











## ЕПІЗООТОЛОГІЯ ТА ІНФЕКЦІЙНІ ХВОРОБИ

УДК 619:612.014.464:576.851.48

### Використання озону для зменшення мікробного навантаження


Савченко М.О.<sup>1</sup> , Ярчук Б.М.<sup>1</sup> , Корнієнко Л.Є.<sup>2</sup> , Царенко Т.М.<sup>1</sup> ,  
Охріменко Д.П.<sup>3</sup> , Янчевський І.В.<sup>4</sup> , Довгаль О.В.<sup>1</sup> , Білик С.А.<sup>1</sup> ,  
Шульга П.Г.<sup>1</sup> , Новік О.В.<sup>1</sup> 

<sup>1</sup> Білоцерківський національний аграрний університет

<sup>2</sup> Державний науково-дослідний інститут з лабораторної діагностики та ветеринарно-санітарної експертизи

<sup>3</sup> ФОП, м. Богуслав

<sup>4</sup> ТОВ «ГЕРМЕС ЕКО», м. Біла Церква

 epizootologiya@ukr.net



Савченко М.О., Ярчук Б.М., Корнієнко Л.Є., Царенко Т.М., Охріменко Д.П., Янчевський І.В., Довгаль О.В., Білик С.А., Шульга П.Г., Новік О.В. Використання озону для зменшення мікробного навантаження. Науковий вісник ветеринарної медицини, 2020. № 2. С. 50–55.

Savchenjuk M.O., Jarchuk B.M., Kornijenko L.Je., Careno T.M., Ohrimenko D.P., Janchev's'kyj I.V., Dovgal' O.V., Bilyk S.A., Shul'ga P.G., Novik O.V. Vykorystannja ozonu dlja zmenshennja mikrobnogo navantazhennja. Naukovyj visnyk veterynarnoi' medycyny, 2020. № 2. PP. 50–55.

Рукопис отримано: 30.09.20.

Прийнято: 10.10.20.

Затверджено до друку: 24.11.20.

doi: 10.33245/2310-4902-2020-160-2-50-55

Озон активно вступає в хімічну взаємодію з багатьма органічними сполуками. Озон – дуже сильний окиснювач. Він окисляє більшість елементів до вищих оксидів. У реакціях окиснення за активністю озон поступається лише фтору, його оксиду і вільним радикалам. Він утворюється з кисню, поглинаючи в цьому разі тепло, і, навпаки, під час розкладання переходить в кисень, виділяючи тепло. Основним методом отримання озону для практичних цілей є електросинтез. У промислових умовах для отримання озону використовують бар'єрний і коронний розряди. Озонатори коронного розряду дозволяють значно підвищити ефективність використання озону за рахунок зниження капітальних і експлуатаційних витрат на устаткування і здійснення процесу озонування. Дослідження показують, що озонування повітря в імпульсному режимі роботи озонатора підвищує опірність тварин до дії факторної мікрофлори. У тварин і птиці в умовах промислового виробництва часто розвиваються захворювання, спричинені факторними збудниками. Ці захворювання перебігають переважно із симптомокомплексами ураження дихальної і травної систем. В багатьох країнах світу нині проводять наукові дослідження із використанням озону, а результати цих досліджень звісно публікують в науково-метричних базах даних. Для нормального вирощування тварин, особливо молодняку, приміщення необхідно ретельно продезінфікувати. Дезінфекції підлягають всі технологічні приміщення, як в тваринництві, так і птахівництві. Експериментальним шляхом встановлено, що озон має певну бактерицидну дію (на прикладі тест-культури *E. coli*) на різних поверхнях (дерево, чашка Петрі) з урахуванням його концентрації та експозиції. Отримані результати впливу різної концентрації озону в озоноповітряній суміші, яка подається в контейнер з чашками Петрі, і часу впливу на виживаність мікроорганізмів забезпечує досить точне прогнозування результатів впливу параметрів озонування.

