДРЕЕВИЧ, канд. техн. наук, доцент

energo-andreev@rgau-msha.ru

АНАШИН ДМИТРИЙ ВИКТОРОВИЧ, старший преподаватель

anashin@rgau-msha.ru

ЧИСТОВА ЯНА СЕРГЕЕВНА, канд. пед. наук, доцент

yana.chistova@yandex.ru

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49

Аннотация. Основной недостаток существующих установок по антибактериальной обработке молока – это низкое качество, связанное с отсутствием его озонирования. Для стерилизации молока предлагается комбинированная система озонирования, включающая в себя озонирование и ультрафиолетовое облучение. В данной системе подготовка озона осуществляется в герметичной камере, а насыщение молока озоном проводится импульсно. При этом в каждый период подачи ступенчато увеличивают количество подаваемого озона, а его концентрацию регулируют в зависимости от требуемого уровня микробной загрязнённости молока. На начальном этапе подается озон концентрацией 24 г/м³ импульсами в течение 10 с. Далее, основываясь на показаниях датчика концентрации бактерий, корректируется режим работы по программе. Разработан алгоритм работы программы управления комбинированной системой озонирования при стерилизации молока, позволяющий реализовывать два режима работы: режим заполнения и режим обработки молока. Проведенный микробиологический анализ стерилизованного молока показал, что максимальный эффект наблюдается в первые 15 с работы установки, в среднем концентрация патогенной микрофлоры уменьшается на 24%. В течение 60 с микробная загрязненность молока снижается на 49%. Комбинированная система озонирования позволяет повысить качество стерилизации молока с учётом требуемого уровня микробной загрязнённости в нем и уменьшить негативные последствия длительного высокотемпературного воздействия. Экспериментально доказана целесообразность применения комбинированной системы озонирования с применением разработанного алгоритма работы программы управления.

Ключевые слова: обработка молока, озонирование, ультрафиолетовое облучение, бактериальная обсемененность, микрофлора.

Формат цитирования: Компаниец А.Е., Сторчевой В.Ф., Судник Ю.А., Кабдин Н.Е., Андреев С.А., Анашин Д.В., Чистова Я.С. Комбинированная система озонирования при стерилизации молока // Агроинженерия. 2021. № 6(106). С. 62-67. <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2021-6-62-67>.

© Компаниец А.Е., Сторчевой В.Ф., Судник Ю.А., Кабдин Н.Е., Андреев С.А., Анашин Д.В., Чистова Я.С., 2021



ORIGINAL PAPER

COMBINED OZONIZATION SYSTEM FOR MILK STERILIZATION**ALEKSANDR E. KOMPANIETS**[✉], *PhD student*kompaniets.a@yandex.ru[✉]**VLADIMIR F. STORCHEVOY**, *DSc (Eng), Professor*V_Storchevoy@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0002-6929-3919>**YURIA. SUDNIK**, *PhD (Eng), Professor*

sudnik@rgau-msha.ru

NIKOLAY E. KABDIN, *PhD (Eng), Associate Professor*

energo-nek@rgau-msha.ru

SERGEI A. ANDREEV, *PhD (Eng), Associate Professor*

energo-andreev@rgau-msha.ru

DMITRIY V. ANASHIN, *Senior Lecturer*

anashin@rgau-msha.ru

YANA S. CHISTOVA, *PhD (Ed), Associate Professor*

yana.chistova@yandex.ru

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49, Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation

Abstract. The main disadvantage of the existing facilities for antibacterial milk treatment is its low quality due to the lack of ozonation. Milk sterilization requires a combined system of ozonation that includes ozonation and ultraviolet irradiation. In this system, ozone is prepared in a sealed chamber, and ozone saturation of milk occurs impulsively. In each feeding period, the amount of ozone is increased step-by-step, and its concentration can be varied according to the required level of microbial contamination of milk. At the initial stage, ozone at a concentration of 24 g/m³ is applied in pulses for 10 s; then, based on the readings of the bacterial concentration sensor, the operating mode is adjusted according to the program. An operational algorithm of the control program of the combined ozonation system for milk sterilization is developed to operate in two modes: the filling mode and the milk processing mode. Microbiological analysis of sterilized milk shows that the maximum effect is observed in the first 15 seconds of the system operation. On average, the concentration of pathogenic microflora decreases by 24%. Within 60 seconds, the microbial contamination of milk decreases by 49%. The combined ozonation system makes it possible to improve the quality of milk sterilization, taking into account the required level of microbial contamination in milk and reducing the adverse effects of long-term high-temperature exposure. The authors have experimentally proved the feasibility of the combined ozonation system using the developed control program algorithm.

