

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЗИНФЕКЦИИ ПОВЕРХНОСТЕЙ В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ ОЗОНА И ГИПОХЛОРИТА НАТРИЯ

А.В. ПОСПЕЛОВ¹, М.А. КОМАРОВ², Н.Г. КОРОБ³, А.Н. ХОТЬКО⁴
(¹⁻³) *Белорусский государственный технологический университет, Минск,*
(⁴) *филиал БГТУ «Белорусский государственный колледж промышленности
и строительных материалов», Минск)*

Дезинфекция поверхностей различного функционального назначения – актуальная мера для инактивации микроорганизмов и вирусов. Данная процедура используется практически повсеместно – от сооружений водоподготовки до медицинских учреждений и общественных объектов. Наиболее распространенными дезинфицирующими средствами, рекомендуемыми ВОЗ, являются хлорсодержащие вещества. Однако известно, что озон – более сильный окислитель. В данной статье представлены результаты сравнительного анализа эффективности инактивации дрожжеподобных грибов *Candida albicans*, а также грамположительных *Bacillus subtilis* и грамотрицательных бактерий *Escherichia coli*. Для исследований использовали растворы озона в воде с концентрацией 0,5–1,5 мг/л и растворы гипохлорита натрия с концентрацией активного хлора 50–150 мг/л. В качестве субстратов – стальные и полимерные пластинки. Сравнение критерия СТ при соотношении NaClO к акватированному озону при ЛД50 показывает, что наименьшая разница (~ в 100 раз) составляет при инактивации *Candida albicans*, максимальная (до 230 раз) – при инактивации *Bacillus subtilis*.

Ключевые слова: дезинфекция, сталь, полимер, микроорганизмы, инактивация.

Введение. Возникающая устойчивость микроорганизмов к существующим дезинфицирующим веществам создает необходимость поиска новых, более эффективных средств. Экологичные дезинфицирующие вещества могут представлять собой инновационные подходы к предотвращению распространения инфекций и снижению вероятности развития резистентности. Ранее было показано, что для разработки новых подходов к дезинфекции поверхностей перспективным направлением является использование водных растворов озона вместо широко распространенных хлорсодержащих реагентов [1–4]. Для обоснования данного направления необходимо подтвердить преимущества озона в сравнении с хлорсодержащими реагентами по ряду технических, экономических и экологических аспектов. Среди технических аспектов важными являются коррозионное воздействие на металлические поверхности и эффективность инактивации микроорганизмов на поверхностях. Коррозионное воздействие ранее было изучено нами для небольших концентраций активного хлора (50–150 мг/л), используемых в системах водоснабжения [5–9], и для концентраций активного хлора в растворах 2 мас.% [10; 11] для дезинфекции поверхностей различных видов стали, применяемых в пищевой промышленности, здравоохранении, местах общественного питания и др. Здесь используют растворы с высокими дозами активного хлора: 0,5–2 мас.% [12–14] и до 5 мас.%. Озон имеет много преимуществ по сравнению с хлорсодержащими растворами как с точки зрения эксплуатации технологии (синтез на месте использования [15–17], простота получения, разложение остаточного озона в течение часа¹ [18–20]), так и с точки зрения экологии – отсутствие необходимости промывки сооружений после дезинфекции и обработки отработанных растворов [21; 22].

В рамках данного этапа был проведен эксперимент по эффективности инактивации микроорганизмов различных штаммов.

Цель исследования: сравнительный анализ эффективности дезинфекции различных видов микроорганизмов на различных по природе поверхностях.

Методология исследований. В работе использованы культуры условно-патогенных и непатогенных бактерий и дрожжеподобных грибов из коллекции микроорганизмов кафедры биотехнологии БГТУ: дрожжеподобных грибов *Candida albicans*, а также грамположительных *Bacillus subtilis* и грамотрицательных бактерий *Escherichia coli*.

