

УДК 505.054

## БАКТЕРІАЛЬНЕ ТА ВУГЛЕКИСЛОТНЕ ЗАБРУДНЕННЯ ЛЮДИНОЮ ПОВІТРЯ ТА МЕТОДИ ЙОГО ВИЗНАЧЕННЯ І ОЧИЩЕННЯ

С. КАЗАКОВА<sup>1</sup>, Є. КАЗАКОВ<sup>1</sup>, О. ПЮРКО<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Таврійський національний університет ім. В.І. Вернадського

<sup>2</sup> Мелітопольський державний педагогічний університет

Показано, що в закритих приміщеннях, де знаходяться люди, поступово відбувається бактеріальне та вуглекислотне забруднення повітря, негативний вплив якого можна значно пом'якшити застосуванням фітонцидів. Встановлені залежності рухової активності мікроорганізмів від умов середовища.

**Ключові слова:** мікроорганізми, чашки Петрі, бактеріальне та вуглекислотне забруднення, повітря, фітонциди, рухова активність, функціональні та реабілітаційні процеси.

**Постановка проблеми.** Впродовж всього життя людина контактує з повітряним середовищем і, з одного боку, забруднює його мікроорганізмами та вуглекислим газом, які виділяються при диханні, чханні, кашлі, а з іншого – вражається сама мікрофлора повітря при одночасному зниженні своєї функціональної активності за рахунок шкідливих інгредієнтів (CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, пилу, тощо). Відомо, що досить багато хвороб передається переміщенням мікробів за допомогою повітря, а підвищення в ньому концентрації шкідливих газів та інших компонентів значно понижують функціональну активність людини, чим негативно впливають на реабілітаційні процеси та ефективність фізичних навантажень, занять фізкультурою і спортом [10, 12]. При досить скромній кількості досліджень стосовно бактеріального забруднення повітря людиною та майже повній відсутності інформації про динаміку вмісту вуглекислотного газу в повітрі та вплив концентрації останнього на функціональну активність людини, вважаємо, що одночасна реєстрація вищезазначених параметрів суттєво покращить інформаційне поле даного питання, особливо на фоні застосування летких фітонцидів, які виділяються рослинами, проявляють бактерицидні властивості, позитивно впливаючи на організм людини завдяки наявності широкого спектра біологічної активності та специфічності дії, які на сьогодні потребують подальшого з'ясування [6, 13]. Майже відкритим залишається питання взаємозв'язку та взаємозалежності забруднення повітряного середовища закритих приміщень, в тому числі навчальних аудиторій, спортивних залів, робочих кімнат, від кількості людей в них, зовнішніх мікрокліматичних умов, сезонності та інших динамічних складових середовища.

**Мета роботи** – проаналізувати ступінь бактеріального і вуглекислотного забруднення людиною повітряного середовища та з'ясувати можливості його санації за допомогою фітонцидів, здатних вбивати або значно затримувати життєдіяльність різних мікроорганізмів.

**Методика.** Дослідження по бактеріологічному та вуглекислотному забрудненню повітря проводили за допомогою власної установки, зовнішній вигляд та загальна схема якої представлені на рис. 1, а конструктивні особливості та методика роботи на

В даній роботі використано модифікований варіант методики, завдяки якому значно розширюються та уніфікуються мікробіологічні дослідження. Суть удосконалення застосування мобільного телефону або цифрового фотоапарату для фотореєстрації форм мікроорганізмів під мікроскопом. Для цього мікроскоп обладнаний допоміжною штангою до верхньої частини якої кріпиться підйомний механізм мікроскопа з макро- та мі-

системами. До останнього приєднується препаратопересувач з фотореєструючим пристроєм. Фотографування мікроорганізмів з препарату здійснюється після відповідної настройки основного мікроскопу та встановлення чіткого зображення мікроорганізмів на екранній системі пристрою за допомогою підйомного механізму (макро-, мікрогвинти) та вибору відповідної ділянки препарату за допомогою препаратопересувача. Для динамічної

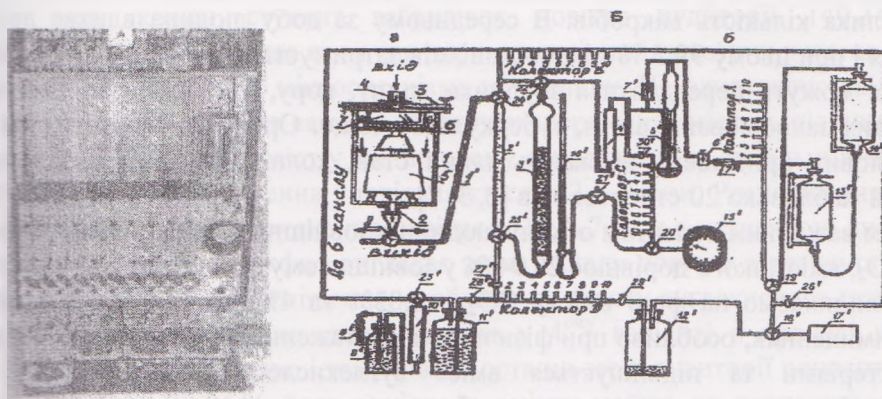


Рис. 1. Зовнішній вигляд (А) та загальна схема (Б) установки для комплексного дослідження повітря

