

# АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ТРАНСПОРТНОЇ МЕДИЦИНИ:

навколишнє середовище; професійне здоров'я; патологія

## НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ

Засновники: Український науково-дослідний інститут медицини транспорту Міністерства охорони здоров'я України та Фізико-хімічний інститут ім. О.В.Богатського Національної Академії наук України



№ 2 (80), 2025 г.

Заснований у серпні 2005 р.

**Журнал є офіційним виданням Українського наукового товариства патофізіологів**

Головний редактор	д.м.н. А.І.Гоженко	The editor-in-chief	A.I.Gozhenko
Науковий редактор	д.б.н. О.Г.Пихтєєва	The scientific editor	E.G.Pykhtieieva
Відповідальний секретар	к.б.н. Д.В.Большой	The responsible secretary	D.V.Bolshoy

### Редакційна колегія

PhD П.Бартік (Словачія), PhD Н.С.Бадюк (Україна), д.м.н. Є.П.Белобров (Україна), PhD Е.А.Бормусова (Ізраїль), д.м.н. Р.С.Вастьянов (Україна), д.м.н. Л.І.Власик (Україна), д.м.н., чл.-кор. НАМНУ М.Р.Гжеготський (Україна), акад. НАМНУ, д.б.н. М.Я. Головенко (Україна), д.м.н. В.С.Гойдик (Україна), д.м.н. О.В.Горша (Україна), д.м.н. В.Жуков (Польща), д.м.н. С.В.Зябліцев (Україна), д.м.н. Л.А.Ковалевська (Україна), д.м.н., чл.-кор. НАМНУ М.О.Колісник (Україна), д.м.н. М.О. Клименко (Україна), д.б.н. І.А.Кравченко (Україна), д.м.н. Б.А.Насібуллін (Україна), д.м.н. Б.В.Панов (Україна), д.б.н. О.Г.Пихтєєва (Україна), д.м.н., чл.-кор. НАМНУ М.Г.Проданчук (Україна), д.м.н., М.С.Регада (Україна), д.м.н., д.м.н. Р.Мускієта (Польща), д.м.н. А.Рзаєва (Азербайджан), д.м.н. І.В.Савицький (Україна), д.м.н. І.В.Сергета (Україна), д.м.н., акад. НАМНУ А.М. Сердюк (Україна), д.м.н. Д.Г.Ставрев (Болгарія), д.м.н. О.М.Стоянов (Україна), д.м.н. К.О.Талалаєв, д.б.н. Третьякова О.В., д.м.н. К.Ш.Шайсултанов (Казакстан), д.м.н. К.О.Шаріпов (Казакстан), PhD К.Л.Шафран (Великобританія), д.м.н. О.М.Шевченко (Україна), д.м.н. В.В.Шухтін (Україна), д.м.н., акад. НАМНУ О.П.Яворовський (Україна)

### Editorial board

P.Bartik (Slovakia), N.S.Baduk (Ukraine), Ye.P.Belobrov (Ukraine), E.A. Bormusova (Israel), R.S.Vastyanov (Ukraine), L.I.Vlasik (Ukraine), M.R.Gzhegotzsky (Ukraine), N.Ya.Golovenko (Ukraine), V.S.Gojdyk (Ukraine), O.V.Gorsha (Ukraine), V.Zhukov (Poland), S.V.Ziablitsev (Ukraine), L.A.Kovalevskaya (Ukraine), M.O.Kolosnyk (Ukraine), M.A.Klymenko (Ukraine), I.A.Kravchenko (Ukraine), B.A.Nasibullin (Ukraine), B.V.Panov (Ukraine), E.G.Pykhtieieva (Ukraine), N.G.Prodanchuk (Ukraine), M.S.Regeda (Ukraine), R.Muszkieta (Poland), A.Rzayeva (Azerbaijan), I.V.Savytskyi (Ukraine), V.Sergeta (Ukraine), A.M.Serdyuk (Ukraine), D.G.Stavrev (Bulgaria), O.M.Stoyanov (Ukraine), K.O.Talalaev (Ukraine), E.V.Tretyakova (Ukraine), K.Sh.Shaisultanov (Kazakhstan), K.O.Sharipov (Kazakhstan), K.L.Shafran (Great Britain), Shevchenko O.M. (Ukraine), V.V.Shukhtin (Ukraine), O.P.Yavorovsky (Ukraine)

### Адреса редакції:

вул. Канатна, 92, 65039, м. Одеса, Україна  
Тел.: +380-50-988-98-94, +380-48-753-18-04  
E-mail: med\_trans@ukr.net

### The address of editorial office:

Kanatnaya str., 92, 65039, Odessa, Ukraine  
Phone: +380-50-988-98-94, +380-48-753-18-04  
E-mail: med\_trans@ukr.net

Журнал зареєстрований Держкомітетом по телебаченню та радіомовленню України  
31 травня 2005 р. Свідоцтво: серія KB № 9901  
ISSN 1818-9385 (print.), ISSN 1818-9393 (online)

The Journal is registered by the State Committee on TV and broadcasting of Ukraine  
May 31, 2005. The certificate: series KB № 9901  
ISSN 1818-9385 (print.), ISSN 1818-9393 (online)

Рукописи не повертаються авторам. Відповідальність за достовірність та інтерпретацію даних несуть автори статей. Редакція залишає за собою право скорочувати матеріали по узгодженню з автором.

Manuscripts are not returned to the authors. Authors bear all responsibilities for correctness and reliability of the presented data. Edition retains the right to reduce the size of the materials in agreement with the author.

Журнал внесений до переліку видань, у яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт з біології та медицини (Категорія «Б», наказ міністра науки і освіти України № 886 від 02.07.2020)  
Журнал зареєстрований в міжнародній наукометричній базі Copernicus (Польща)

Роботи, що представлені в цьому номері, рекомендовані до друку Редакційною колегією журналу після сліпого рецензування

Періодичність — 4 рази на рік  
Передплатний індекс 95316  
Адреси електронної версії:

<http://aptm.com.ua/>; <http://www.medtrans.com.ua/>; [http://www.nbu.gov.ua/portal/Chem\\_Biol/Aptm/texts.html](http://www.nbu.gov.ua/portal/Chem_Biol/Aptm/texts.html)

© Науковий журнал „Актуальні проблеми транспортної медицини”, 2005 р.

