

# COMPARATIVE ASSESSMENT CONDENSATE BACTERIA AND BIOFILM IN SPLIT-SYSTEMS

Kozulya S.V., Akimenko V.Y., Kuznetsov V.G., Seitova R.S., Moskvina G.N.

## ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА БАКТЕРІЙ, ЯКІ ВИДІЛЕНІ ІЗ КОНДЕНСАТУ І БІОПЛІВКИ СПЛІТ-СИСТЕМ КОНДИЦІОНЕРІВ

# В

**КОЗУЛЯ С.В.,  
АКИМЕНКО В.Я.,  
КУЗНЕЦОВ В.Г.,  
СЕЙТОВА Р.С.,  
МОСКВИНА Г.М.**

ДУ "Кримський державний медичний університет ім. С.І. Георгієвського",

м. Сімферополь;

ДУ "Інститут гігієни та медичної екології ім. О.М. Марзєєва НАМН України",

м. Київ;

ДУ "Джанкойська лінійна СЕС на Придніпровській залізничній дорозі",

м. Джанкой

УДК: 613.14/.15:62:579

умовах урбанізації, фактори якої безпосередньо впливають на рушійні сили епідемічного процесу, відбувається еволюція мікрофлори, яка змушена адаптуватися до нових умов [1]. У зв'язку з підвищенням попиту широкого кола споживачів на різні види побутової техніки виникає потреба розглядати її як об'єкт можливого бактеріологічного забруднення внаслідок колонізації мікроорганізмами. При цьому підвищену увагу слід приділяти системам вентиляції та кондиціювання повітря [2], оскільки для усіх захворювань, що віднесені до інфекцій дихальних шляхів, повітряно-крапельний (пилувий) шлях поширення збудника є основним, а для більшості — єдиним [3].

**Ключові слова:**  
**гігієна громадських споруд,  
бактеріальне забруднення  
повітря приміщень,  
спліт-системи  
кондиціювання повітря.**

Національний Інститут професійної безпеки та здоров'я США (National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) виявив, що 5% скарг працівників на погані умови праці припадають на мікробне забруднення повітря приміщень [4].

Через поширення в Україні та особливості конструкції інтерес викликають спліт-системи. Зокрема, на відміну від інших систем кондиціювання, через спліт-системи не відбувається повітрообміну з зовнішнім середовищем. Інша особливість — утворення конденсату з повітря приміщень через зниження його температури на радіаторі внутрішнього блоку нижче за точку роси. Враховуючи сказане вище та той факт, що не увесь пил, який надходить до внутрішнього блоку, затримується у фільтрі і може містити мікроорганізми та субстрати, придатні їм для живлення, система видалення конденсату є зручним місцем існування "фіксованої" форми бактерій, відомої як "біоплівка" [5].

**Метою** нашої роботи було вивчення бактеріального обмінення конденсату, а також біоплівок з системи видалення конденсату спліт-систем, встановлених у громадських спорудах.

**Матеріали та методи.** Дослідження проведено у м. Джанкой, АР Крим. Відібрано 68 проб (34 — конденсату та 34 — біоплівки) з 34 спліт-систем, що встановлені в аптеках, банках і магазинах (переважно продовольчих).

Відбір проб конденсату проводився самопливом у стерильну тару. Зняття біоплівки з внутрішньої поверхні системи видалення конденсату виконувалося стерильним ватним тампоном на дроті, вмонтованому у пробку пробірки, що містить 1 мл м'ясо-пептонного бульйону. Строк доставки до лабораторії — до 2-х годин з

### СПРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА БАКТЕРИЙ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ КОНДЕНСАТА И БИОПЛЕНКИ СПЛИТ-СИСТЕМ КОНДИЦИОНЕРОВ

**Козуля С.В., Акименко В.Я., Кузнецов В.Г.,  
Сейтова Р.С., Москвина Г.Н.**

В 62% проб конденсата и в 71% биопленок обнаружена условно-патогенная и патогенная микрофлора семейств *Enterobacteriaceae* и *Pseudomonadaceae*, а также *Staphylococcus aureus*. Смешанная флора (2-3 вида) выделялась в 12% и 18% проб соответственно. Микрофлора конденсата и биопленки существенно различалась, совпадая только в 37% случаев, что объясняется различной природой их происхождения.

Полученные данные свидетельствуют о необходимости дальнейших исследований в направлении изучения связи микроорганизмов, заселяющих системы кондиционирования воздуха, с заболеваниями людей, проживающих или работающих в помещениях с установленными сплит-системами.

