

# ТОКСИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ ОЗОНА НА МИКРООРГАНИЗМЫ STAPHYLOCOCCUS AUREUS, ДРОЖЖЕПОДОБНЫЕ ГРИБЫ CANDIDA ALBICANS И СПОРОВЫЕ ФОРМЫ BACILLUS SUBTILIS

<sup>1</sup>И.А. Белых, к.биол.н., <sup>2</sup>И.П. Высеканцев, к.мед.н.,

<sup>1</sup>А.М. Грек, к.биол.н. <sup>1</sup>А.В. Сакун, к.биол.н.,

<sup>1</sup>В.В. Марущенко, к.биол.н.

<sup>1</sup> Национальный технический университет "Харьковский политехнический институт"

<sup>2</sup> Институт проблем криобиологии и криомедицины НАН Украины, г. Харьков

**РЕЗЮМЕ.** Токсичний ефект озону на мікроорганізми проявляється у двофазній його дії. У першій фазі відбувається накопичення певної дози озону в мікроорганізмах. У другій — швидка загибель мікроорганізмів за принципом "токсодоза-ефект". Токсичний ефект озону залежить від виду мікроорганізмів, середовища інкубування та режимів озонування.

Ключові слова: мікроорганізми, озон, токсичність.

**РЕЗЮМЕ.** Токсический эффект озона на микроорганизмы проявляется двумя фазами воздействия. В первой фазе происходит накопление определенной дозы озона в микроорганизмах. Во второй — быстрая гибель микроорганизмов по принципу "токсодоза-эффект". Токсический эффект озона зависит от вида микроорганизмов, среды инкубирования и режимов озонирования.

Ключевые слова: микроорганизмы, озон, токсичность.

**SUMMARY.** The toxic effect of ozone on microorganisms is manifested in twophase of its operation. In the first phase of the accumulation of ozone dose in microorganisms. In the second — rapid death of microorganisms on the principle of "toksodoza-effect". The toxic effect of ozone depends on the type of microorganisms, incubation medium and regimes ozonation.

Key words: microorganism, ozone, toxicity.

Полученные результаты по токсическому действию озона на бактерии *Escherichia coli* [1-3] являются основанием для проведения дальнейших экспериментов по изучению токсико-инактивирующего действия озона на другие таксономические группы микроорганизмов в различных растворах.

В представленной статье приведены данные по изучению токсических свойств озона по отношению к таким микроорганизмам: *Staphylococcus aureus*, дрожжеподобным грибам *Candida albicans* и споровым формам *Bacillus subtilis* [4, 7, 14].

## Материалы и методы

Для исследований использовали культуры бактерий *Staphylococcus aureus*, штамм 209, полученные из коллекции Харьковского института иммунологии, вакцин и сывороток АМН Украины. *Bacillus subtilis* ATCC 6633 и дрожжеподобные грибы *Candida albicans* ATCC 835-653 (2 последних штамма получены из коллекции АОЗТ "Здоровье").

Эксперименты с указанными микроорганизмами проводили согласно методам, подробно описанным в статье И.А. Белых и др. [3].

## Результаты и обсуждения

В первой серии экспериментов (как и для *E. coli*) исследовали жизнеспособность микроорганизмов, нанесенных на миллиметровые фильтры с последующим обезвоживанием, после выдерживания их в озono-воздушной смеси в течение различного времени при комнатной температуре. Контролем служили об-

разцы микроорганизмов, нанесенных на миллиметровые фильтры, которые инкубировали в воздушной среде.

В табл. 1 представлены результаты определения жизнеспособности микроорганизмов, выраженной как число КОЕ/мл, после инкубирования их в течение 1, 3 и 6 часов в озono-воздушной смеси с концентрацией озона 6,8 мг/л при температуре 20°C.