Key words: milk treatment, ozonation, ultraviolet irradiation, bacterial infestation, microflora.

For citation: Kompaniets A.E., Storchevoy V.F., Sudnik Yu. A., Kabdin N.E., Andreev S.A., Anashin D.V., Chistova Ya.S. Combined ozonation system for milk sterilization. *Agricultural Engineering*, 2021; 6 (106): 62-67. (In Rus.) <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2021-6-62-67>.

Введение. В парном молоке могут содержаться бактерии, дрожжи и плесневые грибки, что существенно влияет на его вкусовые качества, сроки хранения и переработку. Обработку молока проводят с помощью сепараторов, бактофуг (отделение тяжелых частиц), термической обработкой, ультрафиолетовым излучением (герметичный по толщине слой молока облучается ультрафиолетовым излучением в определенном диапазоне волн). Применяемые способы обработки молока имеют общий недостаток – низкое качество обработки, связанное с отсутствием его озонирования, которое повышает качество обработки молока [1-12].

Недостатками известных технических решений является низкое качество стерилизации молока, связанное с отсутствием контроля фактической микробной загрязненности, а также повышенное пенообразование при его озонировании. Последнее возникает при длительном непрерывном насыщении молока постоянным количеством озона. Импульсное же насыщение озоном с изменением

его количества во время воздействия на молоко исключает пенообразование.

Для решения указанной проблемы предлагается способ стерилизации молока, включающий в себя его озонирование, облучение ультрафиолетовым излучением, диспергирование, турбулизацию. Подготовку озона осуществляют в герметичной камере, а насыщение молока озоном проводят импульсно. При этом в каждый период пилообразно увеличивают количество подаваемого озона, а его концентрацию регулируют в зависимости от требуемого уровня микробной загрязненности молока.

Цель исследований: разработка алгоритма работы программы управления комбинированной системы озонирования при стерилизации молока.

Материалы и методы. Устройство для стерилизации молока включает в себя элементы: трубопровод, имеющий входной и выходной участки; озонатор; участок трубопровода, выполненный из материала, прозрачного для

ультрафиолетового излучения, и имеющий источники ультрафиолетового излучения с отражающей поверхностью; сепаратор, установленный на выходном участке трубопровода, содержащий компрессор; датчики микробной загрязнённости молока и фактической концентрации озона; элемент сравнения; микропроцессор с блоком управления и визуальным индикатором. Датчик микробной загрязнённости молока через элемент сравнения подключен к первому входу микропроцессора, ко второму входу которого присоединен датчик концентрации озона, а к выходу через последовательно соединённый блок управления подключен управляющий вход компрессора озона, причём озонатор, компрессор, датчик концентрации озона размещены в герметичной камере.

На рисунке 1 представлена принципиальная схема работы установки для комбинированной обработки молока от патогенной микрофлоры [13, 14].