В исследовании в качестве дезинфицирующего средства использовалась вода с концентрацией озона 0,5; 1,0; 1,5 мг/л. Для получения водного озона использовали портативный генератор озона.

Растворы гипохлорита натрия готовились в концентрации 50, 100 и 150 мг/л по активному хлору из концентрированного раствора гипохлорита натрия (5 мас.%).

¹ Романовский В.И., Бессонова Ю.Н. Сравнительный анализ способов дезинфекции водозаборных скважин и сооружений водоснабжения // Перспективы развития и организационно-экономические проблемы управления производством: материалы междунар. науч.-техн. конф. В 2 т. / Белорус. нац. техн. ун-т. – Минск: Право и экономика, 2015. – Т 1. – С. 211–226.

В качестве материала для иммобилизации микроорганизмов использовались пластиковые и металлические пластины площадью 5 см².

Для определения концентрации озона в воде использовали методику определения остаточного озона в воде по ГОСТ 18301-72².

Эффективность инаktivации проводили по сравнению показателя ЛД50, при котором наблюдается инаktivация 50% исследуемых микроорганизмов, а также по критерию СТ.

Основная часть. Результаты по оценке эффективности водного озона против дрожжеподобных грибов *Candida albicans*, а также грамположительных *Bacillus subtilis* и грамотрицательных бактерий *Escherichia coli*, иммобилизованных на металлических и полимерных пластинах, представлены в таблицах 1–3.

Таблица 1. – Эффективность инаktivации *Candida albicans* водным раствором озона, иммобилизованных на металлических пластинах

C(O ₃), мг/л	Время обработки, с								
	0	30	60	90	0	30	60	90	
Металл				Полимер					
0,5	0,0	89,5	90,5	93,0	0	96,0	98,8	99,4	
1	0,0	91,0	92,5	94,0	0	96,2	99,4	99,6	
1,5	0,0	93,0	98,5	99,0	0	99,2	99,2	99,6	
ClO ₂ ⁻ , мг/л	Время обработки, с								
	0	30	60	90	0	30	60	90	
50	0,00	45,56	96,67	99,33	0,00	94,69	99,88	100,00	
100	0,00	92,22	99,50	100,00	0,00	99,70	100,00	100,00	
150	0,00	99,89	100,00	100,00	0,00	100,00	100,00	100,00	

Таблица 2. – Эффективность инаktivации *Bacillus subtilis* водным раствором озона, иммобилизованных на металлических пластинах

C(O ₃), мг/л	Время обработки, с								
	0	30	60	90	0	30	60	90	
Металл				Полимер					
0,5	0	98,6	98,0	98,0	0	7,5	100,0	100,0	
1	0	98,7	98,1	98,1	0	11,3	100,0	100,0	
1,5	0	98,7	98,6	98,4	0	97,5	100,0	100,0	
ClO ₂ ⁻ , мг/л	Время обработки, с								
	0	30	60	90	0	30	60	90	
50	0	11,32	75,47	98,72	0,00	7,69	25,64	51,28	
100	0	30,19	83,02	99,93	0,00	43,59	88,05	98,15	
150	0	75,47	91,13	99,95	0,00	53,85	91,28	99,95	

Таблица 3. – Эффективность инаktivации *Candida albicans* водным раствором озона, иммобилизованных на металлических пластинах

C(O ₃), мг/л	Время обработки, с								
	0	30	60	90	0	30	60	90	
Металл				Полимер					
0,5	0	99,86	99,97	99,96	0	98,6	98,0	98,0	
1	0	99,90	99,98	99,98	0	98,7	98,1	98,1	
1,5	0	99,96	99,99	99,99	0	98,7	98,6	98,4	
ClO ₂ ⁻ , мг/л	Время обработки, с								
	0	30	60	90	0	30	60	90	
50	0	11,32	75,47	98,72	0,00	7,69	25,64	51,28	
100	0	30,19	83,02	99,93	0,00	43,59	88,05	98,15	
150	0	75,47	91,13	99,95	0,00	53,85	91,28	99,95	