Таблица 1

**Жизнеспособность микроорганизмов, нанесенных на миллиметровые фильтры после инкубирования в течение различного времени в озono-воздушной смеси с концентрацией озона 6,8 мг/л при температуре 20 °С**

Микроорганизмы	Условия эксперимента	Время инкубирования организмов в озоне, час	Число КОЕ/мл, $x \pm S_x$	P
<i>Staphylococcus aureus</i>	контроль	1	$(2,3 \pm 0,3) \cdot 10^8$	—
	опыт		$(0,9 \pm 0,5) \cdot 10^8$	>0,05
	контроль	3	$(2,1 \pm 0,4) \cdot 10^7$	—
	опыт		$(4,6 \pm 0,3) \cdot 10^4$	<0,05
<i>Candida albicans</i>	контроль	6	$(6,7 \pm 0,3) \cdot 10^4$	—
	опыт		0	—
	контроль	1	$(3,4 \pm 0,3) \cdot 10^8$	—
	опыт		$(6,8 \pm 0,3) \cdot 10^7$	<0,05
<i>Candida albicans</i>	контроль	3	$(5,1 \pm 0,4) \cdot 10^7$	—
	опыт		$(2,9 \pm 0,2) \cdot 10^7$	<0,05
	контроль	6	$(1,0 \pm 0,3) \cdot 10^7$	—
	опыт		0	—

Как видно из представленных результатов, после инкубирования в газовой среде с озоном в течение первого часа жизнеспособность всех исследованных микроорганизмов снижается в среднем на порядок. Число КОЕ/мл бактерий *Staphylococcus aureus* после озонирования в озono-воздушной среде через 3 часа снижается с  $2,1 \cdot 10^7$  до  $4,6 \cdot 10^4$ . Через 6 часов бактерии *Staphylococcus aureus* погибают. Число КОЕ/мл грибов *Candida albicans* снижается через 3 часа с  $5,1 \cdot 10^7$  до  $2,9 \cdot 10^3$ . Через 6 часов клетки дрожжеподобных грибов погибают.

Подобным образом исследовали воздействие озono-воздушной смеси на указанные выше микроорганизмы, высеянные на агаризованные среды. Для бактерий *Staphylococcus aureus* в качестве среды использовали (МПА), для дрожжеподобных грибов *Candida albicans* — агар Сабуро. Образцы в чашках Петри инкубировали в озono-воздушной смеси с концентрацией озона 6,8 мг/л в течение 1, 3 и 6 часов при температуре 20 °С. После обработки озono-воздушной смесью микроорганизмы инкубировали в течение 24 часов при температуре 37 °С и 48 часов при 30 °С соответственно, далее подсчитывали число КОЕ/мл [8]. Результаты этого раздела исследований представлены в табл. 2.

Как видно из табл. 2, инкубирование микроорганизмов, высеянных на поверхность агаризованных сред в озono-воздушной смеси в течение 1 часа при указанных выше условиях не влияет на число КОЕ/мл. После инкубирования в течение 3 часов наблюдается достоверное снижение числа КОЕ/мл для бактерий *Staphylococcus aureus* в среднем в 10 раз, а для дрожжеподобных грибов *Candida albicans* — в 100 раз. После инкубирования в течение 6 часов все изучавшиеся микроорганизмы погибают.

В последующей серии экспериментов исследовали действие обработки озном указанных выше микроорганизмов в водных средах — дистиллированной воде, физиологическом растворе и питательных средах. В качестве питательных сред для бактерий *Staphylococcus aureus* использовали МПБ, для дрожжеподобных грибов *Candida albicans* — жидкую среду Сабуро. Клетки в водных средах подвергали действию

озона двумя способами. Первый способ состоял в том, что жидкие среды с высеянными в них микроорганизмами барботировали озono-кислородной смесью с концентрацией озона 6,8 мг/л при температуре 20 °С в течение 10, 20 и 60 мин, после каждого указанного временного интервала отбирали пробы и высевали их для определения количества жизнеспособных микроорганизмов. При втором способе исследования проводили барботирование жидких сред без микроорганизмов озono-кислородной смесью при тех же условиях, что и в первом способе для растворения озона в жидкости. Далее в среды с озном вносили микроорганизмы и инкубировали их при температуре 20 °С также 10, 20, 60 минут. В процессе инкубации периодически отбирали пробы и высевали для определения количества жизнеспособных клеток микроорганизмов и для

подсчета числа КОЕ/мл.

В табл. 3 представлены результаты определения жизнеспособности бактерий *Staphylococcus aureus*, суспендированных в различных жидких средах после обработки их озono-кислородной смесью путем барботирования.