Підписано до друку 15.06.2025 р. Гарнітура Pragmatica. Формат 64x90 / 8. Друк офсетний. Ум. печ. лист. 15,2.  
Надруковано з готового макету в друкарні "ART-V". м. Одеса, вул. Комітетська, 24А.

# ACTUAL PROBLEMS OF TRANSPORT MEDICINE:

**environment; occupational health; pathology**

## SCIENTIFIC JOURNAL

Founders: Ukrainian Research Institute of Transport Medicine of the Ministry of Health of Ukraine and O.V. Bogatsky Institute of Physics and Chemistry of the National Academy of Sciences of Ukraine



№ 2 (80), 2025 г.

Заснований у серпні 2005 р.

<b>Зміст:</b>		<b>Content:</b>
<b>Оглядові статті</b>	<b>7</b>	<b>Review Articles</b>
НАУКОВО-ПРАКТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ГОСТРОГО НЕКРОТИЧНОГО ПАНКРЕАТИТУ В СУЧАСНІЙ УКРАЇНСЬКІЙ МЕДИЦИНІ (огляд літератури) — <i>Коротя М.В.</i>	7	SCIENTIFIC AND PRACTICAL RESEARCH OF ACUTE NECROTIC PANCREATITIS IN MODERN UKRAINIAN MEDICINE (review) — <i>Korotia M.V.</i>
СУЧАСНІ УЯВЛЕННЯ ПРО БІОЛОГІЧНУ АКТИВНІСТЬ ПРОДУКТІВ З БУРИХ ВОДОРОСТЕЙ — <i>Насібуллін Б.А., Гушча С.Г., Волянська В.С., Добреля Н.В.</i>	16	MODERN CONCEPTS OF BIOLOGICAL ACTIVITY OF BROWN ALGAE PRODUCTS — <i>Nasibullin B.A., Gushcha S.G., Volyanska V.S., Dobrelya N.V.</i>
ПАТОФІЗІОЛОГІЧНІ МЕХАНІЗМИ РОЗВИТКУ ДИСВІТАМІНОЗІВ І МІКРОЕЛЕМЕНТОЗІВ ПРИ КОМОРБІДНОСТІ ЦУКРОВОГО ДІАБЕТУ ТА ТУБЕРКУЛЬОЗУ ЛЕГЕНЬ: РОЛЬ ЗАПАЛЬНИХ ПРОЦЕСІВ ТА ОКСИДАТИВНОГО СТРЕСУ У ПАТОГЕНЕЗІ УСКЛАДНЕНЬ — <i>Кремінська І.Б., Заяць Л.М., Макойда І. Я., Матлюк М.П.</i>	27	PATHOPHYSIOLOGICAL MECHANISMS OF THE DEVELOPMENT OF VITAMIN AND MICROELEMENT DEFICIENCIES IN THE COMORBIDITY OF DIABETES AND TUBERCULOSIS: THE ROLE OF INFLAMMATORY PROCESSES AND OXIDATIVE STRESS IN THE PATHOGENESIS OF COMPLICATIONS — <i>Kreminska I.B., Zaiats L.M., Makoida I.Ya., Matliuk M.P.</i>
<b>Клінічні аспекти медицини транспорту</b>	<b>38</b>	<b>Clinical Aspects of Transport Medicine</b>
ВПЛИВ МЕТАБОЛІЧНОГО СИНДРОМУ ТА ЙОГО КОМПОНЕНТІВ НА АГРЕСИВНІСТЬ РАКУ ПЕРЕДМІХУРОВОЇ ЗАЛОЗИ — <i>Налбандян Т., Антонян І.М.</i>	38	THE INFLUENCE OF METABOLIC SYNDROME AND ITS COMPONENTS ON THE AGGRESSIVENESS OF PROSTATE CANCER — <i>Nalbandyan T., Antonyan I.M.</i>
ПОКАЗНИКИ СИГНАЛЬНИХ ПЕПТИДІВ ЗАПАЛЕННЯ НИЗЬКОЇ ГРАДАЦІЇ У ПАЦІЄНТОК З ЕНДОМЕТРІОЗОМ ЯЄЧНИКІВ ТА БЕЗПЛІДДЯМ — <i>Бігун Р.В., Генік Н.І., Островська О.М., Римарчук М.І., Левицький І.В., Перхулін О.М., Кишакевич І.Т.</i>	46	DATA ON SIGNAL PEPTIDES OF LOW-GRADE INFLAMMATION IN PATIENTS WITH OVARIAN ENDOMETRIOSIS AND INFERTILITY — <i>Bihun R.V., Henyk N.I., Ostrovska O.M., Rymarchuk M.I., Levytskyi I.V., Perkhulyn O.M., Kyshakevych I.T.</i>
АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ІМУННОЇ ВІДПОВІДІ НА РІЗНІ ТИПИ ПАТОГЕНІВ У ПАЦІЄНТІВ З НЕСПЕЦИФІЧНОЮ ПНЕВМОНІЄЮ ТА ХОЗЛ УСІХ СТАДІЙ — <i>Коляда О.М., Мінухін В.В., Меркулова Н.Ф., Граділь Г.І., Аттіков В.Є.</i>	54	ANALYSIS OF THE IMMUNE RESPONSE PECULIARITIES TO DIFFERENT TYPES OF PATHOGENS IN PATIENTS WITH NON-SPECIFIC PNEUMONIA AND CHRONIC OBSTRUCTIVE PULMONARY DISEASES OF ALL STAGES — <i>Kolyada O.M., Minukhin V.V., Merkulova N.F., Gradil G.I., Attikov V.E.</i>