**Ключові слова:** озон, озонотерапія, культури мікроорганізмів, *Escherichia coli*, дезінфекція, бактерицидна дія.

**Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень.** Нині великого поширення набувають окисні методи лікування. Один із перспективних напрямів – озонотерапія. Озон має бактерицидну дію. В результаті окиснення білків і ліпідів відбувається деструкція цито-

плазматичних мембран мікроорганізмів під час впливу на них озону. Мінімальні дози озону спричиняють локальні пошкодження мембран, припиняючи процес поділу бактеріальних клітин. Більш високі дози призводять до пошкодження ряду ферментативних, транспорт-

них і рецепторних систем, що забезпечують життєдіяльність бактеріальної клітини, що призводить згодом до її загибелі в результаті ураження дихання і зростання проникності цитоплазматичної мембрани, пов'язаної з окисненням фосфоліпідів і ліпопротеїдів біологічних мембран, порушенням цілісності оболонки бактеріальних клітин [1, 5–7].

Хімічні реакції озону з неорганічними речовинами характеризуються окислювальними властивостями. Крім того, озон активно вступає в хімічну взаємодію з багатьма органічними сполуками. Озон – дуже сильний окиснювач. Він окисляє більшість елементів до вищих оксидів. У реакціях окиснення за активністю озон поступається лише фтору, його оксиду і вільним радикалам. Він утворюється з кисню, поглинаючи в цьому разі тепло, і, навпаки, під час розкладання переходить в кисень, виділяючи тепло [4, 8, 15].

Позитивні результати описані під час застосування озону в ветеринарії, особливо з урахуванням дорожнечі і дефіциту лікарських засобів [2].

У тварин і птиці в умовах промислового виробництва часто розвиваються захворювання, спричинені факторними збудниками. Ці захворювання перебігають переважно із симптомокомплексами ураження дихальної і травної систем. В багатьох країнах світу нині проводять наукові дослідження із використанням озону, а результати цих досліджень звісно публікують в науково-метричних базах даних. Враховуючи результати, які описують у літературних джерелах можна зробити висновок, що профілактичне штучне озонування повітря практично повністю усуває бронхолегеневі захворювання, в той час як в умовах звичайного повітряного середовища в 40 % випадків у тварин реєструють спонтанні пневмонії, що призводять до загибелі близько 20 % стада. Крім того, відомо, що ефективність бактерицидної дії озону підвищується за зниження температури повітря і збільшення його вологості [3, 13, 14, 16].

Також проводили дослідження на поросятах великої білої породи від народження до 2-місячного віку. Щоденне озонування повітря з концентрацією озону 0,09 мг/м<sup>3</sup> в приміщенні для поросят-сисунів приводило до зниження вмісту в ньому аміаку на 41 %, поросята краще росли і менше хворіли, а їх збереження було вище на 15 % ніж без озонування повітря. Поросята до 2-місячного віку переважали за середньодобовим приростом і довжиною тулуба своїх однолітків, які знаходилися в звичайних умовах, в середньому відповідно на 25 і 14 %. У разі двогодинної щоденної обробки свинар-

ника-маточника озонופовітряною сумішшю з концентрацією озону 0,8 мг/м<sup>3</sup> мікробна забрудненість знижувалася у 5 разів, а концентрація аміаку зменшувалася з 12,0 до 4,0 мг/м<sup>3</sup>. Озонування повітря свинарника з концентрацією озону 0,06–0,08 мг/м<sup>3</sup> протягом робочого дня (в режимі: 2 години озонування та 1 година перерви) упродовж двох місяців позитивно впливало на продуктивні показники свиней. Поросята у віці 4,5 місяця в дослідній партії мали на 24 % більшу масу тіла, ніж контрольні [9–12].

Технологія утримання сільськогосподарських тварин обов'язково включає дезінфекцію тваринницьких приміщень. Дезінфекції підлягають всі технологічні приміщення у тваринництві та птахівництві. Пошук ефективних, економічно виправданих та ефективних режимів дезінфекції є актуальним завданням сучасної ветеринарної науки [17, 18].

**Мета роботи** – вивчити бактерицидні властивості озону за використанням приладу «OZ16G» виробництва Shanghai Shining Beverage Tehnology Co., Ltd, Китай та встановити оптимальні концентрації озону з метою дезінфекції тваринницьких приміщень на основі результатів вивчення впливу озонування на культури мікроорганізмів *E. coli* в експериментальних умовах.

**Матеріал та методи дослідження.** Використовували озонатор «OZ16G» виробництва НВП Shanghai Shining Beverage Tehnology Co., Ltd, Китай. Власноруч зроблені три куби, із дерев'яних планок по периметру які обтягнуті прозорою поліетиленовою плівкою, для створення ізольованого дослідного об'єму середовища, кожен з яких розміром один метр кубічний.

