

УДК: 616:579.253:537.5:579.695

## МІНЛИВІСТЬ ЗАЛИШКОВОЇ САНІТАРНО-ПОКАЗОВОЇ МІКРОФЛОРИ ПРИРОДНИХ ТА СТІЧНИХ ВОД ПІСЛЯ СУМІСНОЇ ОБРОБКИ ОЗОНОМ ТА ЕЛЕКТРОННИМ ПУЧКОМ

Н.І. Скляр

Державна установа «Інститут мікробіології та імунології імені І.І. Мечникова АМН України»,  
Харків, Україна

### РЕЗЮМЕ

Вивчення екологічної безпечності технології очистки води показало, що частота появи модифікацій серед представників санітарно-показової мікрофлори залежала від інтенсивності знезараження і спостерігалось в 56,7% випадків. Адаптивні зміни частіше (в 70,2% випадків) стосувались лише однієї, або двох (15,0%) ознак, що свідчить про мало виражені коливання біологічних властивостей тест-культур під впливом дії зазначених фізико-хімічних факторів. Приведені результати дослідження по визначенню можливих варіантів фенотипових змін, що відбуваються після сумісного застосування озону та електронного пучка у окремих представників санітарно-показової мікрофлори природних та стічних вод, дозволяють на даному етапі вивчення позитивно оцінити запропоновану технологію знезараження води з екологічних позицій.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** мінливість мікроорганізмів, знезараження води, озон, електронний пучок, санітарно-показові мікроорганізми

Епідеміологічна безпечність води була та залишається одним з ключових критеріїв якості життя, відповідно, забезпечення епідемічного благополуччя водних ресурсів є надзвичайно важливим аспектом державного регулювання господарських відносин та критерієм соціальної відповідальності влади.

Переважна більшість водопровідних станцій в Україні використовує воду з поверхневих джерел і застосовує хлорування з метою знебарвлення та знезараження води. Хлорування води призводить до утворення великої кількості токсичних хлорорганічних продуктів, таких як тригалогенметани, галогенкарбоніві кислоти, галогенацетонітрили, галогенкетони та ін. Багато з цих сполук виявляють мутагенну та канцерогенну активність, що несприятливо впливає на здоров'я людини [1, 2]. В умовах України ситуація ускладнюється через високий вміст та специфічний склад органічних домішок більшої частини поверхневих джерел. Вони зумовлюють високу хлороємність води, особливо в літній період, вимагають застосування підвищених доз хлору (6-10 мг/л). Внаслідок цього концентрація токсичних хлорпохідних в очищеній воді в 3-7 разів перевищує гранично допустиму. Тому розробка і впровадження альтернативних хлоруванню технологій очистки і знезараження води є надзвичайно актуальною для України [3].

За останній час намітився новий перспективний підхід до рішення задачі знезараження води. Він включає використання фізичних методів (вплив  $\gamma$ -випромінювання, електронних пучків, ультрафіолету, ультразвуку). У попередніх експериментальних дослідженнях нами показано високу ефективність сумісної дії високоенергетичного електронного

пучка та озону на санітарно-показові мікроорганізми в стічних водах [4]. Але знезараження води також може викликати водночас біологічні зміни залишкової мікрофлори, суттєво відмінні від вихідних ознак. Це несе загрозу формування, внаслідок дії фізико-хімічних факторів, популяцій бактерій з високим патогенним потенціалом. Тому всі технології знезараження води доцільно вивчати відносно можливих екологічних наслідків їх застосування за допомогою характеристики індукованих змін біологічних властивостей мікробного світу водного середовища.

Робота виконана на базі ДУ «Інститут мікробіології та імунології імені І.І. Мечникова АМН України», бактеріологічної лабораторії Міської санітарно-епідеміологічної станції м. Харкова з участю Національного наукового центру «Харківський фізико-технічний інститут» та Українського науково-дослідного інституту екологічних проблем у рамках проекту УНТЦ 1971 «Очищення води від патогенних мікроорганізмів та лікарських сполук при спільному впливу озону та високоенергетичного електронного пучка».

Тому метою дослідження було визначення частоти та характеру адаптивної мінливості залишкової санітарно-показової мікрофлори під впливом дії електронного пучка та озону в умовах різних режимів обробки проб природних та стічних вод.

### МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

У якості тест-культур використовувались референс-штами бактерій (*Staphylococcus aureus* ATCC 25923 (F-49), *Escherichia coli* ATCC 25922 (F-50), одержані з Філії Національного музею мікроорганізмів ДУ «ІМІ

імені І.І. Мечникова АМНУ», та 17 штамів бактерій, вилучених з природних та стічних вод м. Харкова, в тому числі штами *E.coli* (4 культури), *Klebsiella* spp (4 культури), *Enterobacter cloacae* (2 штами), *Citrobacter freundii* (2 штами), *Serratia marcescens* (1 штам), а також плазмокоагулюючий стафілокок – *S.aureus* (2 штами), ентерококи (*Enterococcus faecalis*, 2 штами).

Дослідження процесів знезараження води проводились на лабораторній установці, розробленій в ННЦ «Харківський фізико-технічний інститут», яка складалась з потужного випромінювача, високоенергозберігаючого озонатора та проточної і непроточної системи нового типу з іоноутворюючою камерою знезараження [4].

Фенотипові зміни мікроорганізмів оцінювали по появі тимчасових нехарактерних форм та розмірів мікробної клітини, короткочасному порушенні морфології колоній та біохімічних ознак тест-культур, які визначались згідно з «Визначником бактерій Берджи», 1997 за стандартними методиками [5].

Антилізоцимну та антиінтерферонову активність досліджували чашечним методом за наявності відстроченого антагонізму у відношенні тест-культур *Micrococcus luteus* var. *lysodeiktikus* №2665 та *Corynebacterium xerosis* №181 відповідно [6, 7]. Антикомпліментарну активність досліджуваних тест-культур визначали кінетичним методом Брудастова Ю.А. за рівнем гемолізу сенсibilізованих еритроцитів барана [8].

Чутливість мікроорганізмів до протимікробних препаратів вивчали диско-дифузійним методом Bauer-Kirby із використанням готових комерційних дисків (НИЦФ, Санкт-Петербург, Росія та OXOID Ld, England). При визначенні фагочутливості згідно з «Методическими указаниями по микробиологической диагностике заболеваний, вызываемых энтеробактериями» (Москва, 1984) крапельним методом використовували комерційні рідкі бактеріофаги виробництва «Биомед», Пермь, Росія. Для цього суспензії тест-культур дозовано засівали у поживний бульйон, підсохували у відповідних умовах упродовж 4-х годин і засівали на поверхню поживного агару. На підсушені культури наносили по краплі бактеріофаги, інкубували 24 години і проводили облік результатів. Визначення проводили кількісним методом, тому бактеріофаги двократно розводили на поживному бульйоні до титрів (1:32768). Бактеріофаги наносили на поверхні чашок по краплі у тирах від (1:2) до (1:32768), інкубували впродовж 24 годин і визначали ступінь лізису.

Синхронізація культур перед приготуван-

ням модельних зразків досягалася одноразовим впливом низької температури (4°C) упродовж 30 хвилин [9].

Досліди проводили в трьох-чотирьох повторюваннях. Результати аналізували статистично за допомогою комп'ютерних програм Microsoft Excel 2000 та «Biostat-4». Використовували параметричні критерії з визначенням середнього значення (M) і його стандартного відхилення (m). Різницю між показниками, що порівнювались, вважали статистично значимою при  $p < 0,05$ .

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Оскільки мікробіологічна оцінка біологічних ознак бактерій в зразках природних та стічних вод після дії на них в стаціонарних режимах і на протоці фізико-хімічними чинниками дала схожі результати, які статистично не відрізнялись, матеріали досліджень проаналізовані в сумарному вигляді.

Вивчення фенотипових змін залишкової мікрофлори після озонування та опромінення в різних режимах проб води показало, що застосування фізико-хімічних факторів привело до появи в 64,2% випадків модифікацій серед представників санітарно-показових бактерій. Найбільш висока адаптивна мінливість відзначена у тест-культури *S.freundii*. Питома вага модифікацій вказаних ізолятів складала 94,4% проти 55,6-61,1% у інших представників досліджуваних бактерій ( $p < 0,05$ ).