<b>Зміст:</b>		<b>Content:</b>
ЛІКУВАЛЬНА ТАКТИКА У ПАЦІЄНТІВ З ПОШКОДЖЕННЯМИ МОНТЕДЖІ — <i>Лоскутов О.Є., Доманський А.М.</i>	<b>62</b>	TREATMENT TACTICS IN PATIENTS WITH MONTAGE DAMAGES — <i>Loskutov O.E., Domansky A.M.</i>
ОСОБЛИВОСТІ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ НИРОК ПРИ ПЕРИТОНІТІ — <i>Саєнсус М.А., Федорук О.С.</i>	<b>69</b>	FEATURES OF THE FUNCTIONAL STATE OF THE KIDNEYS IN PERITONITIS 69 <i>Saiensus M.A., Fedoruk O.S</i>
<b>Гігієна та профілактична медицина</b>	<b>72</b>	<b>Hygiene and Preventive Medicine</b>
ГЕТЕРОТРОФНІ МІКРООРГАНІЗМИ У СИСТЕМАХ РОЗПОДІЛУ ПИТНОЇ ВОДИ — <i>Горошков О.В., Мокієнко А.В., Солтик С. М., Дубовик С. Л., Садовий К.К., Красікова Д.Р.</i>	<b>72</b>	HETEROTROPHIC MICROORGANISMS IN DRINKING WATER DISTRIBUTION SYSTEMS — <i>Horoshkov O.V., Mokienko A.V., Soltyk S.M., Dubovyk S. L., Sadoviy K.K., Krasikova D.R.</i>
СТИГМЕРГІЯ БАКТЕРІЙ В ПРОБЛЕМІ ДЕЗІНФЕКТОЛОГІЧНОЇ ПРОФІЛАКТИКИ ІНФЕКЦІЙ, ПОВ'ЯЗАНИХ З НАДАННЯМ МЕДИЧНОЇ ДОПОМОГИ — <i>Морозова Н.С., Марієвський В.Ф., Лях С.І., Коробкова І.В., Головчак Г.С., Попов О.О.</i>	<b>80</b>	BACTERIAL STIGMERGY IN THE PROBLEM OF DISINFECTOLOGICAL PROPHYLAXIS OF INFECTIONS ASSOCIATED WITH THE PROVISION OF MEDICAL CARE — <i>Morozova N.S., Marievsky V.F., Lyakh S.I., Korobkova I.V., Golovchak G.S., Popov O.O.</i>
ОЦІНКА ПОТЕНЦІЙНИХ РИЗИКІВ ХЛОПРЕЗИСТЕНТНИХ БАКТЕРІЙ (CRB) У ПИТНІЙ ВОДІ — <i>Ігнат'єв О.М., Мокієнко А.В., Солтик С. М., Квасницька О.Б., Садовий К.К., Красікова Д.Р.</i>	<b>85</b>	ASSESSMENT OF POTENTIAL RISKS OF CHLORINE-RESISTANT BACTERIA (CRB) IN DRINKING WATER — <i>Ignatyev O.M., Mokienko A.V., Soltyk S.M., Kvasnytska O.B., Sadoviy K.K., Krasikova D.R.</i>
ОЦІНКА ПІДЗЕМНИХ ДЖЕРЕЛ ЗА ДОПОМОГОЮ ІНДЕКСУ ЯКОСТІ ВОДИ — <i>Бабієнко В.В., Валькевич Д.В., Красікова Д.Р.</i>	<b>93</b>	ASSESSMENT OF GROUNDWATER SOURCES USING THE WATER QUALITY INDEX — <i>Babienko V.V., Valkevich D.V., Krasikova D.R.</i>
<b>Експериментальні дослідження</b>	<b>100</b>	<b>The Experimental Researches</b>
ВПЛИВ ХЛОРИДУ АЛЮМІНІЮ НА СТАН ЗУБІВ І КІСТОК ЩУРІВ В УМОВАХ СПОЖИВАННЯ ВИСОКОСАХАРОЗНОЇ ДІЄТИ — <i>Стрижак С.В., Кириленко Н.А., Макаренко О.А.</i>	<b>100</b>	THE INFLUENCE OF ALUMINUM CHLORIDE ON THE CONDITION OF TEETH AND BONES OF RATS CONSUMING A HIGH SUGAR DIET — <i>Stryzhak S.V., Kyrylenko N.A., Makarenko O.A.</i>
ПОРІВНЯЛЬНИЙ ВПЛИВ ЧЕРЕПНО-МОЗКОВОЇ ТРАВМИ, ТУПОЇ ТРАВМИ ЖИВОТА ТА СКЕЛЕТНОЇ ТРАВМИ НА ІНТЕНСИВНІСТЬ ПРОЦЕСІВ ПЕРОКСИДНОГО ОКИСНЕННЯ ЛІПІДІВ У ЛЕГЕНЯХ В ЕКСПЕРИМЕНТІ — <i>Левчук Р.Д.</i>	<b>109</b>	COMPARATIVE INFLUENCE OF TRAUMATIC BRAIN INJURY, BLUNT ABDOMINAL TRAUMA AND SKELETAL TRAUMA ON THE INTENSITY OF LIPID PEROXIDATION PROCESSES IN LUNGS IN THE EXPERIMENT — <i>Levchuk R.D</i>
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА КОРЕКЦІЯ РЕЗОРБЦІЇ КІСТКОВОЇ ТКАНИНИ У ЩУРІВ НА ТЛІ ТРИВАЛОГО ВВЕДЕННЯ ПРЕДНІЗОЛОНУ — <i>Макаренко О. А., Долгушин О. О.</i>	<b>117</b>	EXPEREMENTAL CORRECTION OF BONE TISSUE RESORPTION IN RATS WITH LONG-TERM ADMINISTRATION OF PREDNISOLONE — <i>Makarenko O.A., Dolgushyn O.O.</i>