Из таблиц видно, что количество колониеобразующих единиц на опытных пластинах, в сравнении с контрольными образцами, снижается как для бактерий, так и для дрожжеподобных грибов вне зависимости от материала пластины. Эффективность инаktivации проводили по сравнению показателя ЛД50, при котором наблюдается инаktivация 50% исследуемых микроорганизмов. Этот показатель выбран по причине, что при использовании гипохлорита натрия не во всех случаях достигается эффективность более 90% в течение назначенного максимального времени воздействия. Значения критерия СТ при эффективности инаktivации 50%, полученные при различном времени обработки и различных дозах дезинфицирующих веществ представлены в таблице 4.

² ГОСТ 18301-72 Вода питьевая. Методы определения содержания остаточного озона. – М.: Изд-во стандартов, 2001. – 4 с.

Таблица 4. – Среднее значение критерия СТ при эффективности инактивации 50%, полученных при различном времени обработки и различных дозах дезинфицирующих веществ

Поверхность	AqO ₃	NaClO
<i>Candida albicans</i>		
Металл	0,24±0,12	28,39±4,67
Полимер	0,23±0,11	22,28±10,59
<i>Bacillus subtilis</i>		
Металл	0,22±0,11	51,47±15,43
Полимер	0,23±0,11	51,44±20,91
<i>Escherichia coli</i>		
Металл	0,22±0,11	22,92±9,73
Полимер	0,23±0,11	46,83±18,80

По результатам проведенного эксперимента водный раствор озона одинаково эффективен для инактивации дрожжеподобных грибов *Candida albicans*, грамположительных *Bacillus subtilis* и грамотрицательных бактерий *Escherichia coli* независимо от субстрата (металл или полимер). Также при использовании гипохлорита натрия не было существенной разницы в использовании различных субстратов при инактивации дрожжеподобных грибов *Candida albicans*, а также грамположительных бактерий *Bacillus subtilis*. Наиболее легко поддающимся инактивации проявили себя дрожжеподобные грибы, наиболее устойчивыми – грамположительные бактерии *Bacillus subtilis*. Существенную разницу показало влияние типа субстрата при инактивации *Escherichia coli*: на металлической пластине критерий СТ в 2,04 раза ниже, чем при инактивации на полимерной пластине.

Сравнение критерия СТ при соотношении NaClO к акватированному озону при ЛД50 показывает (рисунок), что наименьшая разница (~ в 100 раз) составляет при инактивации *Candida albicans*, максимальная (до 230 раз) – при инактивации *Bacillus subtilis*.

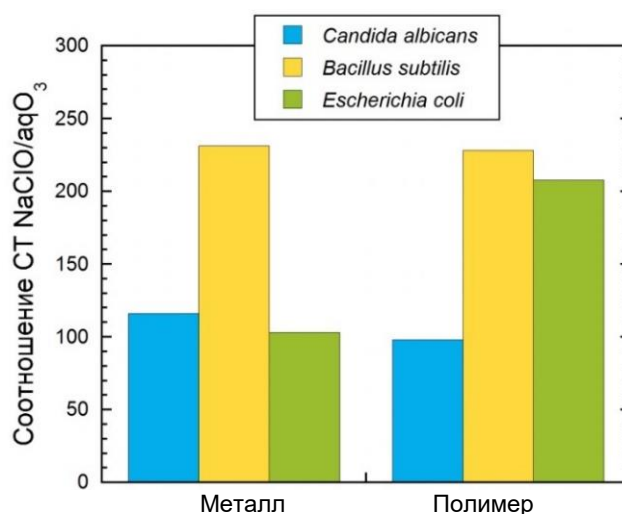


Рисунок. – Сравнение критерия СТ для акватированного озона и раствора гипохлорита натрия