Замір концентрації проводили портативним автоматичним газоаналізатором ЭЛАН-СО, який був герметично приєднаний до зроблених нами дослідних кубів.

Були використані добові культури мікроорганізмів, вирощені на звичайному поживному середовищі МПА. У кожній чашці Петрі було отримано шляхом посіву шпателем близько 200 колоній досліджуваних мікроорганізмів.

Також використали дерев'яну паличку із клітки, де утримуються вівці. Її рівномірно розділили на дві частини вздовж волокон. Одна частина слугувала контрольним зразком, а інша була використана для проведення четвертого досліді.

У першому досліді використали дві чашки Петрі із добовими культурами мікроорганізмів *E. Coli*, які помістили в куб на 5 та 25 хв за концентрації озону 5 мг/м<sup>3</sup>.

У другому досліді використали дві чашки Петрі із добовими культурами мікроорганізмів *E. Coli*, які помістили в куб на 20 та 40 хв за концентрації озону 20 мг/м<sup>3</sup>.

У третьому досліді також взяли дві чашки Петрі із добовими культурами мікроорганізмів *E. coli*, які помістили в куб на 60 та 80 хв за концентрації озону 60 мг/м<sup>3</sup>.

У четвертому досліді використали половину дерев'яної палички розділеної вздовж волокон із клітки в якій утримуються вівці. На ній за попередньої перевірки за допомогою проведених змивів виявили наявність культури мікроорганізмів *E. coli*. Її помістили в куб на 60 хв за концентрації озону 60 мг/м<sup>3</sup>.

Одна чашка Петрі із 24-годинними посівами *E. coli* та половина дерев'яної палички слугували контрольним зразком, які не підлягали обробці озоном.

**Результати дослідження.** За результатами досліджень було визначено, що концентрації озону 5 мг/м<sup>3</sup> та часу обробки 5 хвилин недостатньо для виявлення бактерицидних властивостей озону. Але за концентрації озону 5 мг/м<sup>3</sup> та часу обробки 25 хвилин було виявлено мінімальний бактерицидний вплив озону на мікроорганізми. Це було підтверджено повторним проведенням посівів досліджуваних культур мікроорганізмів на поживне середовище та виявленим менш активним їх ростом.

За концентрації озону 20 мг/м<sup>3</sup> та часу обробки 20 хвилин бактерицидні властивості проявились краще та було виявлено, що за повторних посівів із цих зразків, був виявлений гірший ріст мікроорганізмів на 40 %. А за концентрації озону 20 мг/м<sup>3</sup> та часу обробки 40 хвилин було виявлено погіршення росту мікроорганізмів на 60 %.

За концентрації озону 60 мг/м<sup>3</sup> та часу обробки 60 хвилин бактерицидні властивості

проявились краще та за повторних посівів із цих зразків був виявлений гірший ріст мікроорганізмів на 80 %. А за концентрації озону 60 мг/м<sup>3</sup> та часу обробки 80 хвилин було виявлено погіршення росту мікроорганізмів також на 80 %.

За концентрації озону 60 мг/м<sup>3</sup> та часу обробки 60 хвилин бактерицидні властивості проявились краще та було встановлено, що на дерев'яній паличці виявлена майже повна інактивація мікроорганізмів.

Тенденції підвищення бактерицидної дії за збільшення концентрації та часу обробки зберігалися.

Ефективність обробки виявилася дуже високою за низьких витрат енергії. Так, у змивах з дерев'яної палички мікрофлора після озонування була практично відсутня, загальна мікробна забрудненість знижувалася приблизно на 92 %. Дослід показав, що для приміщень більшого обсягу необхідно застосовувати більш потужний озонатор або ж кілька озонаторів аналогічної продуктивності, розміщених рівномірно всередині приміщення. Слід зазначити, що стабільний ефект від озонування можна отримати лише за регулярного використання озону. Після 2–4-кратної обробки підвищується ефективність дії озону і зберігається її стабільність.

**Обговорення.** Отримані результати показали, що між концентрацією озону, часом впливу і здатністю до виживання тест-бактерій за експозиції не менше 15–30 хвилин спостерігається практично лінійна залежність, що, ймовірно, пов'язано з активною загибеллю низькорезистентних до озону клітин (молодих і тих що знаходяться в стадії природного відмирання).