Частота появи індукованих ознак мікробів залежала від інтенсивності обробки зразків. При низьких енергетичних затратах (озонування 1 хв та опромінення в дозі 0,8 кГр) формування субпопуляцій зі зміненими окремими біологічними ознаками спостерігалось лише у 26,7% випадків, тоді як при більш інтенсивних режимах знезараження питома вага змінених варіантів санітарно-показових бактерій досягала відповідно 45,8-56,7%.

Вивчення біохімічних властивостей тест-культур до і після обробки експериментальних зразків фізико-хімічними чинниками показало, що найбільш часто утворювались під впливом озону та електронного пучка модифікації з порушенням однієї ферментативної ознаки (70,2±4,7%); двох – (14,9±3,6%); в інших випадках спостерігалось порушення трьох і більше біохімічних функцій.

Усі виявлені фенотипові зміни зникали через 1-3 пасажа культур, тобто виявились неспадкоємними. Такі явища часто відбуваються в природних середовищах. Тому при визначенні наслідків впливу вивчаємої технології важливо знати не стільки частоту появи модифікантів, як напрямок мінливості

популяції.

До сьогоднішнього дня не має універсальної тест-системи, яка могла б виявити всі основні типи генетичних ушкоджень. Загальним для них є виявлення адаптивних змін, що можуть привести до збільшення персистентного потенціалу у мікроорганізмів (антилізоцимна, антиінтерференова, антикомпліментарна та ін. активності), або сприяти появі нових властивостей, завдяки яким мікробні популяції стають більш стійкими у зовнішньому середовищі (чутливість до протимікробних препаратів, бактеріофагів).

У якості тест-об'єктів дослідження були взяті представники санітарно-показової мікрофлори з діаметрально протилежною здатністю протистояти фізико-хімічним чинникам. В проведених 24 експериментах встано-

влено, що найбільш чутливими і однозначними по кількісній характеристиці до сумісної дії опромінення та озонування виявилися штами кишкової палички (*E.coli* ATCC 25922, *E.coli* B №116), стафілокока (*S.aureus* ATCC 25923), а з підвищеною стійкістю були визначені тест-культури клебсієли (*K.pneumonia* №32, №159, *K.oxytosa* №180) та ентерокока (*E.faecalis* №183).

Як видно з таблиці 1, обробка проб води в режимах, при яких представники ентеробактерій, стафілококів, ентерококів виживають, спричиняє в окремих випадках (3,0-9,0%) до появи модифікацій з вищезгаданими ознаками. При цьому формування таких варіантів спостерігалось, як правило, при застосуванні більш високих енергетичних режимів.

Таблиця 1

**Частота виявлення модифікацій мікроорганізмів за антилізоцимною, антикомпліментарною та антиінтерференовою ознакам при різних режимах знезараження води (% , M±m)**

Тест-культура	Режими обробки	з них виявлені модифікації за окремими ознаками		
		антилізоцимний	антикомпліментарний	антиінтерференовий
<i>K.pneumonia</i> №32, 159	№1	0	0	0
	№2	0	0	0
	№3	0	6,0±1,0	3,0±0,5
<i>E.coli</i> ATCC 25922, №116	№1	0	0	0
	№2	3,0±0,5	0	0
	№3	3,0±0,5	6,0±1,0	0
<i>S.aureus</i> ATCC 25923	№1	0	0	0
	№2	0	0	0
	№3	6,0±1,0	9,0±1,0	0
<i>E.faecalis</i> №183	№1	0	0	0
	№2	0	0	0
	№3	0	3,0±0,5	0

№1 – режим обробки: 1 хвилина озонування (15мг/л O<sub>3</sub>) і опромінення 0,8 кГр;  
 №2 – режим обробки: 2 хвилини озонування (15мг/л O<sub>3</sub>) і опромінення 1,6 кГр;  
 №3 – режим обробки: 4 хвилини озонування (15мг/л O<sub>3</sub>) і опромінення 3,2 кГр.

До персистуючих ознак (тобто здатності виживати у зовнішньому середовищі) слід віднести також чутливість санітарно-показових бактерій до відповідних бактеріофагів. Збільшення питомої ваги фагорезистентних субпопуляцій може сприяти накопиченню бактерій і привести до порушення екологіч-

ної рівноваги багатокомпонентних асоціацій, що входять до складу мікрофлори води.