**Ключевые слова:** гигиена общественных зданий, бактериальное загрязнение воздуха помещений, сплит-системы кондиционирования воздуха.

© Козуля С.В., Акименко В.Я., Кузнецов В.Г.,  
Сейтова Р.С., Москвина Г.М. СТАТТЯ, 2012.

застосуванням сумки-холодильника [6].

Посів 0,1 мл конденсату або суспензії біоплівки проведено на густі живильні середовища (жовтково-сольовий агар, 5% кров'яний агар, середовище Ендо) за допомогою стерильної мірної піпетки. Після цього чашки Петрі встановлювались у термостат на 24 години, за температури 37°C (чашки з жовтково-сольовим агаром додатково витримувалися добу при кімнатній температурі на світлі) [7]. Далі за загальноприйнятими методиками проводилося виділення чистих культур та подальша їх ідентифікація [8-11].

**Результати та їх обговорення.** У всіх 34 пробах конденсату закономірно виявляли сапрофітні бактерії роду *Micrococcus*, *Staphylococcus* (*saprophyticus*) тощо. У 13 випадках (38,3%) умовно-патогенні бактерії не виділено. Але у 21-му зразку (61,7%) було виявлено представників родин *Enterobacteriaceae* (8 знахідок, або 23,5% від числа проб) і *Pseudomonadaceae* (6, або 17,6%), а також *Staphylococcus aureus* (3, або 8,8%). З чотирьох зразків було виділено

асоціації бактерій (11,8%). При цьому у трьох випадках одночасно були присутніми два види бактерій (*Serratia marcescens* та *Citrobacter freundii*; *Esherichia coli* та *Pseudomonas putida*; *Esherichia coli* та *Pseudomonas aeruginosa*), а в одному — три (*Enterobacter aerogenes*, *Pseudomonas putida* та *Staphylococcus aureus*).

Умовно-патогенні та патогенні бактерії не виявлено у 10 пробах біоплівки (29,5%). Представники родин *Enterobacteriaceae* були виділені з 8 проб (23,5%), *Pseudomonadaceae* — з 7 (20,6%), а *Staphylococcus aureus* — з 3 (8,8%). Асоціації бактерій виділялися із 6 зразків (17,6%). Одночасно були присутніми два мікроорганізми (*Esherichia coli* та *Pseudomonas putida* у двох випадках; *Klebsiella pneumoniae* та *Pseudomonas stutzeri* — в одному. *Staphylococcus aureus* утворював асоціації з *Enterobacter cloacae* та *Pseudomonas aeruginosa*). Незважаючи на близьке відсоткове співвідношення мікробне обсіменіння конденсату та біоплівки суттєво відрізнялося, збігаючись лише у 37,5% випадків. Збіг бактеріальних асоціацій родини *Enterobacteriaceae* в обох пробах, отриманих з однієї спліт-системи, реєструвався лише у 30%. В інших пробах той чи інший вид виділявся не парно, а лише у конденсаті або лише у біоплівці.

Родину *Enterobacteriaceae* у конденсаті було представлено *Esherichia coli* — 5 знахідок (14,7% від кількості проб конденсату); *Citrobacter freundii* та *Hafnia alvei* — по 2 знахідки (по 5,9%); *Citrobacter diversus*, *Ser-*

*ratia marcescens*, *Klebsiella pneumoniae* та *Enterobacter aerogenes* — по 1 знахідці (по 2,9%).

Із біоплівки також було виділено *Esherichia coli* — 6 знахідок (17,7% від кількості проб біоплівки), *Klebsiella pneumoniae* — 2 (5,9%). *Citrobacter diversus*, *Citrobacter freundii*, *Serratia marcescens*, *Proteus inconstans*, *Hafnia alvei* та *Enterobacter cloacae* висівалися кожна по 1 разу (по 2,9%).