Під час використання озону у мінімальних концентраціях (5 мг/м<sup>3</sup>) інтенсивна загибель бактеріальних клітин відбувається лише

Таблиця 1 – Ефективність дії різних концентрацій озону на досліджувані культури мікроорганізмів в модельному експерименті

Матеріал що обробляли	Час обробки, хв	Концентрація озону, мг/м <sup>3</sup>	К-ть живих колоній після обробки	Ефективність, %
Колонії мікроорганізмів на МПА	5	5	200	0
Колонії мікроорганізмів на МПА	25	5	170	15
Колонії мікроорганізмів на МПА	20	20	120	40
Колонії мікроорганізмів на МПА	40	20	80	60
Колонії мікроорганізмів на МПА	60	60	40	80
Колонії мікроорганізмів на МПА	80	60	40	80
Дерев'яна паличка із тваринницького приміщення	60	60	16	92
Контроль – Колонії мікроорганізмів на МПА	-	-	200	-
Контроль – Дерев'яна паличка із тваринницького приміщення	-	-	125	-

протягом перших 20–30 хвилин. Із цього слід зробити висновок, що в захисті бактеріальної клітини від несприятливої дії озону бере участь не лише фермент каталаза, але й інші чинники, зокрема, ймовірно, безпосередньо клітинна стінка, яка у грам-позитивних мікроорганізмів переважно складається з мурамідопептидів і тейхоевих кислот, а у грам-негативних – з ліпополісахариду. Подальша інактивація бактерій відбувається інтенсивно лише за умови збільшення концентрації озону, тому що за сталої невеликої концентрації вмикаються адаптаційні процеси, які полягають в посиленні антиоксидантної системи захисту.

**Висновки.** Отримані експериментальні дані вказують на перспективність використання апарату «OZ16G» для дезінфекції тваринницьких приміщень. Встановлено оптимальні режими озонування, які були підтверджені у модельних експериментах.

Озон в концентрації 5 мг/м<sup>3</sup> за мінімальної експозиції (25 хв) інактивує в середньому 15 % кишкової палички. Під час збільшення тривалості впливу та концентрації озону кількість життєздатних бактеріальних клітин значно зменшується. Так, після 20-хвилинної обробки за концентрації 20 мг/м<sup>3</sup> загинуло 40 % клітин *Escherichia coli*. Під час впливу озону протягом 60 хвилин (60 мг/м<sup>3</sup>), 20 % клітин *Escherichia coli* зберегло свою життєздатність. Із отриманих результатів можна зробити висновок, що для кращої дії озону, потрібно збільшувати саме його концентрацію в повітрі, за оптимального часу обробки.

Озонування повітря в режимі 60 хвилин та 60 мг/м<sup>3</sup> є перспективним для практичного використання.

Встановлено залежний ефект дії озону у співвідношенні часу обробки та концентрації під час проведення модельного експерименту.

**Перспективи подальших досліджень.** Провести подальші дослідження для виявлення максимально ефективного співвідношення концентрації озону та часу дезінфекції у тваринницьких та птахівничих приміщеннях.

Накопичений досвід застосування озону дозволяє з досить високою точністю рекомендувати режими обробки для отримання задовільного результату.