<b>Зміст:</b>		<b>Content:</b>
ДОСЛІДЖЕННЯ РІВНЯ ДЕЯКИХ ЦИТОКІНІВ У ПЛАЗМІ КРОВІ МОРСЬКИХ СВИНОК ЗА УМОВ ФОРМУВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО АЛЕРГІЙНОГО АЛЬВЕОЛІТУ АСОЦІЙОВАНОГО З ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЮ ПНЕВМОНІЄЮ ТА ЇХ ФАРМАКОЛОГІЧНА КОРЕКЦІЯ — <i>Іванків О.Л., Регеда М.С., Дячок І.Л.</i>	124	INVESTIGATION OF THE LEVEL OF SOME CYTOKINES IN PIG BLOOD SERUM UNDER CONDITIONS OF EXPERIMENTAL ALLERGIC ALVEOLITIS ASSOCIATED WITH EXPERIMENTAL PNEUMONIA AND ITS FARMACOLOGICAL CORRECTION — <i>Ivankiv O.L., Regeda M.S., Diachok I.L.</i>
АНТИУЛЬЦЕРОГЕННА ЕФЕКТИВНІСТЬ КВЕРТУЛІНУ ТА ПРОПОКСАЗЕПАМУ У СЛИЗОВІЙ ОБОЛОНЦІ ШЛУНКУ ЩУРІВ В УМОВАХ ІНТОКСИКАЦІЇ ПЕРХЛОРАТОМ КАЛІЮ — <i>Макаренко О. А., Молодан Ю.О.</i>	131	ANTIULCEROGENIC EFFICACY OF QUERTULIN AND PROPOXAZEPAM IN THE GASTRIC MUCOSA OF RATS UNDER CONDITIONS OF POTASSIUM PERCHLORATE INTOXIC — <i>Makarenko O.A., Molodan Yu. O.</i>
ВІКОВІ ОСОБЛИВОСТІ ЛІМФОЦИТІВ У ЩУРІВ В УМОВАХ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО МОДЕЛЮВАННЯ МЕТАБОЛІЧНОГО СИНДРОМУ — <i>Кузьміна І.Ю., Кузьміна О.О.</i>	140	LYMPHOCYTES AGE-RELATED FEATURES IN RATS IN CONDITIONS OF METABOLIC SYNDROME EXPERIMENTAL MODELING — <i>Kuzmina I.Yu., Kuzmina O.O.</i>
СТРУКТУРНО-ФУНКЦІОНАЛЬНИЙ СТАН СІМ'ЯНИХ ЗАЛОЗ У ДИНАМІЦІ ХРОНІЧНОГО ІМУННОГО ЗАПАЛЕННЯ — <i>Залюбовська О. І., Тюпка Т. І., Березнякова О. І., Мінаєва А. О., Авідзба Ю. Н., Карабут Л. В.</i>	145	STRUCTURAL AND FUNCTIONAL STATE OF THE SEMINAL GLANDS IN THE DYNAMICS OF CHRONIC IMMUNE INFLAMMATION — <i>Zalyubovska O.I., Tiupka T.I., Berezniakova M.E., Minaieva A.O., Avidzba Y. N., Karabut L. V.</i>
ДИНАМІКА КЛІТИННОГО СКЛАДУ ЦЕНТРА ВОГНИЩА ВТОРИННО ХРОНІЧНОГО КАРАГІНАНОВОГО ЗАПАЛЕННЯ НА ТЛІ БЛОКАДИ СУБСТАНЦІЇ P — <i>Шевченко О. М., Сич В.О., Шевченко О.О.</i>	151	DYNAMICS OF THE CELLULAR COMPOSITION IN THE CENTER OF A SECONDARY CHRONIC CARRAGEENAN-INDUCED INFLAMMATORY FOCUS UNDER SUBSTANCE P BLOCKADE — <i>Shevchenko O. M., Sych V.O., Shevchenko O.O.</i>
УЧАСТЬ МЕТАБОЛІЧНИХ РЕАКЦІЙ У ФОРМУВАННІ СТРУКТУРНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ЗАГОЄННЯ ОПІКОВИХ РАН — <i>Чулак Ю. Л., Чулак О. Л.</i>	158	PARTICIPATION OF METABOLIC REACTIONS IN THE FORMATION OF STRUCTURAL FEATURES OF BURN WOUND HEALING — <i>Chulak Yu. L., Chulak O.L.</i>
<b>Питання психофізіології</b>	<b>162</b>	<b>The Psychophysiology Questions</b>
ПРИНЦИПИ МЕДИКО-ПСИХОЛОГІЧНОЇ ДОПОМОГИ ОСОБАМ, ЩО ПОСТРАЖДАЛИ ВНАСЛІДОК ВІЙНИ — <i>Пилипенко Д.Г., Мякішев О.Є., Опря Є.В.</i>	162	PRINCIPLES OF MEDICAL AND PSYCHOLOGICAL ASSISTANCE TO PERSONS AFFECTED BY WAR — <i>Pylypenko D.G., Myakishev O.E., Oprya Ye.V.</i>
РОЛЬ МНЕМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ В ЗАБЕЗПЕЧЕННІ ОПТИМАЛЬНОЇ ОПЕРАТОРСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ -- <i>Дегтяренко-Мельник Т.В.</i>	171	THE ROLE OF MNEMONIC PROCESSES IN OPTIMAL OPERATING ACTIVITY ENSURING -- <i>Degtyarenko-Melnyk T.V.</i>
<b>Правила для авторів</b>	<b>182</b>	<b>Rules for authors</b>

## СТИГМЕРГІЯ БАКТЕРІЙ В ПРОБЛЕМІ ДЕЗІНФЕКТОЛОГІЧНОЇ ПРОФІЛАКТИКИ ІНФЕКЦІЙ, ПОВ'ЯЗАНИХ З НАДАННЯМ МЕДИЧНОЇ ДОПОМОГИ

*Морозова Н.С., Марієвський В.Ф., Лях С.І., Коробкова І.В.,  
Головчак Г.С., Попов О.О.*

*Харківський національний медичний університет,  
ДУ «Інститут епідеміології та інфекційних хвороб  
ім. Л.В. Громашевського» НАМН України*

## BACTERIAL STIGMERGY IN THE PROBLEM OF DISINFECTOLOGICAL PROPHYLAXIS OF INFECTIONS ASSOCIATED WITH THE PROVISION OF MEDICAL CARE

*Morozova N.S., Marievsky V.F., Lyakh S.I., Korobkova I.V.,  
Golovchak G.S., Popov O.O.*

*Kharkiv National Medical University,  
State Institution "Institute of Epidemiology and Infectious Diseases named after  
L.V. Gromashevsky" NAMS of Ukraine*

### Summary/Резюме

The article highlights the current problems of disinfection prevention of infections associated with the provision of medical care (HACIP), caused by the adaptive properties of pathogens that are able to survive for a long time in the hospital environment and maintain endemic foci of infection. The issues of the need to revise (clarify) existing ideas about modern technologies of disinfection prevention are discussed.

**Keywords:** *stigmergy, pathogen, adaptation, disinfection, prevention.*

У статті висвітлюються сучасні проблеми дезінфектологічної профілактики інфекцій, пов'язаних з наданням медичної допомоги (ІПНМД), зумовлені адаптаційними властивостями збудників, здатних тривалий час виживати в довіллі стаціонарів і підтримувати ендемічні осередки інфікування. Обговорюються питання потреби в перегляді (уточненні) існуючих уявлень щодо сучасних технологій дезінфектологічної профілактики.