Как видно из табл. 3, максимальный бактерицидный эффект проявлялся при барботировании клеток *Staphylococcus aureus* в физиологическом растворе, минимальный эффект — при барботировании в МПБ. Полная гибель бактерий наблюдалась после барботирования в течение 60 минут в дистиллированной воде и физиологическом растворе.

Аналогичные результаты были получены и в экспериментах с барботированием суспензий дрожжеподобных грибов *Candida albicans* (табл. 4) и споровых форм *Bacillus subtilis* (табл. 5)

Таблица 2

**Жизнеспособность микроорганизмов, высеянных на агаризованные среды, после инкубирования среды с микроорганизмами в течение различного времени в озono-воздушной смеси с концентрацией озона 6,8 мг/л при температуре 20 °С**

Микроорганизмы	Условия эксперимента	Время инкубирования, час	Число КОЕ/мл, $x \pm S_x$	p
<i>Staphylococcus aureus</i>	контроль	—	$(2,17 \pm 0,3) \cdot 10^6$	—
		1	$(2,12 \pm 0,3) \cdot 10^6$	>0,05
	опыт	3	$(1,08 \pm 0,2) \cdot 10^5$	>0,05
		6	0	—
<i>Candida albicans</i>	контроль	—	$(4,1 \pm 0,2) \cdot 10^6$	—
		1	$(4,1 \pm 0,2) \cdot 10^6$	<0,05
	опыт	3	$(4,3 \pm 0,5) \cdot 10^4$	<0,05
		6	0	—

Таблица 3

**Жизнеспособность бактерий *Staphylococcus aureus*, суспендированных в различных жидких средах при барботировании суспензии озono-кислородной смесью с концентрацией озона 6,8 мг/л при температуре 20 °С**

Суспензионная среда	Условия эксперимента	Время барботирования, мин.	Число КОЕ/мл, $x \pm S_x$	p
Дистиллированная вода	контроль	—	$(4,5 \pm 0,3) \cdot 10^8$	—
		10	$(3,1 \pm 0,4) \cdot 10^4$	>0,05
	опыт	20	$(5,0 \pm 0,3) \cdot 10^3$	<0,05
		60	0	—
Физиологический раствор	контроль	—	$(3,7 \pm 0,4) \cdot 10^8$	—
		10	$(2,4 \pm 0,3) \cdot 10^3$	<0,05
	опыт	20	$(12,0 \pm 4)$	<0,05
		60	0	—
МПБ	контроль	—	$(3,7 \pm 0,4) \cdot 10^8$	—
		10	$(1,5 \pm 0,3) \cdot 10^6$	<0,05
	опыт	20	$(5,4 \pm 0,4) \cdot 10^5$	<0,05
		60	$(5,8 \pm 0,3) \cdot 10^3$	<0,05

Таблица 4

**Жизнеспособность дрожжеподобных грибов *Candida albicans*, суспензированных в различных жидких средах при барботировании суспензии озono-кислородной смесью с концентрацией озона 6,8 мг/л при температуре 20 °С**

Суспензионная среда	Условия эксперимента	Время барботирования, мин.	Число КОЕ/мл, $x \pm S_x$	p
Дистиллированная вода	контроль	–	$(4,6 \pm 0,3) \cdot 10^8$	–
		10	$(3,2 \pm 0,4) \cdot 10^4$	>0,05
	опыт	20	$(5,1 \pm 0,3) \cdot 10^3$	<0,05
		60	0	–
Физиологический раствор	контроль	–	$(3,8 \pm 0,4) \cdot 10^8$	–
		10	$(2,5 \pm 0,3) \cdot 10^3$	<0,05
	опыт	20	$(12,0 \pm 4)$	<0,05
		60	0	–
Среда Сабуро	контроль	–	$(3,8 \pm 0,4) \cdot 10^8$	–
		10	$(1,6 \pm 0,3) \cdot 10^6$	<0,05
	опыт	20	$(5,5 \pm 0,4) \cdot 10^5$	<0,05
		60	$(5,9 \pm 0,3) \cdot 10^3$	<0,05