Отримані результати впливу різної концентрації озону в озоні повітряній суміші, яка подається в контейнер з чашками Петрі, і часу впливу на виживаність мікроорганізмів забезпечує досить точне прогнозування результатів впливу параметрів озонування.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Шевченко А.А., Сапрунова Е.А., Денисенко Е.А. Влияние озонородной смеси на вредоносные микроорганизмы, содержащиеся в субстратах. Научный журнал КубГАУ. № 100(06). 2014. С. 1–13. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-ozonovozdushnoy-smesina-vredonosnye-mikroorganizmy-soderzhaschiesya-v-substratah/viewer>
2. Шевченко А.А., Денисенко Е.А. Дезинфекция субстратов озонородной смесью перед приготовлением биопрепаратов. Научное обозрение. М.: ООО «АПЕК 94». 2013. № 1. С. 102–106. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sposoby-sterilizatsii-produktov-rasteniievodstva-i-kormosmesey/viewer>
3. Рябов А. А. Применение комбинированной озонотерапии в комплексном лечении распространенного гнойного перитонита : автореф. дис. ... к. м. наук: 14.00.27. Москва, 2005. С. 4–22. URL: [http://www.pkfquartz.ru/data/documents/Avtoreferat\\_Ryabov.pdf](http://www.pkfquartz.ru/data/documents/Avtoreferat_Ryabov.pdf)
4. Effect of voltage waveform on dielectric barrier discharge ozone production efficiency / N. Mericam-Bourdet et al. Eur. Phys. J. Appl. Phys. 2012. № 57. P. 1–10. URL: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00795832/document>
5. Нормов Д.А., Шевченко А.А. Влияние озонородной обработки на фитопатогенную микрофлору в овощехранилище. Труды Кубанского государственного аграрного университета. Краснодар: КубГАУ. 2008. № 13. С. 208–210.
6. Попов П.А. Использование озона в птицеводческих хозяйствах для обеззараживания воздуха помещений. Вестник РУДН, серия Агротехника и животноводство. 2011. № 2. С. 57–62. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-ozona-v-ptitsevodcheskih-hozyaystvah-dlya-obezzarazhivaniya-vozduha-pomescheniy/viewer>
7. Бельх И.А., Зинченко В.Д., Высеканцев И.П. Стимулирующее действие малых доз озона на рост микроорганизмов. Институт проблем криобиологии и криомедицины НАН Украины. Проблемы криобиологии. Харьков, 2004. № 4. С. 41–45.
8. Определение чувствительности микроорганизмов к воздействию озонированного раствора и ультразвука / И.Г. Берген и др. Сибирский онкологический журнал. 2009. № 1. С. 30–31.
9. Щербатюк Т.Г. Современное состояние озонотерапии в медицине. Перспективы применения в онкологии. СТМ. 2010. № 1. С. 99–106. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennoe-sostoyanie-ozonoterapii-v-meditsinperspektivy-primeniya-v-onkologii/viewer>
10. Блага О.В., Божко І.В. Дослідження генерації озону в імпульсному бар'єрному розряді. Техн. електродинаміка. 2013. № 5. С. 85–89. URL: <http://dspace.nbuv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/100654/13-Blaga.pdf?sequence=1>
11. Яковлева Л.П. Воздействие растворенного озона на биологические свойства микобактерий туберкулеза. Вестник СВФУ. 2012. Том 9. № 4. С. 160–163. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vozdeystvie-rastvorenno-ozonana-biologicheskie-svoystva-mikobakteriy-tuberkuleza/viewer>
12. Токсическое действие озона на бактерии *Escherichia coli* / И. А. Бельх и др. Современные проблемы токсикологии. 2009. № 1. С. 48–53. URL: [http://medved.kiev.ua/web\\_journals/arhiv/toxicology/2009/1\\_2009/str48.pdf](http://medved.kiev.ua/web_journals/arhiv/toxicology/2009/1_2009/str48.pdf)
13. Бельх И.А. Токсическое действие озона на микроорганизмы *Staphylococcus aureus*, дрожжеподобные грибы *Candida albicans* и споровые формы *Bacillus*



*subtilis* / И. А. Белых и др. Современные проблемы токсикологии. 2010. № 2–3. С. 45–49.

14. Белых И. А. Влияние озонированных сред инкубирования и культивирования на кинетику роста и отмирания периодической культуры *Escherichia coli*. Актуальные проблемы медицины и биологии. 2004. № 1. С. 397–402.

15. Васильев И.Т., Марков И.Н., Мумладзе Р.Б. Антибактериальное и иммунокорректирующее действие озона при перитоните. Вестник хирургии. 1995. № 3. С. 56–60.

16. Hamelin C., Chung Y. S. Optimal conditions for mutagenesis by ozone in *Escherichia coli* K12. *Mutat. Res.* 1974. Vol. 24. No. 3. P. 271–279. Doi: [https://doi.org/10.1016/0027-5107\(74\)90175-4](https://doi.org/10.1016/0027-5107(74)90175-4)

17. Hamelin C., Chung Y. S. Characterization of mucoid mutants of *Escherichia coli* K-12 isolated after exposure to ozone. *Journal of bacteriology.* 1975. P. 19–24. Doi: <https://doi.org/10.1128/JB.122.1.19-24.1975>

18. Разумовский С.Д., Заиков Г.Е. Озон и его реакции с органическими соединениями. М.: Наука, 1974. 322 с.