**Ключові слова:** *стигмергія, збудник, адаптація, дезінфектологія, профілактика.*

Неспецифічна профілактика (тобто дезінфекція та стерилізація) інфекцій, пов'язаних з наданням медичної допомоги (ІПНМД), посідає важливе місце в боротьбі з такими інфекціями, тому що спрямована на блокування шляхів передачі та на усунення (знищення) збудників у зовнішньому середовищі.

Необхідність у посиленні уваги до дезінфектологічних аспектів проблеми профілактики ІПНМД обумовлена об'єктивно існуючими труднощами в бо-

ротьбі з ними. Передусім це визначається адаптаційними можливостями збудника, що дозволяють йому тривало персистувати, тобто виживати в зовнішньому середовищі стаціонару.

Здатність до персистування збудників проявляється та стає небезпечною не лише саме як факт «виживання» мікробів у довіллі, але насамперед – збереженням ними небезпечних властивостей таких як вірулентність, інвазійність, тобто збереження властивостей інфекц-

ійного патогена.

Швидкісне реагування бактерій у відповідь на зміни в оточуючому довкіллі, що сприяє їхньому виживанню, розглядається в наш час як стигмергічна самоорганізація бактеріальних спільнот. Бактеріальна стигмергія – це організуючий принцип багатоклітинної колективної поведінки бактерій. [1]

Для того, щоби протистояти екологічним небезпекам, які змінюються, бактерії застосовують широкий діапазон кооперативних стратегій. Наприклад, вони змінюють просторову організацію в присутності антибіотиків. [2]

Існують природні механізми захисту мікроорганізмів, збереження ними патогенності збудника, тобто здатності спричиняти хворобу у інфікованого. До таких явищ відносяться молекулярні механізми, що визначають «соціальну (суспільну) поведінку» бактеріальної спільноти.

До ряду абіотичних факторів, які надають особливий вплив на чисельність і склад мікробної популяції збудників ІПНМД, відносяться фізичні та хімічні дезінфікуючі агенти. Внаслідок такого впливу відбувається розщеплення однорідної популяції на фенотипічні варіанти, що відрізняються за морфологічними, фізіологічними та біохімічними властивостями, здатними регулювати свої поведінкові реакції в різних умовах проживання. [3, 4] Бактерії практично всіх видів характеризуються функціональною спеціалізацією клітин і представляють цим клітинам ряд переваг «соціуму», таких як підвищена стійкість до антибіотиків, дезінфікуючих засобів, ультрафіолетового випромінювання, тощо.

Видається ймовірним виживання певних кількостей патогенних мікроорганізмів після впливу дезінфікуючих засобів. Такі мікроби, «що пережили» дезінфекцію, можуть на якийсь період часу залишитися у стані «спокою». Подібні мікробні клітини є особливими життєздатними формами, що зберігають здатність до активізації (реверсії) та розмноження.

Ця обставина ставить перед дезінфектологією завдання – необхідність обґрунтування та розробки методології профілактики розповсюдження збудників ІПНМД, які перебувають в різних адаптаційних формах.

Стратегічними процесами підтримки життєздатності та захисту бактерій від небажаних для них факторів зовнішнього довкілля, зокрема дезінфікуючих засобів, антисептиків, стає перехід бактерій у різноманітні адаптаційні форми, що не виявляються загальноприйнятими рутинними лабораторними методами, тому що не можуть утворювати повноцінну культуру, проте зберігають здібність до активізації (реверсії) та розмноження.

Як приклад можна навести деякі адаптаційні форми.

#### *Некультивовані форми мікроорганізмів*

Серед збудників госпітальних інфекцій значне місце займають грам-негативні мікроорганізми, що можуть переходити до особливого стану *VBNC* (*viable-but-nonculturable* – життєздатний, але некультивований). Загальними для них клінічними властивостями є природна стійкість до багатьох антибіотиків, висока резистентність до дезінфікуючих засобів і розповсюдження в стаціонарах від пацієнта до пацієнта, часто за допомогою рук медичного персоналу та медичного обладнання. [5] Практично всі дослідники підкреслюють, що при ІПНМД, етіологічним фактором яких є некультивовані бактерії, до факторів ризику належать, наприклад, тривала катетеризація судин, зондове харчування (живлення), гемодіаліз, штучна вентиляція легенів. Поміж мікроорганізмів з вираженими адаптаційними можливостями, дякуючи яким вони здатні тривало виживати в штучно створених умовах лікарняного довкілля, найбільше клінічно значущими є представники декількох родів: *Pseudomonas*, *Acinetobacter*, *Stenotrophomonas*. [6, 7, 8, 9, 10] Важливою загальною ознакою некультивованих бактерій є вірулентність і стійкість до широкого кола антибактеріальних засобів.

### Біоплівки

Одна зі стратегій виживання бактерій в довкіллі – це розвиток біоплівкових спільнот. Біоплівка – це мікробна спільнота, що складається з клітин, щільно прикріплених до субстрату, поверхні, або одна до одної, замкнених у матрицю позаклітинних полімерних субстанцій, які продукують змінений фенотип у відповідності з рівнем росту та трансприпції генів.

Природа структури біоплівки та її фізіологічні властивості забезпечують мікроорганізмам, які входять до її складу, підвищення стійкості до антибіотиків, дезінфікуючих засобів та впливу з боку макроорганізму.

Іншою, не менш значущою, проблемою є утворення біоплівок на медичних приладах і інструментах. Здатністю формувати біоплівки на медичному обладнанні володіють як грам-позитивні (*Enterococcus*, *Staphylococcus spp.*, *Streptococcus viridans*), так і грам-негативні (*E. coli*, *P. aeruginosa*, *Proteus mirabilis*) мікроорганізми.

На швидкість і широту формування біоплівок впливає ряд факторів. Поміж них потрібно відмітити кількість контамінуючих мікробних клітин, швидкість потоку рідини крізь прилад, фізико-хімічні характеристики поверхні, температуру оточуючого середовища. Формування біоплівки починається відразу після прикріплення клітин. Серед медичних приладів, на яких показано формування біоплівок, найбільш значущими є центральні венозні катетери, протези, штучні клапани серця, сечовивідних шляхів, медичний інструментарій, прилади побутової техніки (кондиціонери, тощо). Використання таких приладів для проведення тих чи інших лікувальних процедур може призводити як до розвитку ІПНМД у окремих пацієнтів, так і до виникнення спалахів. При цьому розповсюдження ІПНМД у лікарняному середовищі в зв'язку зі стійкістю збудників, у тому числі до дезінфектантів, здатністю розповсюджуватися горизонтально через предмети та руки

медперсоналу й пацієнтів, представляє епідеміологічну небезпеку.