Таблица 5

**Жизнеспособность споровых форм бактерий *Bacillus subtilis* в споровой форме, суспензированных в различных жидких средах при барботировании суспензии озono-кислородной смесью с концентрацией озона 6,8 мг/л при температуре 20 °С**

Суспензионная среда	Условия эксперимента	Время барботирования, мин.	Число КОЕ/мл, $x \pm S_x$	p
Дистиллированная вода	контроль	–	$(1,7 \pm 0,3) \cdot 10^7$	–
		60	$(18,0 \pm 0,3) \cdot 10^5$	>0,05
	опыт	90	$(6,0 \pm 0,2) \cdot 10^3$	<0,05
		120	0	–
Физиологический раствор	контроль	–	$(1,2 \pm 0,4) \cdot 10^7$	–
		60	$(4,5 \pm 0,3) \cdot 10^4$	<0,05
	опыт	90	$(2,1 \pm 0,3) \cdot 10^2$	<0,05
		120	0	–
МПБ	контроль	–	$(3,1 \pm 0,5) \cdot 10^7$	–
		60	$(4,0 \pm 0,5) \cdot 10^5$	<0,05
	опыт	90	$(1,2 \pm 0,4) \cdot 10^4$	<0,05
		120	$(1,1 \pm 0,2) \cdot 10^2$	<0,05

Как и в предыдущих экспериментах с бактериями *Staphylococcus aureus*, дрожжеподобные грибы *Candida albicans* и споровые формы бактерий *Bacillus subtilis* не погибают полностью в среде МПБ после барботирования озono-кислородной смесью с концентрацией озона 6,8 мг/л при температуре 20 °С. В дистиллированной воде и в физиологическом растворе при этих условиях обработки озонem происходит полная гибель данных микроорганизмов, соответственно через 90 и 120 минут. Споровая форма *Bacillus subtilis* менее чувствительна к действию озона по сравнению с другими видами исследованных нами

вегетативных форм микроорганизмов. Для полной гибели споровой формы *Bacillus subtilis* необходимо было увеличить время обработки озono-кислородной смесью при указанных выше условиях до 120 минут.

В следующей серии экспериментов было проведено изучение влияния суспензионных сред, обработанных озонem, на жизнеспособность микроорганизмов. Физиологический раствор, дистиллированную воду, МПБ и бульон Сабуро обрабатывали озonoкислородной смесью с концентрацией озона 6,8 мг/л путём барботирования в течение 60 минут при температуре 20 °С.

После этого микроорганизмы *Staphylococcus aureus*, *Candida albicans* и *Bacillus subtilis* вносили в среды, содержащие растворенный озон.

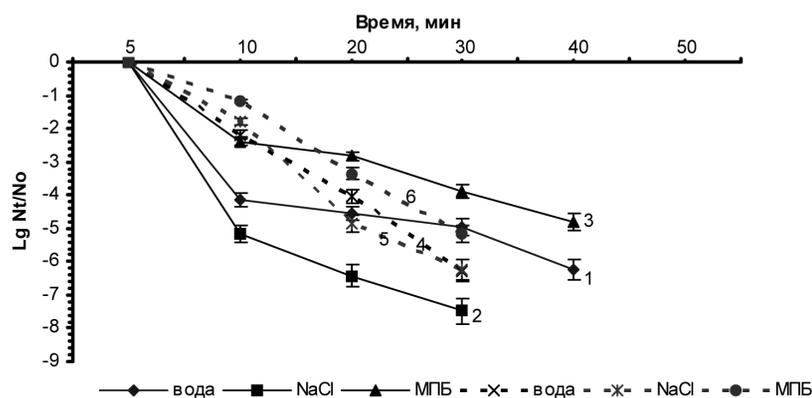
Полученные суспензии инкубировали при температуре 20°C в течение 10, 30, 60 минут (*Staphylococcus aureus*, *Candida albicans*) или 60, 90, 120 мин (споровые формы *Bacillus subtilis*) и определяли количество жизнеспособных клеток на 1 мл суспензии.

Полученные результаты представлены в табл. 6, 7, 8.