Представлені в таблиці 2 дані свідчать про те, що озонування та опромінення не позначається на лізабельних властивостях взятих в досліді тест-культур.

Таблиця 2

**Зміна чутливості до специфічних бактеріофагів штампів *S.aureus* ATCC 25923 та *E.coli* ATCC 25922 після обробки озоном (15 мг/л) упродовж 2 хвилин та електронним пучком (1,6 кГр).**

Штами мікроорганізмів	Характеристика лізису	Максимальні титри, в яких виявлено різні види лізису тест-культур після			
		контроль	озонування	опромінення	озонування та опромінення
<i>S.aureus</i> ATCC 25923	CL	1:32-1:64	1:64-1:128	1:64-1:128	1:64
	SCL	1:512	1:512	1:512	1:512
	+++	1:2048-1:4096	1:2048	1:2048-1:4096	1:2048
	++	1:16384	1:8192	1:16384	1:8192
	+	1:32768	1:16384	1:32768	1:16384
<i>E.coli</i> ATCC 25922	CL	1:64	1:128	1:64	1:64
	SCL	1:256	1:512	1:256	1:256
	+++	1:512	1:1024-1:2048	1:512-1:1024	1:512
	++	1:4096	1:8192	1:4096	1:4096
	+	1:16384	1:32768	1:8192	1:8192

CL – зливний лізис; SCL – напівзливний лізис; +++ – окремі негативні колонії в кількості >20;  
 ++ – негативні колонії в кількості 10-20; + – негативні колонії в кількості до 10;

Одержані результати свідчать, що дана технологія знезараження води хоча і підвищує в окремих випадках антилізоцимну, антикомпліментарну та протиінтерферонову активність тест-культур, проте вона не викликає, в якості адаптивних реакцій, формування мікробних популяцій з підвищеним персистуючим потенціалом.

При оцінці можливих слідових реакцій з боку мікрофлори водоймищ після застосування технології знезараження необхідно знати як змінюється чутливість санітарно-показових бактерій до протимікробних засобів. Це пов'язано з тим, що проблема формування резистентних популяцій патогенних та умовно-патогенних бактерій до антибіотиків набула повсюдно виняткового значення. Як відомо, утворення стійких мікробних угруповань може бути обумовлене не тільки широким застосуванням протимікробних препаратів, але й дією неспецифічних факторів.

В досліді були взяті представники ентеробактерій (*K.pneumonia* №№ 32, 159; *K.oxytoca* №180; *E.coli* №№ 3, 158, «В» № 116; *S.freundii* № 15; *S.marcescens* № 184), штами стафілокока (*S.aureus* ATCC 25923) та

ентерокока (*E.faecalis* № 158).

Як видно з таблиці 3, під впливом дії озону (2-4 хвилини) разом з електронним пучком (1,6-3,2 кГр) чутливість взятих в досліді штамів ентеробактерій змінювалася з однаковою частотою (34,8-43,5%) при обох режимах обробки води. Одержані результати дозволили визначити тенденцію появи наведених фізико-хімічними чинниками ознак стосовно індукованих реакцій у тест-бактерій відносно антибіотиків. Вони виявилися в усіх випадках однозначними і характеризувалися статистично достовірним підвищенням чутливості ентеробактерій до протимікробних препаратів.

Ентерококи також часто (56,3±7,2%) змінювали чутливість до антибіотиків після обробки фізико-хімічними чинниками лабораторних зразків (табл. 4). Як видно з приведенного матеріалу, підвищення чутливості тест-культур до антибіотиків під впливом озону та електронного пучка спостерігалось навіть в окремих випадках, коли вихідна мікробна культура була повністю резистентна до протимікробного агента.