Структура біоплівки та особливості фізіології забезпечують високу стійкість до антимікробних препаратів, в тому числі до дезінфектантів. Механізми резистентності різноманітні, серед них: сповільнення обміну речовин, нерухомість, ферментна інактивація дезпрепаратів, система ефлюксу (викиду) та інше.

Існування бактерій у вигляді біоплівки створює певні труднощі в області дезінфектологічної профілактики ІПНМД. Є дані про те, що 0,1 % - 0,5 % хлоргексидину глюконат, 0,1 % бензалконію хлорид були неефективними щодо клітин біоплівки *Burkholderia cepacia* навіть за умов 60-хвилинної експозиції. Тому у випадках контамінації виробів біоплівкою декотрі дослідники рекомендують використовувати підвищені концентрації дезінфікуючих засобів.

Нами проведено порівняльне вивчення впливу на штучно вирощену біоплівку *P. aeruginosa* одно-ферментного та три-ферментного препаратів із дезінфікуючим компонентом групи полігуанідинів.

У результаті проведених досліджень встановлено, що кількість життєздатних бактеріальних клітин (КУО/см<sup>2</sup>) в біоплівці після обробки протягом 5 хвилин триферментним препаратом з дезінфікуючим компонентом скоротилося з  $3,2 \times 10^7$  до  $2,1 \times 10^2$ , тобто на 5,1 lg. Після обробки одно-ферментним препаратом таке зниження склало відповідно з  $3,1 \times 10^7$  до  $8,8 \times 10^5$ , тобто на 0,4 lg. [11]

Окрім того, в експериментальних умовах нами було визначено зміни ступеню чутливості сальмонел в біоплівках, виділених у медичних закладах України, до окремих груп найбільше вживаних дезінфектантів у порівнянні з суспензійним станом даних штамів сальмонел. Встановлено, що дезінфекційні засоби, основною діючою речовиною яких є четвертинно амонієва сполука та полігексаметиленгуанідин гідрохлорид, здатні знезаражувати сформовані планшетні біоплівки сальмонел при 4 – 8,85-разовому збільшенні

найменшої бактерицидної концентрації (НБК), визначеної для суспензійних клітин досліджених штамів сальмонел. Біоплівки сальмонел, сформовані на полівінілових та гумових носіях, потребують до 16-разового збільшення НБК для знезараження збудника. [12]

#### «Рухливий» морфотип (V)

Для оптимізації виживання бактерії змінюють свою колоніальну організацію, яка відома як адаптативна поведінка бактерій, тобто реакція на несприятливі фактори оточуючого довкілля. [2]

Для опису специфічних структурних форм бактеріальних колоній введено поняття «морфотипи», які поділяють на три основних: за формою розщеплення краю (Т), хіральный (С) та вихор (V). [13] За певних умов росту в несприятливому середовищі (антибіотики, деззасоби, тощо) бактерії самоорганізуються в комплекси структурованих колоній, які поводяться як багатоклітинні організми. [14]

Заслужують на увагу дані про виживання *S. typhi* рухливого морфотипу (V) в умовах різних температурних режимів (+4°C - +6°C) під час тривалого спостереження (протягом 10 місяців). [13]

Існування бактерій в адаптивно змінених формах, стійких до антибактеріальних препаратів і здатних тривало виживати на різноманітних об'єктах довкілля в стаціонарі, створює проблеми в медичній практиці та робить необхідним перегляд (уточнення або змінення) існуючих уявлень щодо механізмів процесів знезаражування різних об'єктів, а також методів оцінки дезінфекційних заходів. У цьому аспекті представляється ймовірним виживання певних кількостей патогенних мікробів після дії дезінфікуючих засобів. Такі патогени «що вижили після дезінфекції» можуть переходити в різні адаптивні форми, що зберігають здатність до реверсії.

Збереження збудників у довкіллі в стані «спокою» під час епідемічного періоду може зумовити підтримку ендемічності осередкових територій. Це вказує на

необхідність урахування адаптаційних форм персистуючих мікробів при проведенні моніторингу збудників інфекцій у зовнішньому середовищі на відповідних об'єктах після обробки їх дезінфікуючими засобами.

Таким чином персистенція у зовнішньому середовищі бактерій в різноманітних адаптаційних формах, які зберігають вірулентність, утворює проблеми в дезінфектологічній практиці та вказує на потребу в перегляді існуючих уявлень щодо технології процесів знезараження та методів оцінки їх ефективності.

Подальші дослідження з цієї проблеми є вкрай важливими для керування процесом персистенції бактерій в зовнішньому середовищі.

#### Література

1. Gloag E.S., Turnbull L., Whitchurch C.B. Bacterial stigmery: an organizing principle of multicellular collective behaviours of bacteria Scientifica (Cairo). 2015, article ID 387342.
2. Grassie, P.-P. (1959). La reconstruction du nid et les coordinations inter-individuelles chez *Bellicositermes natalensis* et *Cubitermes* sp. La theorie de la stigmergie: Essaid'interpretation du comportement des termites constructeurs. *Insectes Sociaux*, 6, 41–81
3. Ouyang J., Pei Z., Lutwick L. et al. Case report: *Paenibacillus thiaminolyticus*: a new cause of human infection, inducing bacteremia in a patient on hemodialysis. *Ann. Clin. Lab. Sci.* 2008. 38(4). P. 393-400.
4. Ben-Jacob E., Cohen I., Gutnick D. Cooperative organization of bacterial colonies: from genotype to morphotype. *Ann. Rev. Microbiol.* 1998. 52: 779-806.
5. Шагинян И.А., Чернуха М.Ю. Неферментирующие грамотрицательные бактерии в этиологии внутрибольничных инфекций: клинические, микробиологические и эпидемиологические особенности. *Клин.микробиол.антимикроб.химиотер.*2005. 7(3): 271-282.
6. World Health Organisation. WHO Global Strategy for Containment of Antimicrobial Resistans. 2001. Departamental news. Geneva [who/cds/csr/drs](http://who/cds/csr/drs).
7. Hierzholzer W. Bacterial infection of Humans. In: A Evans, P. Brachman editors. *Epidemiology and Control.* 1991, p. 467- 497.
8. Bergogne-Berezin E. *Acinetobacter* spp. as Nosocomial Pathogenes: Microbiological, Clinical and Epidemiological Features. *Clin.*