При пуске установка начинает работать в режиме заполнения молоком. В камере 14 генерации и подачи озono-воздушной смеси управление работой компрессора 16 и озонатора 15 обеспечивается с помощью микроконтроллера 10. Микроконтроллер 10 анализирует показания датчика концентрации озона 17, управляет режимом работы озонатора 15, тем самым поддерживая заданную концентрацию озона в камере 14. Молоко из подающего молокопровода 1 подается в установку насосом 4.1. При прохождении молока через устройство подмеса озono-воздушной смеси 5 в молоко с помощью компрессора 16 подается импульсно порция озono-воздушной смеси (n_x – количество импульсов в зависимости от концентрации патогенной микрофлоры $K_{бх}$, импульсы подаются через время t_2). Далее молоко поступает в камеру обработки ультрафиолетом, состоящую из трубопровода из кварцевого стекла и источника ультрафиолетового излучения 7. После этого молоко подается в накопитель 8. По истечении расчетного периода времени t_1 , необходимого для заполнения всей системы необработанным молоком, срабатывают электромагнитные клапаны 9.1 и 9.2, перекрывая вход и выход молока из установки и запуская циркуляцию молока по замкнутому контуру установки. Одновременно с этим отключается насос 4.1 и включается насос 4.2. С помощью последнего и осуществляется циркуляция молока по замкнутому контуру установки (трубопровод 2). Микроконтроллер 10, анализируя показания датчика концентрации патогенной микрофлоры 11, выводит показания на дисплей 12. Через установленный период t_2 времени после перехода на замкнутый контур микроконтроллер 10 анализирует показания датчика 11, если значение превышает установленное, импульсно подается дополнительная порция озono-воздушной смеси (данный цикл выполняется повторно до достижения требуемого значения загрязненности молока). При достижении необходимого значения уровня загрязненности молока открывается клапан устройства отвода озono-воздушной смеси из молока 13. Для исключения подачи молока в отводящий трубопровод 3 с озono-воздушной смесью выдерживается время циркуляции молока по замкнутому контуру при открытом клапане устройства отвода озono-воздушной смеси 13. После выдержки времени срабатывают электромагнитные клапаны 9.1 и 9.2. В то же время отключается насос 4.2, включается насос 4.1, происходит замещение обработанного молока новой порцией необработанного.

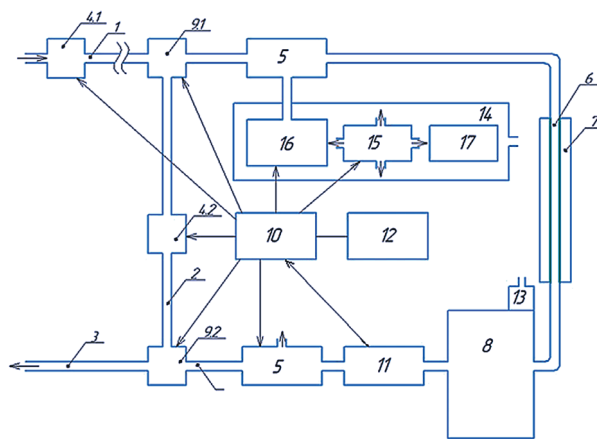


Рис. 1. Принципиальная схема установки для комбинированной обработки молока:

- 1 – подающий трубопровод;
- 2 – трубопровод замкнутого контура;
- 3 – отводящий трубопровод;
- 4.1 – насос подающего трубопровода;
- 4.2 – насос, обеспечивающий циркуляцию молока по замкнутому контуру установки;
- 5 – устройство подмеса озono-воздушной смеси;
- 6 – камера обработки молока ультрафиолетом;
- 7 – источник ультрафиолетового излучения;
- 8 – емкость для молока; 9.1, 9.2 – электромагнитные клапаны для перекрытия подающего и отводящего трубопровода и открытия замыкающего трубопровода;
- 10 – микроконтроллер; 11 – датчик концентрации патогенной микрофлоры в молоке; 12 – дисплей;
- 13 – устройство отвода озono-воздушной смеси из молока;
- 14 – камера генерации и подачи озono-воздушной смеси, включающая в себя: 15 – озонатор, 16 – компрессор, 17 – датчик концентрации озона

Fig. 1. Schematic diagram of the installation for combined milk treatment:

- 1 – inlet pipeline; 2 – pipeline of closed circuit;
- 3 – outlet pipeline; 4.1 – inlet pipeline pump;
- 4.2 – pump providing milk circulation in the closed circuit;
- 5 – device for preparing the ozone-air mixture;
- 6 – milk treatment chamber with ultraviolet;
- 7 – ultraviolet radiation source; 8 – milk tank;
- 9.1 and 9.2 – solenoid valves for closing the supply and return pipeline and opening the closing pipeline;
- 10 – microcontroller; 11 – sensor of pathogenic microflora concentration in milk; 12 – display;
- 13 – device for the removal of ozone-air mixture from milk;
- 14 – chamber of the generation and supply of the ozone-air mixture, including 15 – ozonator, 16 – compressor and 17 – ozone concentration sensor

Достижение максимальной эффективности работы устройства для стерилизации молока возможно при определении соотношений определенных параметров, в большей степени влияющих на эффективность работы по концентрации озона в камере для обработки молока.