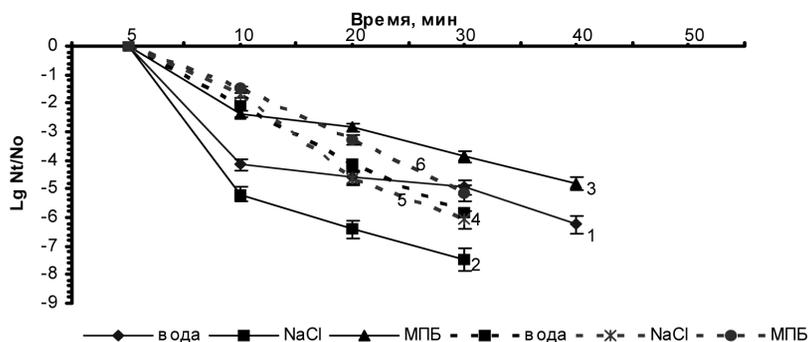
Сравнивая результаты табл. 1-5 и 6-8, видно, что в отличие от прямого барботирования озono-кислородной смесью, инкубация микроорганизмов в обработанных озонem средах не вызывает полной гибели исследуемых микроорганизмов.

Жизнеспособность микроорганизмов *Staphylococcus aureus* и *Candida albicans* в обработанных озонem дистиллированной воде и в физиологическом растворе снижается в течение 60 мин на шесть порядков. В средах МПБ и Сабуро, обработанных озонem, степень снижения жизнеспособности указанных микроорганизмов за то же время на порядок меньше. Споровые формы *Bacillus subtilis* характеризуются более высокой устойчивостью в обработанных озонem средах, по сравнению с микроорганизмами в вегетативной форме. Степень снижения жизнеспособности *Bacillus subtilis* в таких средах составляет четыре порядка при инкубации в течение 120 мин. Меньшая степень снижения жизнеспособности микроорганизмов в обработанных озонem водных средах по сравнению с прямым барботированием озono-кислородной смесью объясняется распадом растворенного озона согласно реакции:  $2O_3 \leftrightarrow 3O_2$ . Одновременно озон может расходоваться на реакции с органическими веществами в средах инкубации микроорганизмов (МПБ, среда Сабуро).

Сравнительная оценка действия озона на жизнеспособность микроорганизмов разных видов и в различных средах может быть проведена на основании анализа кинетики гибели микроорганизмов. Для такой оценки, используя измерения чисел КОЕ/мл в описанных выше экспериментах, мы построили кинетические кривые гибели микроорганизмов в виде зависимостей  $\lg N_t/N_0 = f(t)$ , где



**Рис. 1.** Кинетические кривые гибели бактерий *Staphylococcus aureus* при обработке озono-кислородной смесью. Сплошные линии – при барботировании суспензий бактерий в дистиллированной воде (1), в 0,9% растворе хлористого натрия (2) и в МПБ (3) озono-кислородной смесью с концентрацией озона 6,8 мг/л при температуре 20 °С. Пунктир – при инкубации микроорганизмов, высеянных в те же среды: дистиллированная вода (4), 0,9% раствор хлористого натрия (5) и МПБ (6), обработанные предварительно в течение 30 мин барботированием озono-кислородной смесью с концентрацией озона 6,8 мг/л при температуре 20 °С



**Рис. 2.** Кинетические кривые гибели дрожжеподобных грибов *Candida albicans* при обработке озono-кислородной смесью. Сплошные линии – при барботировании суспензий дрожжеподобных грибов в дистиллированной воде (1), в 0,9% растворе хлористого натрия (2) и в МПБ (3) озono-кислородной смесью с концентрацией озона 6,8 мг/л при температуре 20 °С. Пунктир – при инкубации дрожжеподобных грибов, высеянных в те же среды: дистиллированная вода (4), 0,9% раствор хлористого натрия (5) и МПБ (6), обработанные предварительно в течение 30 мин барботированием озono-кислородной смесью с концентрацией озона 6,8 мг/л при температуре 20 °С

$N_t$  и  $N_0$  — число КОЕ/мл после обработки и до обработки озонem, соответственно, и  $t$  — время [2, 13].

На рис. 1 — 3 представлены кинетические кривые гибели микроорганизмов *Staphylococcus aureus*, *Candida albicans* и *Bacillus subtilis* (споровая форма).