- Microbiol. Rew. 1996. 9 (2): 148-165.
9. Зубков М.Н. Неферментирующие бактерии. *Acinetobacter* spp. – таксономия, классификация, клиническое значение, идентификация, антибиотикорезистентность. Инфекции и антимикробная терапия. 2003.2: 18-26.
  10. Сидоренко С.В. Этиология тяжелых госпитальных инфекций в отделениях рефнимации и антибиотикорезистентность их возбудителей. Антибиотики и химиотерапия. 2005.2-3(50):18-26.
  11. Морозова Н.С., Ридный С.В., Коробкова И.В., Попов А.А., Клименко И.В. Теоретические предпосылки дезинфектологической профилактики инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи, с позиций микробной коммуникации. Материалы Европейской научно-практической конференции по пест-менеджменту. С.73-76.
  12. Марієвський В.Ф., Бубало В.О. Визначення чутливості сальмонел в біоплівках до дії хімічних дезінфектантів. Актуальні проблеми сучасної медицини. 2013.4(13):133-136. DOI: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/apsm\\_2013\\_13\\_4\\_35](http://nbuv.gov.ua/UJRN/apsm_2013_13_4_35)
  13. Морозова Н.С., Лях С.І., Коробкова І.В., Головчак Г.С., Попов О.О. Бактеріальна стигмергія в проблемі інфекційних хвороб. Актуальні проблеми транспортної медицини. 2024.4(78):39-47. DOI:<http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14539097>
  14. Ben-Jacob E., Genenbaum A, Schochet O, Avidan O. Holotransformation of bacterial colonies and genome cybernetics. // *Physica A: Statistica Mechanica and its Applications.* // 1994. 202 (1-2). P. 1-47.
- ### References
1. Gloag E.S., Turnbull L., Whitchurch C.B. Bacterial stigmergy: an organizing principle of multicellular collective behaviors of bacteria *Scientifica* (Cairo). 2015, article ID 387342.
  2. Grassle, P.-P. (1959). La reconstruction du nid et les coordinations inter-individuelles chez *Bellicositermes natalensis* et *Cubitermes* sp. La theorie de la stigmergie: Essai d'interpretation du comportement des termites constructeurs. *Insectes Sociaux*, 6, 41-81
  3. Ouyang J., Pei Z., Lutwick L. et al. Case report: *Paenibacillus thiaminolyticus*: a new cause of human infection, inducing bacteremia in a patient on hemodialysis. *Ann. Clin. Lab. Sci.* 2008. 38(4). P. 393-400.
  4. Ben-Jacob E., Cohen I., Gutnick D. Cooperative organization of bacterial colonies: from genotype to morphotype. *Ann. Rev. Microbiol.* 1998. 52: 779-806.
  5. Shaginyan I.A., Chernukha M.Yu. Non-fermenting gram-negative bacteria in the etiology of nosocomial infections: clinical, microbiological and epidemiological features. *Klin. microbiol. antimicrob. chemother.* 2005. 7(3): 271-282.
  6. World Health Organisation. WHO Global Strategy for Containment of Antimicrobial Resistans. 2001. Departmental news. Geneva [who/cds/csr/drs](http://who/cds/csr/drs).
  7. Hierholzer W. Bacterial infection of Humans. In: A Evans, P. Brachman editors. *Epidemiology and Control.* 1991, p. 467- 497.
  8. Bergogne-Berezin E. *Acinetobacter* spp. as Nosocomial Pathogenes: Microbiological, Clinical and Epidemiological Features. *Clin. Microbiol. Rew.* 1996. 9 (2): 148-165.
  9. Zubkov M.N. Non-fermenting bacteria. *Acinetobacter* spp. – taxonomy, classification, clinical significance, identification, antibiotic resistance. *Infections and antimicrobial therapy.* 2003.2: 18-26.
  10. Sidorenko S.V. Etiology of severe hospital infections in intensive care units and antibiotic resistance of their pathogens. *Antibiotics and chemotherapy.* 2005.2-3(50):18-26.
  11. Morozova N.S., Ridny S.V., Korobkova I.V., Popov AA, Klimenko I.V. Theoretical background of disinfectological prophylaxis of infections associated with the provision of medical care from the standpoint of microbial communication. *Proceedings of the Eurasian scientific and practical conference on pest management.* P.73-76.
  12. Marievsky V.F., Bubalo V.O. Determination of the sensitivity of salmonella in biofilms to active chemical disinfectants. *Actual problems of modern medicine.* 2013.4(13):133-136. DOI: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/apsm\\_2013\\_13\\_4\\_35](http://nbuv.gov.ua/UJRN/apsm_2013_13_4_35)
  13. Morozova N.S., Lyakh S.I., Korobkova I.V., Golovchak G.S., Popov O.O. Bacterial stigmergy in the problem of infectious diseases. *Current problems of transport medicine.* 2024.4(78):39-47. DOI:<http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14539097>
  14. Ben-Jacob E., Genenbaum A, Schochet O, Avidan O. Holotransformation of bacterial colonies and genome cybernetics. // *Physica A: Statistica Mechanica and its Applications.* / 1994. 202 (1-2). P. 1-47.
- Вперше надійшла до редакції 05.02.2025 р.  
Рекомендована до друку на засіданні редакційної колегії після рецензування*

УДК 628.162: 613.34.: 502.65+546.134

DOI: <https://zenodo.org/records/15648845>

## ОЦІНКА ПОТЕНЦІЙНИХ РИЗИКІВ ХЛОРРЕЗИСТЕНТНИХ БАКТЕРІЙ (CRB) У ПИТНІЙ ВОДІ

**Ігнат'єв О.М.<sup>1</sup>, Мокієнко А.В.<sup>2</sup>, Солтик С. М.<sup>1</sup>, Квасницька О.Б.<sup>3</sup>,  
Садовий К.К.<sup>1</sup>, Красікова Д.Р.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Одеський національний медичний університет

<sup>2</sup>Національний університет «Острозька академія»