На начальном этапе подавался озон концентрацией 24 г импульсами в течение 10 с. Далее, основываясь на показаниях датчика концентрации бактерий, корректировался режим работы по программе.

При проведении эксперимента по пастеризации молока озонированием и ультрафиолетовым облучением использовали молоко парное, оценивалось остаточное количество *E. Coli* (кишечная палочка – вид

граммотрицательных палочковидных бактерий, широко распространённых в нижней части кишечника теплокровных животных). Вычислялось количество *E. Coli* в 100 мл пробы.

Оценивался показатель КМАФАнМ по численности мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов, которыми может быть обсеменен пищевой продукт. Вычислялось количество КМАФАнМ в 100 мл пробы.

Молочнокислые бактерии (МКБ) – это группа грамположительных бактерий, объединённых определёнными морфологическими, метаболическими

и физиологическими характеристиками. Вычислялось количество МКБ в 100 мл пробы.

В качестве источника ультрафиолетового излучения использовалась лампа ДРЛ мощностью 250 Вт. Для получения ультрафиолетового излучения с лампы была демонтирована внешняя колба с напылением из люминофора. Пик излучения данной лампы приходится на 254 нм. Доза облучения при этом составляет 0,1 Дж/м² [15].

Результаты и обсуждение. Разработан алгоритм работы программы управления работой установки обработки молока (рис. 2).

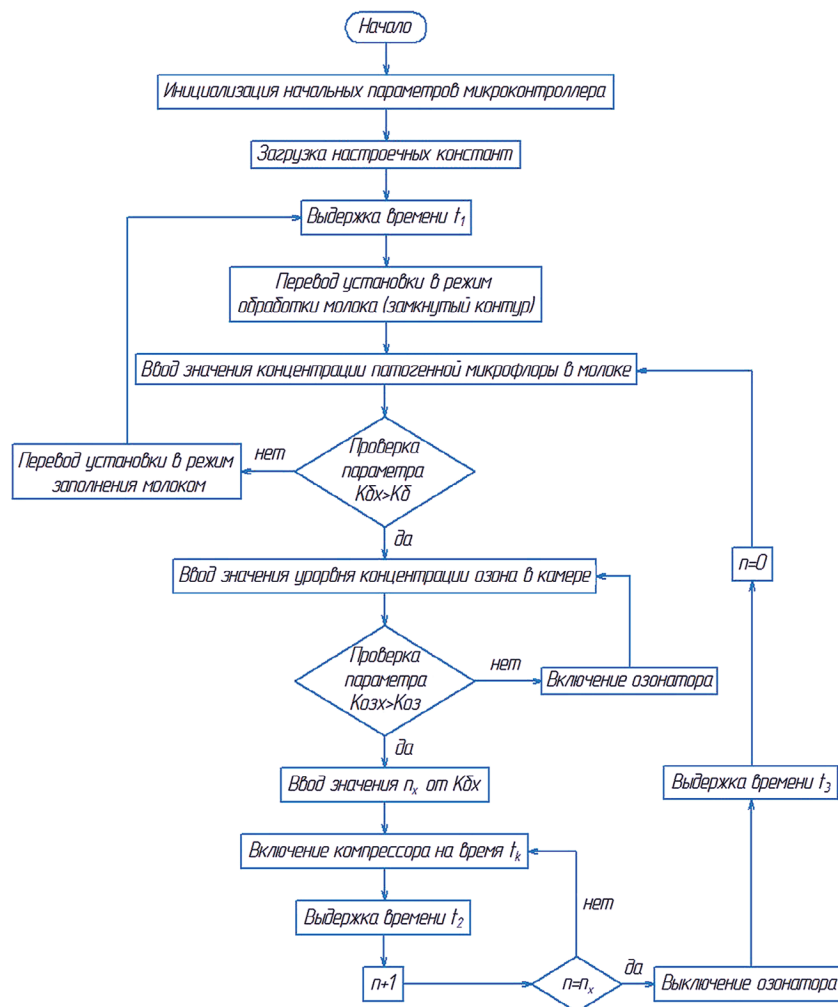


Рис. 2. Алгоритм работы программы управления работой установки обработки молока

Fig. 2. Operating algorithm of the control program of milk treatment

В соответствии с предложенным алгоритмом работа установки начинается с инициализации параметров микроконтроллера, а также загрузки следующих констант:

$K_b = 1100$ – предельно допустимый уровень количества бактерий в молоке (вводится в относительных единицах);

$K_{oz} = 140$ – необходимый уровень концентрации озона в камере для работы установки (вводится в относительных единицах);

$t_k = 2$ – расчетный период времени, в течение которого работает компрессор;

$t_1 = 60$ – расчетный период времени для замещения обработанного молока новым необработанным (вводится в относительных единицах);

$t_2 = 5$ – расчетный период выдержки времени между импульсами работы компрессора (вводится в относительных единицах);

$t_3 = 60$ – расчетный период выдержки времени для обработки молока озono-воздушной смесью (вводится в относительных единицах);

$n = 0$ – количество поданных порций озono-воздушной смеси в молоко (во время работы микроконтроллера величина изменится).

В схеме установки (рис. 1) реализованы режим заполнения и режим обработки молока. В первом происходит заполнение установки новой порцией молока, при этом молоко, которое было обработано ранее,

вымещается свежим. В данном режиме молоко поступает по трубопроводу 1, выходит по трубопроводу 2, движение молока осуществляется за счёт насоса 4.1. В режиме обработки молока при помощи электромагнитных клапанов 9.1 и 9.2 установка переходит на замкнутый

цикл циркуляции молока. Молоко циркулирует за счёт насоса 4.2.

При проведении микробиологического анализа были получены результаты, представленные в таблице. Обработка производилась при температуре молока 5°C.

Таблица

Результаты эксперимента по микробиологическому анализу после комбинированной обработки молока

Table

Results of the microbiological analysis experiment after combined milk treatment

| Вариант обработки молока <i>Type of milk treatment</i> | Время экспозиции, с <i>Exposure time, s</i> | КМАФАнМ, 110 ⁶ КОЕ/см ³ | МКБ, 110 ⁷ КОЕ/см ³ | <i>E.Coli</i> , 110 ⁷ КОЕ/см ³ |
|---|--|--|--|---|
| Контроль (без озонирования) <i>Control (without ozonation)</i> | 0 | 0,62 | 0,08 | 0,40 |
| Озонирование / <i>Ozonation</i> | 15 | 0,46 | 0,03 | 0,34 |
| Озонирование / <i>Ozonation</i> | 30 | 0,39 | 0,03 | 0,32 |
| Озонирование / <i>Ozonation</i> | 60 | 0,32 | 0,02 | 0,22 |

Результаты эксперимента показывают, что зависимость является нелинейной. Максимальный эффект наблюдается в первые 15 с работы, в среднем концентрация патогенной микрофлоры уменьшается на 24%. Далее концентрация патогенной микрофлоры уменьшается, но уже не так эффективно.

Результаты исследований позволили установить эффективные параметры работы установки для комбинированной обработки молока.

Выводы

1. Система озонирования при стерилизации молока позволяет снижать микробную загрязненность молока

на 49% в течение 60 с и повышать качество стерилизации молока с учётом требуемого уровня микробной загрязнённости в нем, уменьшая негативные последствия длительного высокотемпературного воздействия.

2. Примененный алгоритм работы программы управления работой установки обработки молока позволяет реализовывать два режима работы (режим заполнения и режим обработки молока).

3. Микробиологический анализ молока показал эффективность использования данной технологии, что подтверждает целесообразность применения разработанного алгоритма работы программы управления при проведении комбинированной обработки молока.