Если сравнивать инактивацию различных видов микроорганизмов на поверхности в данном эксперименте с имеющимися литературными данными, можно отметить схожий порядок разности критерия СТ для гипохлорита натрия и акватированного озона. Однако в большинстве работ представлены результаты по инактивации микроорганизмов в объеме (обеззараживание), в то время как работ по исследованию инактивации микроорганизмов на поверхностях очень мало. Из опубликованных работ известно, что патогенные микроорганизмы инактивируются озоном в 15–20 раз, а споровые формы бактерий – в 300–600 раз быстрее, чем хлором [22]. Для обеззараживания 99% вирусов и микроорганизмов *Giardia* СТ показатель для озона равен 0,4 мг/(л·мин) и 0,48 мг/(л·мин) соответственно, в то время как для хлора (диоксида хлора) – 37 мг/(л·мин) (10 мг/(л·мин)) и 1 мг/(л·мин) (2,1 мг/(л·мин)) соответственно [22]. Для надежного уничтожения микроорганизмов и деактивации вирусов в воде должно присутствовать определенное минимальное количество остаточного озона, равное 0,4 мг/л, при минимальном времени воздействия 4 мин [22].

Заключение. Таким образом, по результатам, полученным после проведения исследований, можно сделать следующие выводы:

– акватированный озон как дезинфицирующее средство эффективнее раствора гипохлорита натрия в 100–230 раз в зависимости от вида микроорганизма;

- эффективность инактивации зависит от вида поверхности субстрата и вида микроорганизма;
- озон инактивирует микроорганизмы различной природы одинаково эффективно независимо от материала субстрата и вида микроорганизма;
- эффективность инактивации растворами гипохлорита натрия сильно зависит от материала субстрата и вида микроорганизма.

Работа выполнена при поддержке ГПНИ «Химические процессы, реагенты и технологии, биорегуляторы и биооргхимия», задание 2.1.02 «Сорбционные, каталитические и мембранные материалы для водоочистки и водоподготовки», НИР 5 «Физико-химические основы коррозии материалов в дезинфицирующих средах и разработка экологичных и высокоэффективных способов дезинфекции» (2021–2023 гг.).