<sup>3</sup>Буковинський державний медичний університет

E-mail: [mokienkoav56@gmail.com](mailto:mokienkoav56@gmail.com)

## ASSESSMENT OF POTENTIAL RISKS OF CHLORINE-RESISTANT BACTERIA (CRB) IN DRINKING WATER

**Ignatyev O.M.<sup>1</sup>, Mokienko A.V.<sup>2</sup>, Soltyk S.M.<sup>1</sup>, Kvasnytska O.B.<sup>3</sup>,  
Sadoviy K.K.<sup>1</sup>, Krasikova D.R.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Odessa National Medical University

<sup>2</sup>Ostroh Academy National University

<sup>3</sup>Bukovinian State Medical University

E-mail: [mokienkoav56@gmail.com](mailto:mokienkoav56@gmail.com)

### Summary/Резюме

The review aimed to summarize the results of studies on chlorine-resistant bacteria (CRB) in drinking water. Analysis of existing methods for assessing chlorine resistance showed the need for systematic study of CRB. The lack of a generally accepted method for assessing chlorine resistance was emphasized. The genera, sources and chlorine resistance of typical isolated CRB strains were summarized. It was confirmed that chlorine disinfection cannot completely control the risks of CRB development (pathogenicity, antibiotic resistance and microbial growth). The highest frequency of detection of pathogenic or conditionally pathogenic CRB of the genera *Mycobacterium*, *Bacillus*, *Legionella*, *Pseudomonas* and *Sphingomonas* was established. The lack of definition of non-pathogenic CRB, which are most often found in drinking water, was emphasized. An assessment method using the logarithmic rate of removal of *E. coli* as a reference indicator was proposed. The use of the recommended method as a comparative guideline for assessing chlorine resistance is justified, which has great potential for studying specific types of chlorine-resistant CRB.

**Keywords:** *chlorine-resistant bacteria (CRB), recommended evaluating method, chlorine disinfection, microbial growth risks.*

Огляд мав на меті узагальнення результатів досліджень хлоррезистентних бактерій (CRB) у питній воді. Аналіз існуючих методів оцінки стійкості до хлору показав необхідність систематичного вивчення CRB. Підкреслено відсутність загальноприйнятого методу оцінки стійкості до хлору. Підсумовано роди, джерела та стійкість до хлору типових ізольованих штамів CRB. Підтверджено, що дезінфекція хлором не може повністю контролювати ризики розвитку CRB (патогенності, стійкості до антибіотиків та росту мікробів). Встановлено найбільшу частоту виявлення патогенних або умовно-патогенних CRB родів *Mycobacterium*, *Bacillus*, *Legionella*, *Pseudomonas* та *Sphingomonas*. Підкреслено відсутність визначення непатогенних CRB, які найбільш

часто знаходять у питній воді. Запропоновано метод оцінки з використанням логарифмічної швидкості видалення *E. coli* як референтного показника. Обґрунтовано застосування рекомендованого методу як порівняльного орієнтиру для оцінки стійкості до хлору, що має великий потенціал для вивчення конкретних видів хлоррезистентних CRB.

**Ключові слова:** хлоррезистентні бактерії (ХРБ), рекомендований метод оцінки, хлорна дезінфекція, ризики росту мікробів.

Дезінфекція води хлором є найпоширенішим засобом контролю мікроорганізмів у системах очищення питної/стічних вод, рекультивації стічних вод та в промислових системах охолодження [1-4]. У системах очищення води на основі мембранних технологій, таких як ультрафільтрація та система зворотного осмосу, хлор використовується не лише як технологія дезінфекції для контролю ризиків для здоров'я, але й як метод очищення або попередньої обробки для контролю біологічних забруднень [1-4]. Наприклад, на заводі Changi NEWater у Сінгапурі протягом усього процесу очищення хлор додається 5 разів, з яких 3 пункти додавання хлору розташовані на стадії попередньої обробки.

Деякі бактерії у питній воді можуть становити ризик для здоров'я, але дезінфекція хлором не може інактивувати всі бактерії [5-9]. Деякі бактерії мають сильнішу стійкість до хлору порівняно зі звичайними, тому їх називають «хлоррезистентними бактеріями» (CRB). Farkashimsley (1964) вперше використав термін «Хлоррезистентні бактерії» [10]. Нещодавно в нових дослідженнях повідомлялося, що CRB широко присутні на водоочисних спорудах, системах водопостачання та системах охолодження [11, 12]. В цьому огляді [13] термін «хлоррезистентність» стосується лише стійкості планктонних клітин і не включає резистентність біоплівки.

Загалом на Web of Science знайдено 1040 статей на тему «хлоррезистентні бактерії». Судячи з публікацій статей, увага до хлоррезистентних бактерій значно зросла з 2001 року, особливо за останні 5 років.

Хоча проблема CRB вже давно вик-

ликає занепокоєння, досі не існує загальноприйнятого наукового визначення CRB та методології кількісної оцінки їхньої здатності до хлоррезистентності. CRB зазвичай визначаються як бактерії з високою стійкістю до хлору або бактерії, які можуть виживати або навіть розмножуватися в присутності залишкового хлору. Jia, Jia et al. [14] припустили, що хлоррезистентність CRB є відносним поняттям і не може бути кількісно визначеною, оскільки на неї впливають умови росту. Однак все ще можливо встановити рекомендований метод порівняння хлоррезистентності серед різних бактеріальних штамів. ВООЗ (2011) запропонувала метод оцінки стійкості патогенних мікроорганізмів до хлору, який ґрунтувався на часі виживання мікроорганізмів при звичайній концентрації залишкового вільного хлору (0,5 мг/л).

Ризики для здоров'я є першочерговою причиною занепокоєння щодо CRB, але останнім часом все більше досліджень виявляють інші ризики CRB. Виявлена кореляція між стійкістю до хлору та стійкістю до антибіотиків, а наявність CRB призводить до збільшення кількості генів стійкості до антибіотиків після дезінфекції [15]. Більше того, CRB у системі водопостачання можуть спричинити корозію трубопроводів та надмірне розростання біоплівки [16]. Останній ризик часто ігнорується, але він дуже важливий: надмірне розмноження CRB призводить до зниження ефективності системи, збільшення споживання енергії та скорочення терміну служби структурних компонентів у мембранних системах виробництва води або промислових системах охолодження [2, 4].

Мікроорганізми, які швидко віднов-