Библиографический список

1. Вассерман А.Л. Проектирование и эксплуатация ультрафиолетовых бактерицидных установок / Под ред. Ю.Б. Поповского. М.: Дом света, 2009. 56 с.
2. Гаврюшенко Б.С., Харитонов В.Д. Некоторые аспекты обработки молока ультрафиолетовым излучением // Хранение и переработка сельхозсырья. 2004. № 8. С. 17-18.
3. Ганина В.И. Микробиологический контроль сырого молока // Молочная промышленность. 2010. № 2. С. 12-13.
4. Голубева Л.В., Пономарев А.Н. Современные технологии и оборудование для производства питьевого молока. М.: ДеЛи принт, 2004. 179 с.
5. Гриневич И.И. Производство качественного молока // Зоотехния. 1991. № 5. С. 76-77.
6. Дегтерев Г.П. Совершенствование системы ведения молочного животноводства в России // Переработка молока. 2005. № 10. С. 27-28.
7. Оськин С.В. Инновационные способы повышения экологической безопасности сельскохозяйственной продукции // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. 2013. № 8. С. 75-80.
8. Молочников В.В., Орлова Т.А., Морено В.В. Новый взгляд на переработку молока // Пищевая промышленность. 2009. № 6. С. 30-31.

References

1. Wasserman A.L. Proektirovanie i ekspluatatsiya ul'trafiioletovykh bakteritsidnykh ustanovok [Design and operation of ultraviolet bactericidal installations]. Ed. by Yu.B. Popovskiy. Moscow, Dom sveta. 2009: 56. (In Rus.)
2. Gavryushenko B.S., Kharitonov V.D. Nekotorye aspekty obrabotki moloka ul'trafiioletovym izlucheniem [Some aspects of processing milk with ultraviolet radiation]. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyrya*, 2004; 8: 17-18. (In Rus.)
3. Ganina V.I. Mikrobiologicheskii kontrol' syrogo moloka [Microbiological control of raw milk]. *Molochnaya promyshlennost'*, 2010; 2: 12-13. (In Rus.)
4. Golubeva L.V., Ponomarev A.N. Sovremennyye tekhnologii i oborudovanie dlya proizvodstva pit'evogo moloka [Modern technologies and equipment for the production of market milk]. Moscow, DeLi print, 2004: 179. (In Rus.)
5. Grinevich I.I. Proizvodstvo kachestvennogo moloka [Production of high-quality milk]. *Zootekhnika*, 1991; 5: 76-77. (In Rus.)
6. Degterev G.P. Sovershenstvovanie sistemy vedeniya molochnogo zhitovnovodstva v Rossii [Improving the system of dairy farming in Russia]. *Pererabotka moloka*, 2005; 10: 27-28. (In Rus.)
7. Os'kin S.V. Innovatsionnye sposoby povysheniya ekologicheskoy bezopasnosti sel'skokhozyaystvennoy produktsii

9. Тихомиров И.А., Андрияшина О.Л. Основные направления повышения качества молока // Вестник ВНИИМЖ. 2015. № 3 (19). С. 54-61.

10. Khanashyam A.Ch., Shanker M.A., Kothakota A. et al. Ozone applications in milk and meat industry. *Ozone: Science & Engineering*. 2021. <https://doi.org/10.1080/01919512.2021.1947776> (дата обращения: 05.10.2021).

11. Shanshool A.J. Study the effect of ozone gas in milk treatment on chemical and microbial properties of soft cheese ozone gas effect on milk. *Indian Journal of Ecology*. 2020; 47 Special Issue (8). URL: <https://www.researchgate.net/publication/346401093> (дата обращения: 05.10.2021).

12. Cavalcante M.A., Leite Júnior B.R.C., Atribst A.A.L., Cristianini M. Improvement of the raw milk microbiological quality by ozone treatment. *International Food Research Journal*. 2013, 20 (4): 2017-2021. URL: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84884687369&origin=inward&txGid=5d5558d98fca633ee37314d41d2238c9> (дата обращения: 05.10.2021).

13. Компаниец А.Е., Сторчевой В.Ф., Судник Ю.А и др. Способ стерилизации молока и устройство для его осуществления: патент. Заявка № 2021115222, дата приоритета 27 мая 2021.

14. Сторчевой В.Ф., Сучугов С.В., Компаниец А.Е. Создание озонно-ионной воздушной среды в закрытых помещениях для содержания животных и птицы // Вестник ФГОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина». 2019. № 3 (91). С. 35-39. <https://doi.org/10.34677/1728-7936-2019-3-35-39>

15. Сторчевой В.Ф., Кабдин Н.Е., Компаниец А.Е. Исследование параметров и режимов работы озонатора-ионизатора для молочных ферм // *Агроинженерия*. 2020. № 3 (97). С. 50-54. <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2020-3-50-54>

[Innovative ways to improve the environmental safety of agricultural products]. *Zemleustroystvo, kadastr i monitoring zemel'*, 2013; 8: 75-80. (In Rus.)