Таблиця 3

**Чутливість ентеробактерій до протимікробних препаратів після озонування та опромінення їх електронним пучком (n, M±m)**

Режими обробки	Кількість дослідів	Із них виявлені зміни чутливості	В тому числі чутливість до антибіотиків достовірно (p≤0,05) збільшилася (+) чи зменшилася (-)													
			КАН		АМП		ГЕН		РІФ		ЛЕВ		СТР		ОФЛ	
			+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
№ 2	69	43,5±5,9	5	0	7	0	9	0	0	0	3	0	6	0	0	0
№ 3	69	34,8±5,7	4	0	5	0	6	0	0	0	4	0	2	0	3	0

№2 – режим обробки: 2 хвилини озонування (15мг/л O<sub>3</sub>) і опромінення 1,6 кГр;

№3 – режим обробки: 4 хвилини озонування (15мг/л O<sub>3</sub>) і опромінення 3,2 кГр.

КАН – канаміцин; АМП – ампіцилін; ГЕН – гентаміцин; РІФ – рифампіцин; ЛЕВ – левоміцетин; СТР – стрептоміцин;

ОФЛ – офлоксацин

Таблиця 4

**Зміна чутливості до протимікробних препаратів штаму *E.faecalis* №158 після одночасної обробки озonom (15 мг/л) та електронним пучком (мм, M±m)**

Протимікробні препарати	Контроль	Режими обробки			
		№2		№3	
		діаметри зон затримки росту	p (в порів. з контр.)	діаметри зон затримки росту	p (в порів. з контр.)
Ампіцилін	0	10,3±0,58	>0,0001	10,3±0,58	>0,0001
Левоміцетин	14,7±0,58	15,7±0,58	0,1	18,3±0,58	0,001
Тетрациклін	14,7±0,58	19,7±0,58	0,0004	20,3±0,58	0,0002
Гентаміцин	9,7±0,58	10,7±0,58	0,1	10,7±0,58	0,1
Кларитроміцин	17,7±0,58	22,3±0,58	0,0004	22,3±0,58	0,0004
Норфлоксацин	12,7±0,58	13,3±0,58	0,2	13,3±0,58	0,2
Офлоксацин	9,3±0,58	11,7±0,58	0,1	12,3±0,58	0,1
Цефаклор	12,7±0,58	12,7±0,58	1,0	12,3±0,58	0,6
Цефтріаксон	0	0	0	0	0
Цефепім	0	0	0	0	0

№2 – режим обробки: 2 хвилини озонування (15мг/л O<sub>3</sub>) і опромінення 1,6 кГр;

№3 – режим обробки: 4 хвилини озонування (15мг/л O<sub>3</sub>) і опромінення 3,2 кГр.

В інших дослідіх зони затримки росту ентерококу збільшувалась в середньому в 1,6 рази проти контрольних значень (p<0,01), що свідчить про суттєве індуковане зниження захисних механізмів досліджуваної субпопуляції.

Якщо представники ентеробактерій і ентерококів після озонування та опромінення реагували підвищенням чутливості до антибіотиків, то реакція стафілокової тест-культури в подібних дослідіх була неоднозначною. На частоту виникнення модифіка-

цій одного мікроба не впливали вибрані режими обробки води. Питома вага змінених по чутливості до антибіотиків варіантів складала при однохвилинному озонуванні та опроміненні ( $36,0 \pm 6,1$ ); двохвилинній та чотирьоххвилинній обробці зразків води – відповідно ( $25,0 \pm 5,6$ ) – ( $30,0 \pm 5,9$ )%.

Під впливом фізико-хімічних факторів утворювались два види модифікацій стафілокока. Серед 53 змінених ізолятів 48 ( $90,6 \pm 4,0$ %) відзначалися більш високою чутливістю до окремих антибіотиків, решта модифікантів, навпаки, проявляла вищу резистентність порівняно з вихідними тест-культурами.

До інших особливостей адаптивних змін стафілококів слід віднести менш виражені у них відмінності, порівняно з ентерококом, в коливаннях антибіотикочутливості у тест-культур до і після застосування озону та електронного пучка. Так, середні значення зон затримки росту тест-культур були більшими або меншими порівняно з незміненими варіантами стафілокока всього в 1,1 рази. Незважаючи на вказані особливості реагування стафілокока на дію фізико-хімічних чинників, основна тенденція формування більш чутливих до антибіотиків модифікантів спостерігалася і для даної тест-культури.