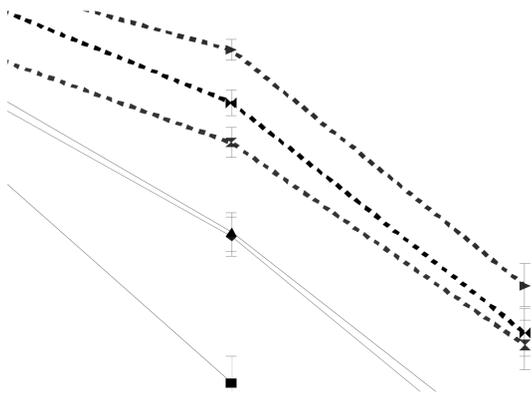
Анализируя полученные результаты, можно видеть, что выраженность бактерицидного действия озона в значительной степени зависит от среды, в которой находятся микроорганизмы. Среди исследованных в настоящей работе сред летальное

действие газообразного озона на микробные клетки более всего выражено при непосредственном контакте озона с клетками микроорганизмов, нанесенных на миллиметровые фильтры. Число КОЕ/мл в данных условиях через 3 часа контакта с газообразной озono-воздушной средой снижается на 4 порядка. Полная гибель микроорганизмов, нанесенных на миллиметровые фильтры, происходит между 3-6 часами инкубации в атмосфере, содержащей газообразный озон в концентрации 6,8 мг/л при температуре 20 °С.

При действии озона на микроорганизмы, высеянные на поверхность агаризованных сред, полная гибель микроорганизмов происходит через 6 часов. Однако темп снижения жизнеспособности микроорганизмов в процессе обработки газообразным озонem в данном случае меньше, чем в рассмотренном выше случае микроорганизмов, нанесенных на миллиметровые фильтры. Об этом свидетельствует меньший наклон кинетических кривых (рис. 1-3).

По-видимому, озон вступает во взаимодействие с компонентами питательных сред, содержащих различные органические макромолекулы (белки, аминокислоты, углеводы), а также агар-агар в коллоидном состоянии и соли. В результате концентрация озона, контактировавшего с микробными клетками, существенно снижается. Нельзя исключить и образование вокруг микробных клеток своеобразных защитных зон из компонентов ростовых сред, контактирующих с поверхностью микробных клеток. На возможность существования такого механизма указывают данные [6, 12], о снижении летального действия озона за счет органических соединений.

Наиболее выраженный эффект инактивации микроорганизмов наблюдался в серии экспериментов, в которых клетки микроорганизмов, суспендированные в жидких средах, подвергались интенсивному барботированию озонem. В таких условиях гибель вегетативных форм бактерий *Staphylococcus aureus* и дрожжеподобных грибов *Candida albicans* наблюдается уже через 10 минут, а полная гибель происходит между 20 — 60 минутой барботирования. Повреждающее влияние барботирования в суспензионных средах на споровые формы *Bacillus subtilis* менее выражено. Гибель споровых форм *Bacillus subtilis* происходит между 90-120 минутами барботирования. Эти данные несколько отличаются от цитируемых рядом авторов результатов [4, 5, 7, 9, 11], в которых гибель спор происходит через более короткое время. Однако авторы этих сообщений ссылаются на эксперименты, проведенные со спорами актиномицетов (нитчатая форма бактерий) и грибов, а, как известно [10], споры актиномицетов и грибов являются одним из этапов репродукции этих микроорганиз-



**Рис. 3.** Кинетические кривые гибели спорных форм *Bacillus subtilis* при обработке озono-кислородной смесью.

Сплошные линии — при барботировании суспензий *Bacillus subtilis* в дистиллированной воде (1), в 0,9% растворе хлористого натрия (2) и в МПБ (3) озono-кислородной смесью с концентрацией озона 6,8 мг/л при температуре 20 °С. Пунктир — при инкубации *Bacillus subtilis*, высеянных в те же среды: дистиллированная вода (4), 0,9% раствор хлористого натрия (5) и МПБ (6), обработанные предварительно в течение 30 мин барботированием озono-кислородной смесью с концентрацией озона 6,8 мг/л при температуре 20 °С

мов и существенно отличаются по устойчивости к физико-химическим факторам от эндоспор, продуцируемых спорообразующими вида-