реєстрації руху мікроорганізмів обов'язковою складовою пристрою є телекамера та освітлення препарату в камері з регульованими факторами середовища: температури – від  $+10^{\circ}\text{C}$  до  $+60^{\circ}\text{C}$ ; вмісту  $\text{CO}_2$  – від 0,03 до 5 %; кисню – від 25 до 0 %. Отримана стосовно мікроорганізмів інформація в подальшому фіксується на електронні носії, зберігається на дискетах та використовується за потребою для наукових досліджень та в навчальному процесі.

Враховуючи результати пошукових попередніх досліджень [9], для санації повітря в аудиторії використовувалася композиція ефірних олій м'яти – лаванди – котовника у співвідношенні 2:1:2 з розрахунковою кінцевою концентрацією близько  $2 \text{ мг/м}^3$ . Дослідження проводилися в аудиторії кафедри фізичної реабілітації загальним обсягом  $288 \text{ м}^3$  ( $8 \times 12 \times 3$ ) м. Режим заняття. Температура повітря ( $t, ^{\circ}\text{C}$ ) реєструвалася звичайним термометром у різних місцях аудиторії і розраховувалося середнє значення (табл. 1). Відносна вологість повітря ( $W, \%$ ) – психрометрично, з аналогічними розрахунками. Вміст мікроорганізмів (МЗ) та вмісту  $\text{CO}_2$  – за власною методикою [10].

Таблиця 1

Схема проведення дослідів по мікробіологічному та вуглекислотному забрудненню повітря людиною у закритих приміщеннях

Варіанти дослідів	Параметри								
	$t, ^{\circ}\text{C}$		$W, \%$		МЗ, шт./ $\text{м}^3$		$\text{CO}_2, \%$		
	а	б	а	б	а	б	а	б	
Контроль (без людей). (В – 1)	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Одна пара занять (В – 2)*	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Дві пари 2 пари (В – 3)	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Дві пари 3 пари (В – 4)	—	—	—	—	—	—	—	—	—

$t, ^{\circ}\text{C}$  – температура повітря,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $W$  – відносна вологість повітря, %; МЗ – мікробіологічне забруднення, шт./ $\text{м}^3$ ;  $\text{CO}_2$  – вміст вуглекислого газу в повітрі, %; \* – в експерименті задіяно 12 студентів – чисельник та 24 – знаменник; а – без розпилу фітонцидів; б – з розпилем фітонцидів.

Рухомість мікроорганізмів у залежності від умов середовища – візуально. Статистична обробка результатів – стандартна [8], але похибка в дослідах не перевищувала 7 %.

**Результати та обговорення.** Людина, як відкрита термодинамічна система постійно обмінюється речовинами, енергією та інформацією з оточуючим середовищем завдяки диханню, харчуванню, виділенню продуктів обміну та іншим процесам. Відомо, що при чханні та кашлі в повітря викидається близько 60000 крапельок рідини, в якій міститься велика кількість мікробів. В середньому за добу людина вдихає до 14 тисяч літрів повітря і при цьому 99,5 % мікроорганізмів затримується в дихальних шляхах. Саме через повітря можуть передаватися збудники грипу, кору, дифтерії, стафілококових та менінгококових захворювань, ангін, туберкульозу тощо. Орієнтовним критерієм чистоти повітря житлових приміщень вважають такий стан, коли в  $1 \text{ м}^3$  міститься не більше 1500 бактерій та близько 20 стрептококів [2, 3, 7].

Другим важливим аспектом обміну людини з зовнішнім середовищем є газообмін – поглинання  $\text{O}_2$ , вміст якого дорівнює 20,94 % у зовнішньому середовищі і близько 16% – в повітрі, яке видихаємо на фоні вмісту  $\text{CO}_2$  – 0,03% та 4% відповідно. Важливо, що в закритих приміщеннях, особливо при фізичних навантаженнях, здійснюється забруднення повітря бактеріями та підвищується вміст вуглекислого газу майже в 10 разів інтенсивніше відносно стану спокою, чим обумовлюється значне зниження ефективності фізичних навантажень, розвиток стомлення, нераціональне використання енергетичного потенціалу людини [1, 4, 5, 11].