Адаптивні зміни біологічних властивостей мікроорганізмів під впливом зовнішніх індукуючих чинників привертають увагу насамперед тим, що вони можуть привести до збільшення патогенного потенціалу біооб'єктів [10]. Тому вибір об'єктів дослідження мутагенного впливу електронного пучка та озону проводили за наступними критеріями: біооб'єкти повинні належати до умовно-патогенних бактерій, які можуть після дії індукуючих чинників підвищувати (або знижувати) вірулентні властивості; проявляти високу чутливість до опромінення та озонування; характеризуватися широким спектром біологічних ознак, мінливість яких пов'язана з різними фенотипо- та генотиповими порушеннями. Переліченим критеріям найбільш відповідали представники санітарно-показової мікрофлори.

Характер мінливості бактерій в значній мірі залежить від природи мутагена. Дія електронного пучка та озону на динаміку синтезу ДНК клітин прокаріотів та еукаріотів експериментально доведена [11, 12]. Припускають, що в залежності від енергетичних затрат вказані фактори можуть визвати відносно генетичного апарату пошкоджуючий або лише дезадаптуючий ефект. Це має не тільки загально-біологічне значення, але й представляє проблему можливого порушення екологічних взаємовідносин серед різних бактерій,

які можуть, внаслідок появи популяцій з підвищеними вірулентними властивостями, сприяти розвитку негативних процесів у формуванні мікробних ценозів і опосередковано впливати на стан здоров'я людей. Тому, крім питань очищення води від біооб'єктів необхідно знати і біотронні ефекти електронного пучка та озону.

Дезінфекція під впливом високо енергетичного електронного пучка відбувається за рахунок іонізуючої енергії прискорених електронів. При опроміненні в дозі 25 кГр протягом кількох секунд відбуваються летальні пошкодження ДНК будь якого біологічного об'єкта. Цей ефект вже більш 50 років використовується в технологіях стерилізації медичних матеріалів та обладнання, що вважаються достатньо ефективними, швидкими та економічними. Однак для знезараження води в умовах муніципального водопостачання застосування таких енергетичних режимів неприйнятно з економічної точки зору. Тим не менш, як показано, використання електронного пучка меншої потужності в водному середовищі супроводжуються ефектом радіолізу води з утворенням гідратованих електронів з власним бактерицидним потенціалом, що, за певних умов, здатен забезпечити необхідний рівень мікробної деконтамінації.

При застосованій технології короткочасного озонування та опромінення води на мікробні клітини сумісно діють фізичні і хімічні фактори: гідратовані електрони та важкі радикали ( $H^+_{ад}$ ,  $OH^-_{ад}$ ,  $H_2$ ,  $H_2O_2$ ). Досліджувана технологія обеззаражування води базується на короткочасній обробці середовища вкрай малостійкими чинниками при яких вірогідність розвитку процесів мутагенезу вкрай мало ймовірна.

## ВИСНОВКИ

Частота утворення модифікацій серед представників санітарно-показової мікрофлори залежала від інтенсивності знезараження: при опроміненні 0,4 кГр і озонуванні продовж 1 хв (концентрація озону – 15 мг/л) проб води питома вага змінених варіантів знаходилась в межах 26,7%, а при дії електронного пучка в дозі 1,6 кГр та двоххвилинному окисленні – 56,7%.

Вивчення мінливості властивостей тест-культур, які визначають їх персистентний потенціал, показало, що під впливом озону та електронного пучка такі важливі ознаки для заселення субпопуляціями біологічних ніш людей як протидія факторам захисту (лізоциму, інтерферону, компліменту) появлялися у модифікантів лише в окремих випадках.

Встановлено, що обробка проб води за допомогою електронного пучка та озону в зазначених режимах сприяє формуванню популяції санітарно-показової мікрофлори з підвищеною чутливістю до протимікробних засобів і не впливає на рівень фаголізабельності штамів до відповідних фагів.