ми бактерий. В этой серии экспериментов также было установлено, что выраженность летального действия барботирования озono-кислород-

ной смесью зависит от состава суспензионных сред. Наиболее выраженный летальный эффект наблюдается при барботировании суспензии микроорганизмов в физиологическом растворе. При барботировании суспензий микроорганизмов в дистиллированной воде количество погибших микробных клеток несколько меньше. Это видно из наклона соответствующих кинетических кривых на рис. 1-3. В МПБ и в жидкой среде Сабуро количество КОЕ/мл снижается через 60 минут (для вегетативных форм) и через 120 минут (для спорных форм) на 5 порядков, но полной гибели не происходит. По-видимому, и в этих условиях белки, аминокислоты, углеводы и другие соединения, входящие в состав МПБ и жидкой среды Сабуро, ослабляют повреждающее действие озона путем химических реакций с озonom или препятствуя контакту озона с поверхностью микробных клеток.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Белых И. А. Влияние озонированной питательной среды на кинетику роста и отмирания культуры *Escherichia coli* / И. А. Белых, И. П. Высеканцев, В. Д. Зинченко, С. В. Казанжан // Збірник наукових робіт III Української науково-практичної конференції з міжнародною участю "Місцеве та парентеральне використання озонотерапії в медицині", Харків, 2003. — С. 42.
2. Белых И. А. Влияние озонированных сред инкубирования и культивирования на кинетику роста и отмирания периодической культуры *Escherichia coli* / И. А. Белых // Актуальные проблемы медицины и биологии. -2004. — № 1. — С. 397 — 402.
3. Белых И. А. Токсическое действие озона на бактерии *Escherichia coli* / И. А. Белых, И. П. Высеканцев, А. М. Грек, А. В. Сакун, В. В. Марущенко — 2009. — № 1 — С. 48-53.
4. Гончарук В. В. Озонирование как метод подготовки питьевой воды: возможные побочные продукты и токсикологическая оценка / В. В. Гончарук, Н. Г. Потапченко, В. Ф. Вакуленко // Химия и технология воды. — 1995. — Т. 17, № 1. — С. 3 — 33.
5. Григорьева Л. Н. Гигиенические аспекты изменения свойств микробиоценозов окружающей среды при радиоактивном загрязнении / Л. Н. Григорьева, Г. Н. Корчак, Т. В. Бей, М. Ю. Антонов // Химия и технология воды. — 1995. — № 1. — С. 88-91.
6. Емельянова Г. Н. К вопросу о кинетике и механизме некоторых реакций концентрирования озона. Современные проблемы физической химии, т. 2. Вопрос о кинетике химических реакций / Г. Н. Емельянова, Б. В. Страхов. — М.: МГУ, 1968. — С. 149 — 172.
7. Кожин В. Ф. Очистка питьевой и технической воды / В. Ф. Кожин. — М.: Стройиздат, 1971. — 301 с.
8. Лабинская В. С. Микробиология с техникой микробиологических исследований // В. С. Лабинская. — М.: Медицина, 1978. — 394 с.
9. Орлов В. А. Озонирование воды / В. А. Орлов. — М.: Стройиздат, 1984. — 88 с.
10. Поздеев О. К. Медицинская микробиология / О. К. Поздеев. — М.: ГЭОТАР МЕД, 2001. — 768 с.
11. Прокопов В. А. Пути решения проблемы очистки фильтрата свалки твердых бытовых отходов г.Киева / В.А. Прокопов, Г.В. Толстопятов, Э.Д. Мактаз // Химия и технология воды. — 1995. — Т. 17, № 1. — С. 43-45.
12. Разумовский С. Д. Озон и его реакции с органическими соединениями / С. Д. Разумовский, Г. Е. Заиков. — М.: Наука, 1974. — 322 с.
13. Стейниер Р. Мир микробов / Р. Стейниер, Э. Эдельберг, Дж. Ингрэм — М.: Мир, 1979. — 486 с.
14. Achen M., Efficacy of ozone against *Escherichia coli* O157:H7 on apples / M. Achen, A. E. Yousef // J Food Sci. — 2001. — Vol. 66, № 9. — P. 1380 — 1384.

Надійшла до редакції 22.04.2010