8. Molochnikov V.V., Orlova T.A., Moreno V.V. Noviy vzglyad na pererabotku moloka [A new look at milk processing]. *Pishchevaya promyshlennost'*, 2009; 6: 30-31. (In Rus.)

9. Tikhomirov I.A., Andryukhina O.L. Osnovnye napravleniya povysheniya kachestva moloka [Main ways of improving the quality of milk]. *Bulletin of VNIIMZh*, 2015; 3 (19): 54-61. (In Rus.)

10. Khanashyam A.Ch., Shanker M.A., Kothakota A. et al. Ozone applications in milk and meat industry. *Ozone: Science & Engineering*. 2021. <https://doi.org/10.1080/01919512.2021.1947776> (access date: 05.10.2021).

11. Shanshool A.J. Study the effect of ozone gas in milk treatment on chemical and microbial properties of soft cheese ozone gas effect on milk. *Indian Journal of Ecology*. 2020; 47 Special Issue (8). URL: <https://www.researchgate.net/publication/346401093> (access date: 05.10.2021).

12. Cavalcante M.A., Leite Júnior B.R.C., Atribst A.A.L., Cristianini M. Improvement of the raw milk microbiological quality by ozone treatment. *International Food Research Journal*. 2013, 20 (4): 2017-2021. URL: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84884687369&origin=inward&txGid=5d5558d98fca633ee37314d41d2238c9> (access date: 05.10.2021).

13. Kompaniets A.E., Storchev V.F., Sudnik Yu.A., Kabdin N.E., Andreev S.A. Sposob sterilizatsii moloka i ustroystvo dlya ego osushchestvleniya [Milk sterilization method and device for its implementation]: patent. Application No. 2021115222, priority date: May 27, 2021. (In Rus.)

14. Storchev V.F., Suchugov S.V., Kompaniets A.E. Sozdanie ozonno-ionnoy vozduшной среды v zakrytykh pomeshcheniyakh dlya soderzhaniya zhivotnykh i ptitsy [Creation of an ozone-ionic air environment in closed rooms for keeping livestock and poultry]. *Vestnik of Moscow Goryachkin Agroengineering University*, 2019; 3 (91): 35-39. <https://doi.org/10.34677/1728-7936-2019-3-35-39> (In Rus.)

15. Storchev V.F., Kabdin N.E., Kompaniets A.E. Issledovanie parametrov i rezhimov raboty ozonatora-ionizatora dlya molochnykh [Study of parameters and operating modes of the ozonizer-ionizer for dairy farms]. *Agricultural Engineering*, 2020; 3 (97): 50-54. <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2020-3-50-54> (In Rus.)

Критерии авторства

Компаниец А.Е., Сторчевой В.Ф., Судник Ю.А., Кабдин Н.Е., Андреев С.А., Анашин Д.В., Чистова Я.С. выполнили теоретические исследования, на основании полученных результатов провели эксперимент и подготовили рукопись. Компаниец А.Е., Сторчевой В.Ф., Судник Ю.А., Кабдин Н.Е., Андреев С.А., Анашин Д.В., Чистова Я.С. имеют на статью авторские права и несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 21.07.2021

Одобрена после рецензирования 06.10.2021

Принята к публикации 08.10.2021

Contribution

A.E. Kompaniets, V.F. Storchev, Yu.A. Sudnik, N.E. Kabdin, S.A. Andreev, D.V. Anashin, Ya.S. Chistova performed theoretical studies, and based on the results obtained, generalized the results and wrote a manuscript. A.E. Kompaniets, V.F. Storchev, Yu.A. Sudnik, N.E. Kabdin, S.A. Andreev, D.V. Anashin, Ya.S. Chistova have equal author's rights and bear equal responsibility for plagiarism.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this paper.

The paper was received 21.07.2021

Approved after reviewing 06.10.2021

Accepted for publication 08.10.2021