Приведені результати дослідження по визначенню можливих варіантів змін, що відбуваються після сумісного застосування озону та електронного пучка у окремих пред-

ставників санітарно-показової мікрофлори природних та стічних вод, дозволяють на даному етапі вивчення позитивно оцінити запропоновану технологію знезараження води з екологічних позицій. Але зважаючи на те, що мікрофлора природних та стічних вод складається не лише з санітарно-показової мікрофлори, доцільно продовжити вивчення впливу вказаних фізико-хімічних чинників на індигенних представників даних еконіш.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Оцінка канцерогенного ризику для здоров'я населення від споживання хлорованої питної води [Електронний ресурс] / Наказ від 21.10.2005 № 545 МОЗ України «Про затвердження методичних вказівок «Оцінка канцерогенного ризику для здоров'я населення від споживання хлорованої питної води»» – Режим доступу: <http://www.uazakon.com/document/fpart36/idx36384.htm>.
2. Chlorination Disinfection By-Products and Risk of Congenital Anomalies in England and Wales / Nieuwenhuijsen M., Toledano M., Bennett J., et al [Електронний ресурс] // Environ. Health Perspect. - 2008. - Vol.116. - № 2. - P.216-222. – Режим доступу до журналу: [www.ehjournal.net/content/7/1/23](http://www.ehjournal.net/content/7/1/23)
3. Про стан водопостачання та якість питної води, що подається населенню України [Електронний ресурс] / Рішення від 18.05.2004 № 24 Колегії Державного Комітету України з питань житлово-комунального господарства. – Режим доступу: <http://uazakon.com/document/fpart71/idx71883.htm>
4. Бабич Є.М., Хірна Т.В., Скляр Н.І., ін. // Буковинський мед. вісник. - 2007. - № 3, Т.11. - С.111-114.
5. Частная медицинская микробиология с техникой микробиологических исследований. / Уч. пособие под ред. А.С. Лабинской, Л.П. Блинковой, А.С. Ещиной. -М.: Медицина, 2005. - 600 с.
6. Бухарин О.В., Усвяцов Б.Я., Малышкин А.П. // Журн. микробиол., эпидемиол. и иммунобиол. - 1984. - №2. - С. 27-28.
7. Соколов В.Ю. Антиинтерфероновая активность микроорганизмов // Персистенция бактерий / Под ред. О.В. Сухарина. -М.: Медицина; Екатеринбург: УрО РАН, 1990. - С. 83-93.
8. Брудастов Ю.А. Определение антикомплементарной активности бактерий по кинетике иммунного гемолиза [Електронний ресурс] // Вестник ОГУ. - 2005. - №12. - С.51-54. - Режим доступу до журналу: [http://vestnik.osu.ru/2005\\_12/10.pdf](http://vestnik.osu.ru/2005_12/10.pdf)
9. Баснакьян И.А. Культивирование микроорганизмов с заданными свойствами. -М.: Медицина, 1992. - С. 29-59.
10. Effects of Wastewater Disinfection on Waterborne Bacteria and Viruses / Blatchley E., Gong W.L., Alleman J. et al [Електронний ресурс] // Water Environment Research. - 2007. - Vol.79, № 1. - P.81-92. - Режим доступу до журналу: <http://www.ingentaconnect.com/content/wef/wer/2007/00000079/00000001/art00010>
11. Ried A, Mielcke J, Wieland A, et al // Water science and technology. - 2007. - Vol. 55. - P.253-258.
12. Martin D.I., Margaritescu I., Cirstea E., et al // Vacuum. - 2005. - Vol. 77, Issue 4. - P. 501-506.

## ИЗМЕНЧИВОСТЬ ОСТАТОЧНОЙ САНИТАРНО-ПОКАЗАТЕЛЬНОЙ МИКРОФЛОРЫ ПРИРОДНЫХ И СТОЧНЫХ ВОД ПОСЛЕ СОВМЕСТНОЙ ОБРАБОТКИ ОЗОНОМ И ЭЛЕКТРОННЫМ ПУЧКОМ

*Н.И. Скляр*

Государственное учреждение «Институт микробиологии и иммунологии имени И.И. Мечникова АМН Украины», Харьков, Украина