ЛИТЕРАТУРА

1. Дезинфекция озоном водозаборных скважин и трубопроводов систем питьевого водоснабжения / В.И. Романовский, А.Д. Гуринович, Ю.Н. Чайка и др. // Тр. БГТУ. Химия и технология неорганических веществ. – 2013. – № 3(159). – С. 55–60.
2. Ozone disinfection of water intake wells and pipelines of drinking water supply systems / V.I. Romanowski, A.D. Gurinovich, Yu.N. Chaika et al. // Proceedings of BSTU. Chemistry and technology of inorganic substances. – 2013. – № 3(159). – P. 51–56.
3. Hurynovich A.D., Romanowski V.I., Wawrzyniuk P. Analiza efektywności kaskadowego generatora ozonu // *Economia i środowisko*. – 2013. – № 1(44). – S. 156–164.
4. Исследование технических характеристик турбоозонатора с высокочастотным резонансным электроионизационным генератором озона / В.И. Романовский, А.Д. Гуринович, И.Д. Куницкая и др. // *Водоочистка*. – 2014. – № 3. – С. 66–69.
5. Романовский В.И., Жилинский В.В., Бессонова Ю.Н. Сравнительный анализ коррозионной устойчивости углеродистых сталей к дезинфицирующим растворам электрохимическим методом // *Вестн. БрГТУ. Водохоз. стр-во, теплоэнергетика и геоэкология*. – 2016. – № 2(98). – С. 126–129.
6. Романовский В.И., Чайка Ю.Н. Коррозионная устойчивость углеродистых сталей к дезинфицирующим растворам // Тр. БГТУ. Химия и технология неорганических веществ. – 2014. – № 3(167). – С. 47–50.
7. Romanowski V.I., Chaika Yu.N. Carbon steels corrosion resistance to disinfectants // Proceedings of BSTU. Chemistry and technology of inorganic substances. – 2014. – № 3(167). – P. 40–43.
8. Романовский В.И., Жилинский В.В. Коррозионная устойчивость стали 15 к дезинфицирующим растворам // Тр. БГТУ. Химия и технология неорганических веществ. – 2015. – № 3(176). – С. 29–34.
9. Коррозия нержавеющей стали в дезинфицирующих растворах / А.В. Поспелов, И.В. Мацукевич, А.А. Касач и др. // *Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. Ф, Стр-во. Приклад. науки*. – 2023. – № 1(33). – С. 90–93. DOI: 10.52928/2070-1683-2023-33-1-90-93.
10. Коррозия углеродистых сталей в дезинфицирующих растворах / А.В. Поспелов, И.В. Мацукевич, А.А. Касач и др. // *Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. Ф, Стр-во. Приклад. науки*. – 2022. – № 14(32). – С. 89–93.
11. Efficacy of different concentrations of sodium hypochlorite and chlorhexidine in disinfection of contaminated Resilon cones / V. Zand, A. Salem-Milani, S. Shahi et al. // *Medicina oral, patologia oral y cirugia bucal*. – 2012. – № 17(2). – P. e352. DOI: 10.4317/medoral.17467.
12. The Disinfection Characteristics of Ebola Virus Outbreak Variants / B.W.M. Cook, T.A. Cutts, A.M. Nikiforuk et al. // *Sci. Rep.* – 2016. – № 6. – P. 38293. DOI: 10.1038/srep38293.
13. Gallandat K., Wolfe M.K., Lantagne D. Surface cleaning and disinfection: Efficacy assessment of four chlorine types using *Escherichia coli* and the Ebola surrogate Phi6 // *Environmental science & technology*. – 2017. – № 51(8). – P. 4624–4631. DOI: 10.1021/acs.est.6b06014.
14. Романовский В.И., Гуринович А.Д., Вавженюк П. Эффективность использования озона в технологии водоподготовки // *Водоочистка*. – 2014. – № 2. – С. 66–70.
15. Романовский В.И., Лихавицкий В.В., Гуринович А.Д. Исследование растворимости озона в воде по высоте столба жидкости // Тр. БГТУ. Химия и технология неорганических веществ. – 2015. – № 3(176). – С. 113–118.
16. Технические аспекты использования озона в водоподготовке / В.И. Романовский, А.Д. Гуринович, Ю.Н. Бессонова и др. // *Вода magazine*. – 2016. – № 2(102). – С. 36–41.
17. Анализ эффективности дезинфекции сооружений питьевого водоснабжения с использованием хлорсодержащих дезинфицирующих средств и озона / В.И. Романовский, М.В. Рымовская, Ю.Н. Бессонова и др. // *Вестн. БрГТУ. Водохоз. стр-во, теплоэнергетика и геоэкология*. – 2015. – № 2(92). – С. 68–71.
18. Романовский В.И., Рымовская И.В., Янь Фэн С. Сравнительный анализ эффективности дезинфекции сооружений водоснабжения дезинфицирующими растворами // *Вода magazine*. – 2015. – № 10(98). – С. 18–21.
19. Определение основных параметров дезинфекции и обеззараживания озонированием сооружений питьевого водоснабжения / В.И. Романовский, В.В. Лихавицкий, М.В. Рымовская и др. // Тр. БГТУ. Химия и технология неорганических веществ. – 2015. – № 3(176). – С. 108–112.
20. Гуринович А.Д., Романовский В.И., Бессонова Ю.Н. Эффективность дезинфекции озонированием сооружений систем водоснабжения // *Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение*. – 2016. – № 10. – С. 48–51.
21. Рымовская М.В., Романовский В.И. Воздействие отработанных растворов дезинфекции сооружений водоснабжения на почву // Тр. БГТУ. Химия и технология неорганических веществ. – 2016. – № 4(186). – С. 214–219.
22. Драгинский В.Л., Алексеева Л.П., Самойлович В.Г. Озонирование в процессах очистки воды / под ред. В.Л. Драгинского. – М.: ДеЛи принт, 2007. – 400 с.