### REFERENCES

1. Shevchenko, A.A., Saprunova, E.A., Denysenko, E.A. (2014). Vliyanye ozonovozdushnoi smesy na vredonosnye mykroorhanyzmy, sodержashchiesya v substratakh [Influence of ozone-air mixture on harmful microorganisms contained in substrates]. *Nauchnyi zhurnal KubHAU* [Scientific journal KubSAU]. no. 100(06), pp. 1–13. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanye-ozonovozdushnoy-smesina-vredonosnye-mikroorganizmy-soderzhaschiesya-v-substratah/viewer>

2. Shevchenko, A.A., Denysenko, E.A. (2013). Dezynfektsiya substratov ozonovozdushnoi smesiu pered pryhotovlenyem byopreparatov [Disinfection of substrates with ozone-air mixture before preparing biological products]. *Nauchnoe obozrenye* [Scientific Review]. Moscow: LLC "APEX 94", no. 1, pp. 102–106. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/sposoby-sterilizatsii-produktov-rastenievodstva-i-kormosmesey/viewer>

3. Riabov, A. A. (2005). Prymenenye kombynyrovannoi ozonoterapyi v kompleksnom lechenii rasprostranennogo hnoinoho perytonyta : avtoref. dys. : ... k.m.n. : 14.00.27. [The use of combined ozone therapy in the complex treatment of widespread purulent peritonitis: author. dis. ... Ph.D. in science: 14.00.27.] Moscow, pp. 4–22. Available at: [http://www.pkfquartz.ru/data/documents/Avtoreferat\\_Ryabov.pdf](http://www.pkfquartz.ru/data/documents/Avtoreferat_Ryabov.pdf)

4. Mericam-Bourdet, N., Kirkpatrick, M.J., Tuvache, F. (2012). Effect of voltage waveform on dielectric barrier discharge ozone production efficiency. *Eur. Phys. J. Appl. Phys.* no. 57, pp. 1–10. Available at: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00795832/document>

5. Normov, D.A. Shevchenko, A.A. (2008). Vliyanye ozonovozdushnoi obrabotky na fytopatohennuiu mykrofloru v ovoshchekhranylyshche [Influence of ozone-air treatment on phytopathogenic microflora in vegetable storage]. *Trudy Kubanskoho hosudarstvennogo ahrarnoho unyversyteta* [Proceedings of the Kuban State Agrarian University]. Krasnodar: KubSAU, no. 13, pp. 208–210.

6. Popov, P.A. (2011). Yspolzovanye ozona v ptytsevodcheskykh khoziaistvakh dlia obezrazhivaniya vozdukhа pomeshcheniy [The use of ozone in poultry farms for indoor air disinfection]. *Vestnyk RUDN, seryia Ahronomya y zhyvotnovodstvo* [RUDN Bulletin, Agronomy and Livestock Series]. no. 2, pp. 57–62. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-ozona-v-ptytsevodcheskykh-hozyaystvah-dlya-obezrazhivaniya-vozduha-pomeshcheniy/viewer>

7. Belykh, Y.A., Zynchenko, V.D., Vysekantsev, Y.P. (2004). Stymulyruyushchee deystvye malykh doz ozona na rost mykroorhanyzmov [Stimulating effect of small doses of ozone on the growth of microorganisms]. *Ynstytut problem kryobyolohyy y kryomedytsyny NAN Ukrayny* [Institute for Problems of Cryobiology and Cryomedicine of the National Academy of Sciences of Ukraine]. *Problemy kryobyolohyy* [Cryobiology problems]. Kharkiv, no. 4, pp. 41–45.

8. Berhen, Y.H., Dambaev, H.Ts., Zhdanova, O.S., Kolesnykova, Y.V., Bohoutdynova, A.V. (2009). Opredelenye chuvstvytelnosti mykroorhanyzmov k vozdeystviyu ozonyrovannogo rastvora y ultrazvuka [Determination of the sensitivity of microorganisms to the effects of ozonized solution and ultrasound]. *Sybyrskiy onkolohycheskiy zhurnal* [Siberian Journal of Oncology]. no. 1, pp. 30–31.