## РЕЗЮМЕ

Изучение экологической безопасности технологии очистки воды показало, что частота появления модификаций среди представителей санитарно-показательной микрофлоры зависела от интенсивности обеззараживания и наблюдалась в 56,7% случаев. Адаптивные изменения чаще (в 70,2% случаев) касались лишь одного, либо двух (15,0%) признаков, что свидетельствует о мало выраженных колебаниях биологических свойств тест-культур под влиянием действия указанных физико-химических факторов. Представленные результаты исследования по изучению возможных вариантов фенотипических изменений, которые происходят после совместного применения озона и электронного пучка у отдельных представителей санитарно-показательной микрофлоры природных и сточных вод, позволяют на данном этапе изучения положительно оценить предложенную технологию обеззараживания воды с экологических позиций.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** изменчивость микроорганизмов, обеззараживание воды, озон, электронный пучок, санитарно-показательные микроорганизмы

## CHANGEABILITY OF THE RESIDUAL SANITARY-INDICATIVE MICROFLORA OF NATURAL WATER AND SEWAGES AFTER BEAM-OZONE COMBINED PROCESSING

*N.I. Sklyar*

State establishment «I.I. Mechnykov Institute of Microbiology and Immunology of the Academy of Medical Science of Ukraine», Kharkov, Ukraine

### SUMMARY

The ecologically safe technique of the water purification have indicated the following. The frequency of appearance of modifications among representatives of the sanitary-indicative microflora depends on the intensity of disinfection, and it was detected in 56.7% of the tests. As regards the adaptive changes, mostly just one or two features were subjected to them (they were registered in 70.2% and 15.0% of the tests, respectively). Thus, the given physical and chemical agents induce just slight alterations in test cultures' biological properties. The results obtained at the given stage of detecting the possible phenotypic changes in individual representatives of the sanitary-model microflora in natural water and sewages induced by the beam-ozone combined processing permit us to state that the presented technique of the water disinfection does not injure ecology of the environment.

**KEY WORDS:** changeability of microorganisms, disinfection of water, ozone, electron beam, sanitary-indicative microorganism

УДК: 612.35.014.3/4

## ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЙ УЛЬТРАСТРУКТУРЫ КЛЕТОК ПЕЧЕНИ ПОСЛЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОКОАГУЛЯЦИИ И УЛЬТРАЗВУКА В ЭКСПЕРИМЕНТЕ

*Е.Д. Хворостов, Н.В. Черкова*

Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина, Украина

### РЕЗЮМЕ

В эксперименте на 84 кроликах-самцах породы Шиншилла массой 3-3,5 кг электронномикроскопическим методом изучались репаративные процессы в паренхиме ткани печени при воздействии электрокоагуляции и ультразвука на 1, 3, 7, 14 и 30 сутки после операции. Животные оперированы под внутривенным тиопенталовым наркозом. После срединной лапаротомии им производилась холецистэктомия с применением электрокоагуляционного воздействия (1 группа) и ультразвукового воздействия (2 группа). Контрольную группу составили 6 кроликов, которым оперативное вмешательство не производилось. Установлено, что глубина и степень выраженности дистрофического процесса меньше при ультразвуковом воздействии, чем электрокоагуляции.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** печень, ультразвуковое воздействие, электрокоагуляционное воздействие

Для улучшения результатов хирургического лечения больных все шире используются новые, прогрессивные технологии. Особое место среди них занимают физические способы диссекции и коагуляции [4, 5, 6]. В частности применение ультразвука. Биологические свойства ультразвука обусловлены выраженным бактерицидным и бактериостатическим действием на различные микроорганизмы [1, 2, 4, 6].

Большинство клиницистов в настоящее время, анализируя результаты лапароскопической холецистэктомии, уделяют внимание интра- и послеоперационным осложнениям, которые наблюдаются у 0,6-5,2% оперированных и диапазон этих осложнений весьма широк [1, 3].

Работа выполнена в соответствии с комплексной научно-исследовательской работой

кафедры хирургических болезней медицинского факультета Харьковского национального университета имени В.Н. Каразина «Разработка малоинвазивных оперативных вмешательств в лечении больных желчнокаменной болезнью, язвенной болезнью желудка и двенадцатиперстной кишки».

В последнее время большое внимание в литературе уделяется изучению морфологических изменений ткани печени в зоне операции и течении репаративных процессов. Однако, единого мнения нет. Различия во взглядах касаются и глубины зон повреждения, и выраженности воспалительных изменений, и формирования демаркации нежизнеспособных тканей, сроков заживления и др.

Нами не найдено работ, посвященных исследованию репаративных процессов в ткани