REFERENCES

1. Romanovskii, V.I., Gurinovich, A.D., Chaika, Yu.N. & Vavzhenyuk, P. (2013). Dezinfektsiya ozonom vodozabornykh skvazhin i truboprovodov sistem pit'evogo vodosnabzheniya [Disinfection with ozone of water wells and pipelines of drinking water supply systems]. *Tr. BGTU. Khimiya i tekhnologiya neorgan. v-v* [Proceedings of BSTU. Chemistry and technology of inorganic substances], 3(159), 55–60. (In Russ., abstr. in Engl.).

2. Romanovskii, V.I., Gurinovich, A.D., Chaika, Yu.N. & Wawzhenyuk, P. (2013). Disinfection with ozone of water wells and pipelines of drinking water supply systems. *Proceedings of BSTU. Chemistry and technology of inorganic substances*, 3(159), 55–60.
3. Hurynovich, A.D., Romanowski, V.I. & Wawzhenyuk, P. (2013). Analiza efektywności kaskadowego generatoru ozonu. *Economia i środowisko*, 1(44), 156–164. (In Polish).
4. Romanovskii, V.I., Gurinovich, A.D., Kunitskaya, I.D. & Likhavitskii, V.V. (2014). Issledovanie tekhnicheskikh kharakteristik turboozonatora s vysokochastotnym rezonansnym elektroionizatsionnym generatorom ozona [Study of the technical characteristics of a turbo ozonizer with a high-frequency resonant electroionization ozone generator]. *Vodoochistka [Water treatment]*, (3), 66–69. (In Russ., abstr. in Engl.).
5. Romanovskii, V.I., Zhilinskii, V.V. & Bessonova, Yu.N. (2016). Sravnitel'nyi analiz korrozionnoi ustoichivosti uglerodistykh staley k dezinfitsiruyushchim rastvoram elektrokhimicheskim metodom [The comparative analysis of corrosion stability carbonaceous stalya to the elektrokhimicheskim disinfecting solutions by method]. *Vestn. BrGTU. Vodokhoz. str-vo, teploenergetika i geoekologiya [Bulletin of BrSTU. Water management construction, heat power engineering and geoecology]*, 2(98), 126–129. (In Russ., abstr. in Engl.).
6. Romanovskii, V.I. & Chaika, Yu.N. (2014). Korrozionnaya ustoichivost' uglerodistykh staley k dezinfitsiruyushchim rastvoram [Corrosion resistance of carbon steels to disinfectant solutions]. *Tr. BGTU. Khimiya i tekhnologiya neorgan. v-v [Proceedings of BSTU. Chemistry and technology of inorganic substances]*, 3(167), 47–50. (In Russ., abstr. in Engl.).
7. Romanovskii, V.I. & Chaika, Yu.N. (2014). Carbon steels corrosion resistance to disinfectants. *Proceedings of BSTU. Chemistry and technology of inorganic substances*, 3(167), 40–43.
8. Romanovskii, V.I. & Zhilinskii, V.V. (2015). Korrozionnaya ustoichivost' stali 15 k dezinfitsiruyushchim rastvoram [Corrosion resistance of steel 15 to disinfectant solutions]. *Tr. BGTU. Khimiya i tekhnologiya neorgan. v-v [Proceedings of BSTU. Chemistry and technology of inorganic substances]*, 3(176), 29–34. (In Russ., abstr. in Engl.).
9. Pospelov, A.V., Matsukevich, I.V., Kasach, A.A., Komarov, M.A. & Rozhko, S.N. (2023). Korroziya nerzhavnykh staley v dezinfitsiruyushchikh rastvorakh [Corrosion of stainless steels in disinfectant solutions]. *Vestn. Polotsk. gos. un-ta. Ser. F, Str-vo. Priklad. nauki [Herald of Polotsk State University. Series F, Civil engineering. Applied sciences]*, 1(33), 90–93. DOI: 10.52928/2070-1683-2023-33-1-90-93. (In Russ., abstr. in Engl.).
10. Pospelov, A.V., Matsukevich, I.V., Kasach, A.A., Komarov, M.A. & Rozhko, S.N. (2022). Korroziya uglerodistykh staley v dezinfitsiruyushchikh rastvorakh [Corrosion of carbon steels in disinfectant solutions]. *Vestn. Polotsk. gos. un-ta. Ser. F, Str-vo. Priklad. nauki [Herald of Polotsk State University. Series F, Civil engineering. Applied sciences]*, 14(32), 89–93. DOI: 10.52928/2070-1683-2022-32-14-89-93. (In Russ., abstr. in Engl.).
11. Zand, V., Salem-Milani, A., Shahi, S., Akhi, M.T. & Vazifekhah, S. (2012). Efficacy of different concentrations of sodium hypochlorite and chlorhexidine in disinfection of contaminated Resilon cones. *Medicina oral, patologia oral y cirugia bucal*, 17(2), e352. DOI: 10.4317/medoral.17467. (In Engl.).