9. Shcherbatiuk, T.H. (2010). Sovremennoe sostoyanie ozonoterapyi v medytseye [The current state of ozone therapy in medicine]. *Perspektivy prymereniya v onkolohy* [Prospects for application in oncology]. *STM*, no. 1, pp. 99–106. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennoe-sostoyanie-ozonoterapii-v-meditsine-perspektivy-primereniya-v-onkologii/viewer>

10. Blaha, O.V., Bozhko, I.V. (2013). Doslidzhennia heneratsii ozonu v impulsnomu bariernomu rozriadi [Study of ozone generation in a pulsed barrier discharge]. *Tekhn. Elektrodynamika* [Technical electrodynamic]. no. 5, pp. 85–89. Available at: <http://dspace.nbuv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/100654/13-Blaga.pdf?sequence=1>

11. Yakovleva, L.P. (2012). Vozdeystvye rastvorennoho ozona na byolohycheskye svoystva mykobakteriy tuberkuleza [The effect of dissolved ozone on the biological properties of *Mycobacterium tuberculosis*]. *Vestnyk SVFU* [NEFU newspaper]. Vol. 9, no. 4, pp. 160–163. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/vozdeystviev-rastvorennoho-ozona-na-biologicheskie-svoystva-mikobakteriy-tuberkuleza/viewer>

12. Belykh, Y.A., Vysekantsev, Y.P., Hrek, A.M., Sakun, A.V., Marushchenko, V.V. (2009). Toksycheskoe deystvye ozona na bakteryy *Escherichia coli* [Toxic effect of ozone on *Escherichia coli* bacteria]. *Sovremennye problemy toksykolohyy* [Modern problems of toxicology]. no. 1, pp. 48–53. Available at: [http://medved.kiev.ua/web\\_journals/arhiv/toxicology/2009/1\\_2009/str48.pdf](http://medved.kiev.ua/web_journals/arhiv/toxicology/2009/1_2009/str48.pdf)

13. Belykh, Y.A., Vysekantsev, Y.P., Hrek, A.M., Sakun, A.V., Marushchenko, V.V. (2010). Toksycheskoe deystvye ozona na mykroorhanyzmy *Staphylococcus aureus*, drozhzhopodobnye hryby *Candida albicans* y sporovye formy *Bacillus subtilis* [Toxic effect of ozone on microorganisms *Staphylococcus aureus*, yeast-like fungi *Candida albicans* and spore forms of *Bacillus subtilis*]. *Sovremennye problemy toksykolohyy* [Modern problems of toxicology]. no. 2–3, pp. 45–49.

14. Belykh Y. A. (2004). Vliyanye ozonyrovannykh sred ynkubyrovaniya y kul'tyvyrovaniya na kynetyku rosta y otmyranyia peryodycheskoi kul'tury *Escherichia coli* [Influence of ozonized incubation and cultivation media on the kinetics of growth and death of a batch culture of *Escherichia coli*]. *Aktualnye problemy medyttsyny y byolohyy* [Actual problems of medicine and biology]. no. 1, pp. 397–402.

15. Vasylev, Y.T., Markov, Y.N., Mumladze, R.B. (1995). Antybakteryalnoe y ymmunokorrektuyushchee deystvye ozona pry perytonyte [Antibacterial and immunocorrective effect of ozone during peritonitis]. *Vestnyk khyrurhyy* [Bulletin of surgery]. no. 3, pp. 56–60.

16. Hamelin, C., Chung, Y. S. (1974). Optimal conditions for mutagenesis by ozone in *Escherichia coli* K12. *Mutat. Res.* Vol. 24, no. 3, pp. 271–279. Available at: [https://doi.org/10.1016/0027-5107\(74\)90175-4](https://doi.org/10.1016/0027-5107(74)90175-4)

17. Hamelin, C., Chung, Y. S. (1975). Characterization of mucoid mutants of *Escherichia coli* K-12 isolated after exposure to ozone. *Journal of bacteriology.* pp. 19–24. Available at: <https://doi.org/10.1128/JB.122.1.19-24.1975>

18. Razumovskiy, S.D., Zaykov, H.E. (1974). *Ozon u yeh reaktsiy s orhanycheskymy soedynenyamy* [Ozone and its reactions with organic compounds]. Moscow: Science, 322 p.

#### Использование озона для снижения микробной нагрузки

Савченко М.О., Ярчук Б.М., Корниенко Л.Е., Царенко Т.М., Охрименко Д. П., Янчевский И. В., Довгаль О.В., Билик С.А., Шульга П.Г., Новик О.В.