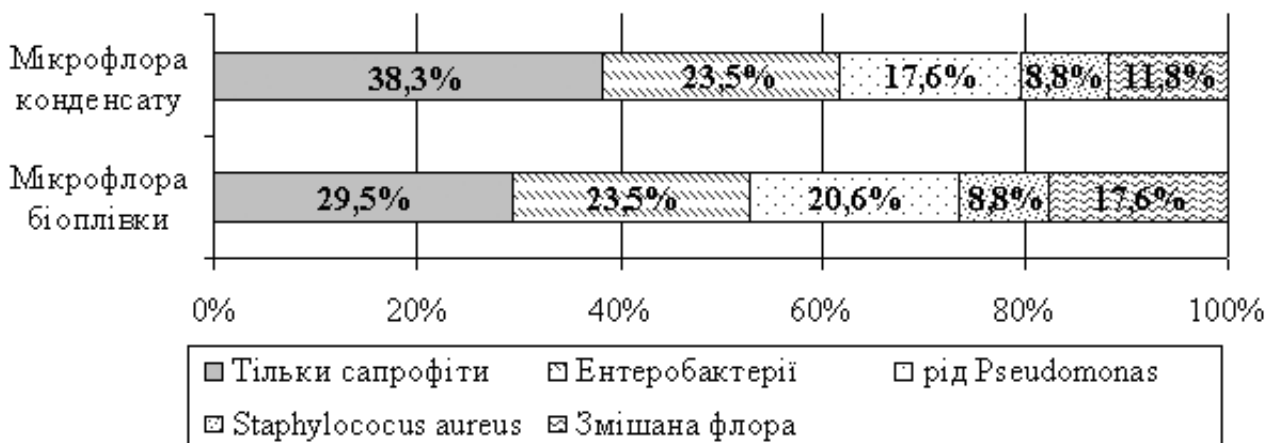
Серед представників роду *Pseudomonas* та виду *Staphylococcus* збіги реєструвались у 66,7% та 12,5% відповідно.

З бактерій роду *Pseudomonas* у конденсаті систем кондиціонування повітря зустрічалися такі види, як *P. putida* — 3 (8,8% від загальної кількості проб), *P. aeruginosa* — 4 (11,8%) та *P. cepacia* — 2 (5,9%), а у біоплівці — *P. fluorescens* — 1 (2,9% від загальної кількості проб), *P. putida* — 4 (11,8%), *P. alcaligenes* — 1 (2,9%), *P. aeruginosa* — 3 (8,8%), *P. cepacia* — 2 (5,9%) та *P. stutzeri* — 1 (2,9%).

Незбіги бактеріального обсіменіння конденсату та біоплівки можна пояснити різними умовами виживання та розмноження бактерій. До конденсату потрапляють бактерії з поверхні охолоджувача та частково ті, що змиваються з біоплівки дренажної системи. Після вимкнення кондиціонера у лотку дренажної системи, особливо у разі часткового її забруднення, створюються більш сприятливі умови для утворення плівки та розмноження у ній бактерій.

Оскільки конденсат утворюється з повітря приміщення, наявність у ньому бактерій родин

Рисунок  
Співвідношення видів бактерій, виділених із конденсату і біоплівки спліт-систем



**COMPARATIVE ASSESSMENT CONDENSATE BACTERIA AND BIOFILM IN SPLIT-SYSTEMS**  
**Kozulya S.V., Akimenko V.Y., Kuznetsov V.G., Seitova R.S., Moskvina G.N.**

In 62% samples of condensate and in 71% of biofilms found out the conditional-pathogenic and pathogenic microflora of Enterobacteriaceae and Pseudomonadaceae families, and also *Staphylococcus aureus*. The mixed flora (2-3 kinds) was selected correspondingly in 12% and 18% samples. The microflora of condensate and

biofilm differentiated substantially, coinciding only in 37% cases, that is explained different nature of their origin.

Findings testify to the necessity of further researches in the direction of study of connection of microorganisms, populating the systems of climatization, with the diseases of people, resident or workings in apartments with the set split-systems.

**Keywords:** hygiene, micro flora of room's air, air-conditioning.

ни Enterobacteriaceae має велике санітарно-епідеміологічне значення та є свідченням насамперед неякісного обслуговування кондиціонерів (несвоєчасність очищення та дезінфекції) та опосередковано — про незадовільну якість прибирання та недостатню вентиляцію приміщень (останнє підтверджує опитування працівників: влітку приміщення зі встановленими спліт-системами практично не провітрюються).

Проведені дослідження також вказують, що у середовищі біоплівки, що утворюється у внутрішньому блоці, створюються сприятливі умови для зберігання та розмноження умовно-патогенних та патогенних бактерій. Слід враховувати, що у спліт-системі повітря, охоложене на теплообміннику внутрішнього блоку, проходить над піддоном для збору конденсату і лише потім виводиться до приміщення. Не виключено, що ці турбулентні потоки повітря можуть призводити до ресуспендування аерозольних забруднень з біоплівки системи видалення конденсату та викиду бактерій у повітряне середовище приміщення, особливо у момент увімкнення спліт-системи. Безумовно, таке припущення потребує експериментального підтвердження. На жаль, не дивлячись на наявність кондиціонерів з системою діагностики стану забруднення фільтрів більшість простих кондиціонерів, що експлуатуються, позбавлені таких індикаторних систем. Споживач сам зобов'язаний слідкувати за їх обслуговуванням.