12. Cook, B.W.M., Cutts, T.A., Nikiforuk, A.M., Leung, A., Kobasa, D. & Theriault, S.S. (2016). The Disinfection Characteristics of Ebola Virus Outbreak Variants. *Sci. Rep.*, 6, 38293. DOI: 10.1038/srep38293.
13. Gallandat, K., Wolfe, M.K. & Lantagne, D. (2017). Surface cleaning and disinfection: Efficacy assessment of four chlorine types using *Escherichia coli* and the Ebola surrogate Phi6. *Environmental science & technology*, 51(8), 4624–4631. DOI: 10.1021/acs.est.6b06014.
14. Romanovskii, V.I., Gurinovich, A.D. & Vavzhenyuk, P. (2014). Effektivnost' ispol'zovaniya ozona v tekhnologii vodopodgotovki [Efficiency of ozone use in water treatment technology]. *Vodoochistka [Water treatment]*, (2), 66–70. (In Russ., abstr. in Engl.).
15. Romanovskii, V.I., Likhavitskii, V.V. & Gurinovich, A.D. (2015). Issledovanie rastvorimosti ozona v vode po vysote stolba zhidkosti [Study of ozone solubility in water based on the height of the liquid column]. *Tr. BGTU. Khimiya i tekhnologiya neorgan. v-v [Proceedings of BSTU. Chemistry and technology of inorganic substances]*, 3(176), 113–118. (In Russ., abstr. in Engl.).
16. Romanovskii, V.I., Gurinovich, A.D., Bessonova, Yu.N. & Kryshilovich, E.V. (2016). Tekhnicheskie aspekty ispol'zovaniya ozona v vodopodgotovke [Technical aspects of the use of ozone in water treatment]. *Voda magazine [Water magazine]*, 2(102), 36–41. (In Russ., abstr. in Engl.).
17. Romanovskii, V.I., Rymovskaya, M.V., Bessonova, Yu.N., Kovalevskaya, A.M. & Likhavitskii, V.V. (2015). Analiz effektivnosti dezinfektsii sooruzhenii pit'evogo vodosnabzheniya s ispol'zovaniem khlorso-derzhashchikh dezinfitsiruyushchikh sredstv i ozona [Analysis of the effectiveness of disinfection of drinking water supply structures using chlorine-containing disinfectants and ozone]. *Vestn. BrGTU. Vodokhoz. str-vo, teploenergetika i geoekologiya [Bulletin of BrSTU. Water management construction, heat power engineering and geoecology]*, 2(92), 68–71. (In Russ., abstr. in Engl.).
18. Romanovskii, V.I., Rymovskaya, I.V. & Yan' Fen, S. (2015). Sravnitel'nyi analiz effektivnosti dezinfektsii sooruzhenii vodosnabzheniya dezinfitsiruyushchimi rastvorami [Comparative analysis of the effectiveness of disinfection of water supply facilities with disinfectant solutions]. *Voda magazine [Water magazine]*, 10(98), 18–21. (In Russ., abstr. in Engl.).
19. Romanovskii, V.I., Likhavitskii, V.V., Rymovskaya, I.V. & Gurinovich, A.D. (2015). Opredelenie osnovnykh parametrov dezinfektsii i obezrazhivaniya ozonom sooruzhenii pit'evogo vodosnabzheniya [Determination of the main parameters of disinfection and ozone disinfection of drinking water supply structures]. *Tr. BGTU. Khimiya i tekhnologiya neorgan. v-v [Proceedings of BSTU. Chemistry and technology of inorganic substances]*, 3(176), 108–112. (In Russ., abstr. in Engl.).
20. Gurinovich, A.D., Romanovskii, V.I. & Bessonova, Yu.N. (2016). Effektivnost' dezinfektsii ozonom sooruzhenii sistem vodosnabzheniya [Efficiency of ozone disinfection of water supply system structures]. *Vodoochistka. Vodopodgotovka. Vodosnabzhenie [Vodoochistka. Water treatment. Water supply]*, (10), 48–51. (In Russ., abstr. in Engl.).
21. Rymovskaya, M.V. & Romanovskii, V.I. (2016). Vozdeistvie otrabotannykh rastvorov dezinfektsii sooruzhenii vodosnabzheniya na pochvu [Impact of spent disinfection solutions of water supply structures on soil]. *Tr. BGTU. Khimiya i tekhnologiya neorgan. v-v [Proceedings of BSTU. Chemistry and technology of inorganic substances]*, 4(186), 214–219. (In Russ., abstr. in Engl.).
22. Draginskii, V.L., Alekseeva, L.P. & Samoilovich, V.G. (2007). *Ozonirovanie v protsessakh ochistki vody*. Moscow: DeLi print. (In Russ.).