Озон активно вступает в химическое взаимодействие со многими органическими соединениями. Озон – очень сильный окислитель. Он окисляет большинство элементов в высших оксидов. В реакциях окисления по активности озон уступает только фтору, его оксиду и свободным радикалам. Он образуется из кислорода, поглощая в этом случае тепло, и, наоборот, при разложении переходит в кислород, выделяя тепло. Основным методом получения озона для практических целей является электросинтез. В промышленных условиях для получения озона используют барьерный и коронный разряды. Озонаторы коронного разряда позволяют значительно повысить эффективность использования озона за счет снижения капитальных и эксплуатационных затрат на оборудование и осуществление процесса озонирования. Исследования показывают, что озонирование воздуха в импульсном режиме работы озонатора повышает сопротивляемость животных к действию факторной микрофлоры. У животных и птицы в условиях промышленного производства часто развиваются заболевания, вызванные факторными возбудителями. Эти заболевания протекают преимущественно из симптомов поражения дыхательной и пищеварительной систем. Во многих странах мира сегодня проводят научные исследования с применением озона, а результаты этих исследований конечно публикуют в научно-метрических базах данных. Для нормального выращивания животных, особенно молодняка, помещение необходимо тщательно продезинфицировать. Дезинфекции подлежат все технологические помещения, как в животноводстве, так и птицеводстве. Экспериментальным путем установлено, что озон имеет определенное бактерицидное действие

(на примере тест-культуры *E. coli*) на различных поверхностях (дерево, чашка Петри) с учетом его концентрации и экспозиции. Полученные результаты влияния различной концентрации озона в озонозооной смеси, подаваемой в контейнер с чашками Петри, и времени воздействия на выживаемость микроорганизмов обеспечивает достаточно точное прогнозирование результатов влияния параметров озонирования.

**Ключевые слова:** озон, озонотерапия, *Escherichia coli*, дезинфекция, бактерицидное действие, культуры микроорганизмов.

#### Use of ozone for decrease of microbial load

Savcheniuk M., Yarchuk B., Korniienko L., Tsarenko T., Okhrimenko D., Yanchevskiy I., Dovhal O., Bilyk S., Shulha P., Novik O.

Ozone enters into chemical reaction with many organic compounds. Ozone is a very strong oxidant. It oxidizes most of the elements to higher oxides. In the oxidation reaction by ozone activity second only to fluorine, its oxide and free radicals. It is formed from oxygen by absorbing heat in this case, and, conversely, when the expansion goes into oxygen, giving off heat. The main method of obtaining ozone for practical purposes is electrosynthesis. In industrial conditions for using ozone and corona discharge barrier. Ozonizers corona discharge can significantly increase the efficiency of ozone by reducing capital and operating costs for the process equipment and ozonation. Research shows that ozone air ozonator pulsed mode increases the resistance of animals to the action of microorganisms factor. In animals and poultry in industrial production often develop diseases caused by pathogens factor. These diseases mainly occurring symptom of lesions of the respiratory and digestive systems. In many countries today conducted research using ozone, and the results of these studies are published in the course of scientific-metric database. For normal growing animals, especially young animals, premises should be thoroughly disinfected. Disinfection is required for all technological facilities as livestock and poultry. Experimentally found that ozone has a bactericidal effect (for example, test cultures *E. coli*) on different surfaces (wood, Petri dish) considering its concentration and exposure. The results of influence of different concentrations of ozone in ozonair mixture is fed into the container of the Petri dish, and time impact on survival of microorganisms provides a fairly accurate prediction of the results of impact parameters ozonation.

**Key words:** ozon, ozone therapy, *Escherichia coli*, disinfection.



Copyright: © Савченко М.О. та ін. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



Савченко М.О.	ID <a href="https://orcid.org/0000-0003-2306-4114">https://orcid.org/0000-0003-2306-4114</a>
Ярчук Б.М.	ID <a href="https://orcid.org/0000-0001-6146-4210">https://orcid.org/0000-0001-6146-4210</a>
Царенко Т.М.	ID <a href="https://orcid.org/0000-0003-4373-5958">https://orcid.org/0000-0003-4373-5958</a>
Білик С.А.	ID <a href="https://orcid.org/0000-0003-4590-0881">https://orcid.org/0000-0003-4590-0881</a>
Шульга П.Г.	ID <a href="https://orcid.org/0000-0003-3988-7211">https://orcid.org/0000-0003-3988-7211</a>