Викликає занепокоєння виявлення у конденсаті та у біоплівці золотистого стафілококу, *Serratia marcescens*, *Klebsiella pneumoniae* та синьо-гнійної палички у зв'язку з їхньою здатністю викликати захворювання дихальної та інших си-

стем в осіб з ослабленим імунітетом [12, 13].

Все вищесказане свідчить про те, що працівники закладів після встановлення спліт-систем припиняють приділяти належну увагу не лише своєчасному обслуговуванню кондиціонерів у відповідності з інструкцією з їх експлуатації, але й провітрюванню приміщень, що сприяє надходженню умовно-патогенних та патогенних бактерій у повітря приміщення та створює небезпеку для здо-

ров'я працівників і відвідувачів об'єктів громадського призначення.

Результати проведеної роботи також свідчать про необхідність подальших досліджень у напрямку вивчення зв'язку мікроорганізмів, що формують біоплівку, з захворюваннями людей, які мешкають та працюють у приміщеннях зі встановленими спліт-системами. Спеціальної уваги заслуговують питання обміненія спліт-систем грибками [14]. Окрім

**Таблиця 1**  
**Бактерії родини Enterobacteriaceae у конденсаті та біоплівці спліт-систем (34 спліт-системи)**

	Enterobacteriaceae заралом	Esherichia coli	Citrobacter diversus	Citrobacter freundii	Serratia marcescens	Proteus inconspicuous	Hafnia alvei	Klebsiella pneumoniae	Enterobacter cloacae	Enterobacter aerogenes
Конденсат	13	5	1	2	1	0	2	1	0	1
Біоплівка	14	6	1	1	1	1	1	2	1	0
Кількість заселених спліт-систем	20	9	1	2	1	1	2	3	1	1
Збігів	6	2	1	1	1	0	1	0	0	0
Незбігів	15	7	0	1	0	1	1	3	1	1
% збігів	30	22,2	100	50	100	0	50	0	0	0

**Таблиця 2**  
**Бактерії роду Pseudomonas і виду Staphylococcus aureus у конденсаті і біоплівці спліт-систем (34 спліт-системи)**

	Pseudomonas заралом	fluorescens	putida	alcaligenes	aeruginosa	cepacia	stutzeri	Staphylococcus aureus
Конденсат	9	0	3	0	4	2	0	4
Біоплівка	1	1	4	1	3	2	1	5
Кількість заселених спліт-систем	12	1	4	1	3	2	1	8
Збігів	8	0	3	0	3	2	0	1
Незбігів	5	1	1	1	1	0	1	7
% збігів	66,7	0%	75	0	75	100	0	12,5

того, необхідна розробка ефективних дезінфекційних заходів, спрямованих на знищення мікрофлори, що колонізує внутрішній блок спліт-систем. Нині створені кондиціонери, що мають обладнання для знезараження оброблюваного повітря різними способами, але вони поки не отримали широкого розповсюдження. Не дивлячись на те, що в Україні вже зареєстровано препарати з дезінфекції кондиціонерів [15], їх застосування обмежене менталітетом нашого вітчизняного споживача кондиціонерів. Якщо у ряді західних країн (Швеції, Фінляндії) законодавчо введено вимоги до чистоти та безпеки систем кондиціонування, то в Україні це питання у зв'язку з необміркованою реорганізацією санітарно-епідеміологічної служби навіть не розглядається. У Москві (Російська Федерація) з 2004 року введено у дію нормативний документ з організації контролю над очищенням та дезінфекцією систем вентиляції та кондиціонування [16], що потребує обов'язкового виконання.

#### Висновки

1. У 62% проб конденсату і у 71% біоплівки виявлено умовно-патогенні та патогенні бактерії родин Enterobacteriaceae та Pseudomonadaceae, а також Staphylococcus aureus. Асоціації бактерій (2-3 види) виділялись у 12% та 18% проб відповідно.

2. Бактеріальне обсіменіння конденсату та біоплівки обстежених спліт-систем суттєво відрізнялося, збігаючись лише у 37% випадків, що пояснюється різними механізмами їх утворення, створенням різних умов для збереження та розмноження бактерій.