Поступила 20.12.2023

**COMPARATIVE ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF SURFACE DISINFECTION
IN AQUEOUS SOLUTIONS OF OZONE AND SODIUM HYPOCHLORITE****A. POSPELOV¹⁾, M. KOMAROV²⁾, N. KOROB³⁾, A. KHOTKO⁴⁾****(¹⁻³⁾ Belarusian State Technological University, Minsk,****⁴⁾ Belarusian State College of Construction Materials Industry,
Branch of the educational institution «Belarusian State Technological University», Minsk)**

*Disinfection of surfaces for various functional purposes is an important measure for the inactivation of microorganisms and viruses. This procedure is used almost everywhere, from water treatment facilities to medical institutions and public facilities. Among the most common disinfectants recommended by WHO are chlorine-containing substances. However, ozone is known to be a stronger oxidizing agent. This paper presents the results of a comparative analysis of the effectiveness of inactivation of yeast-like fungi *Candida albicans*, as well as gram-positive *Bacillus subtilis* and gram-negative bacteria *Escherichia coli*. For research, ozone solutions in water with a concentration of 0,5–1,5 mg/l and sodium hypochlorite solutions with an active chlorine concentration of 50–150 mg/l were used. Steel and polymer plates were used as substrates. Comparison of the CT criterion for the ratio of NaClO to aquated ozone at LD50 shows that the smallest difference is about 100 times when *Candida albicans* is inactivated, and the maximum difference is up to 230 times when *Bacillus subtilis* is inactivated.*

Keywords: *disinfection, steel, polymer, microorganism, inactivation.*