3. Наявність бактерій родини Enterobacteriaceae у конденсаті опосередковано свідчить про бактеріальне забруднення внутрішніх поверхонь охо-

лоджувача спліт-системи, незадовільну якість прибирання та недостатню вентиляцію приміщень, у той час як бактеріальне забруднення біоплівки саме створює загрозу контамінації повітря приміщення.

4. Оскільки аерогенний механізм передачі характерний для широкого спектру патогенної мікрофлори, необхідно посилити контроль над якістю обслуговування спліт-систем, встановлених в об'єктах громадського призначення (магазинах, банках, аптеках тощо).

5. Отримані дані свідчать про необхідність подальших досліджень у напрямку вивчення зв'язку мікроорганізмів, що формують біоплівку, з захворюваннями людей, які мешкають (працюють) у приміщеннях з встановленими спліт-системами, а також розробки ефективних дезінфекційних заходів, спрямованих на знищення мікрофлори, що колонізує внутрішні блоки спліт-систем.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Особливості епідеміологічного обґрунтування проведення дезінфекційних заходів у сучасних умовах: матер. конф. "Актуальні питання дезінфекційної справи" / Таран В.В. — Львів, 2008. — С. 19-23.

2. Физические методы дезинфекции воздуха: матер. конф. "Актуальні питання здійснення комплексу робіт з дезінфекції, дезінсекції, дератизації на об'єктах транспорту" / Несвижская И.И., Грицай И.М. — Харків, 2010. — С. 13-14.

3. Hospital medicine essential / R.M. Wachter. — Philadelphia: Williams & Wilkins, 2002. — 400 p.

4. Техническое руководство OSHA. Директива № TED 01-00-015. Действ. с 01.20.1999.

5. Коптева Ж.П. Мікробні біоплівки на захисних покриттях підземних металевих споруд / Ж.П. Коптева, В.В. Занина // Мікробіол. журн. — 2008. — 70, № 1. — С. 71-85.

6. Про організацію профілактики внутрішньо-лікарняних інфекцій в акушерських стаціонарах. — К., 2007. — 84 с. — (Норм. док. МОЗ України. Нак.).

7. Методы культивирования микроорганизмов: ГОСТ 26670-91. — Действ. с 1993-01-01. — М.: Комитет стандартизации и метрологии СССР, 1991. — 13 с. — (гос. стандарт СССР).

8. Биохимическая активность родов Klebsiella, Enterobacter, Serratia, Hafnia. — Офиц. изд. — Харьков: Харьковская медицинская академия последипломного образования, 2002. — 5 с. — (Норм. док. Харьк. мед. академии последипломного образования. Метод. рек.).

9. Методы выявления и определения количества Staphylococcus aureus: ГОСТ 104444.2-94. — Действ. с 1998-01-01. — Минск: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1997. — 14 с. — (межгос. стандарт СНГ).

10. Микробиологическая диагностика заболеваний, вызываемых псевдомонадами и другими неферментирующими грам-отрицательными бактериями. — К.: Киевский гос. институт усовершенствования врачей МЗ СССР, 1988. — (Норм. док. МЗ УССР. Метод. рек.).

11. Определение грам-отрицательных потенциально патогенных бактерий — возбудителей внутрибольничных инфекций. — М.: Мос. обл. науч.-исслед. клинический ин-т им. М.Ф. Владимирского, 1987. — 35 с. — (Норм. док. МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского. Метод. рек.).

12. Лазоришинец В.В. Антибіотикорезистентність нозокоміальних штамів Pseudomonas aeruginosa у хірургічних стаціонарах України у 2009 році / Р.С. Козлов, А.А. Мартинович, А.В. Дехнич // Харківська хірургічна школа. — 2010. — № 6. — С. 71-75.

13. Мікробіологічна характеристика бактерій роду Staphylococcus, вегетуючих у бронхолегеневій системі людей з хронічними захворюваннями органів дихання / Н.Ю. Лебедева // Теоретична і експериментальна медицина. — 2009. — № 1. — С. 52-55.

14. Brian Flannigan. Биологическое загрязнение. Документ из ИПС "Кодекс". Интернет-доступ <http://base.safework.ru/ilo-enc?print&nd=857100202&spacek=110Lo>.

15. Обслуживание. Интернет-доступ <http://e-conditioner.com.ua/index.php/chistka/>.

16. Приказ Центра гос. сан.-эпид. надзора г. Москвы № 107 от 12.08.2004 г. "Об организации контроля над очисткой и дезинфекцией систем вентиляции и кондиционирования".

Надійшла до редакції 28.11.2011.