При цьому важливе значення належить процесу очищення повітря за допомогою різних методів, в тому числі і розпилення фітонцидів, яким притаманна бактерицидна дія [6, 9]. Отримані нами експериментальні результати представлені в таблиці 2. Результати однозначно дозволяють стверджувати, що при наявності людей у закритих приміщеннях значно погіршується санітарно-гігієнічний стан повітря, складові якого змінюються диференційовано, з різною інтенсивністю.

Таблиця 2

**Бактеріальне та вуглекислотне забруднення повітря під час занять на фоні застосування фітонцидів (позначення аналогічні таблиці 1)**

№ п/п	Варіанти дослідів	Параметри							
		$t, ^\circ\text{C}$		W, %		МЗ, $\text{шт}/\text{м}^3$		$\text{CO}_2$ , %	
		а	б	а	б	а	б	а	б
1	В – 1	20,3	20,3	42,1	42,0	1135	678	0,030	0,030
2	В – 2	<u>22,8</u>	<u>22,9</u>	<u>55,3</u>	<u>55,5</u>	<u>2875</u>	<u>907</u>	<u>20,068</u>	<u>0,067</u>
		23,3	23,1	59,7	59,9	3594	1342	0,129	0,107
3	В – 3	<u>24,3</u>	<u>24,4</u>	<u>59,7</u>	<u>59,9</u>	<u>3310</u>	<u>1146</u>	<u>0,125</u>	<u>0,110</u>
		25,5	25,4	62,4	62,6	4773	1491	0,276	0,257
4	В – 4	<u>25,4</u>	<u>25,3</u>	<u>64,1</u>	<u>64,2</u>	<u>4725</u>	<u>1381</u>	<u>0,182</u>	<u>0,173</u>
		26,5	26,1	68,3	68,5	6341	1724	0,420	0,406

Температурна складова комплексної гігієнічної характеристики повітря в залежності від присутності людей тільки зростає: на  $2,5^\circ\text{C}$  при 12 студентах та на  $3^\circ\text{C}$  при 24 у варіанті 2; на 4 та  $5,2^\circ\text{C}$  – у варіанті 3; на 5,1 та  $6,2^\circ\text{C}$  відповідно у варіанті 4 в відношенню до вихідного значення. Розпил розчинів фітонцидів на цей параметр майже не впливає. Уповільнене зростання температури повітря в аудиторії (максимально до  $26,5^\circ\text{C}$ ) обумовлюється відносно малою площею контактування відкритої поверхні шкіри людини (обличчя, руки), з повітрям приміщення, теплоізоляцією за рахунок одягу та досить низькою теплоірадіацією.

Підвищення відносної вологості повітря в дослідних варіантах обумовлене великими виділеннями при диханні. Вологість повітря досить прогнозовано підвищувалася

...тому варіанті, досягаючи максимальних різниць – 162,2 % відповідно вихідних значень. При цьому не випадково значення цього параметра на 3,8-4,1 % завжди вищі при збільшенні людей з 12 до 24 чоловік в аудиторії (без врахування індивідуальних особливостей).

Значні зміни характерні для мікробіологічного забруднення і досягали максимальних значень у 4<sup>го</sup> варіанті – 5,6 рази проти відповідного контролю. В середньому за першу пару кожен студент забруднює повітря аудиторії 140-145 мікробами (за мікроба/хвилину), в той час як за три пари аналогічний показник досягав 175 мікробів за хвилину, що становило 0,6 мікроорганізма за хвилину. Це однозначно свідчить про те, що дихальні шляхи людини на самому початку експерименту містять підвищену кількість мікроорганізмів. З часом їх вміст у зовнішньому середовищі та дихальних шляхах майже зникає і тому їх виділення уповільнюється в 2,5-3 рази. Розпилювання фітонцидів знижує мікробіологічне забруднення повітря в 2,9-3,7 рази з незначною диференціацією між варіантами. Найбільш рельєфно виглядає зміна складу повітря в результаті газообміну між людиною та повітрям приміщення, особливо по вмісту вуглекислого газу. На підставі простих підрахунків можна констатувати, що у 4<sup>ому</sup> варіанті в процесі дихання буде використано всього 1,58 м<sup>3</sup> кисню і тому рівень останнього в аудиторії понизиться тільки на 0,3%, що на фоні 20,94 % його вихідного вмісту майже не позначиться на диханні людини. Інша справа по вмісту вуглекислого газу, значне підвищення якого в закритих приміщеннях можна передбачити заздалегідь, тому що у видихаємому людиною повітрі його концентрація (~ 4%) майже в 130 разів більш висока, ніж у оточуючому середовищі (0,03%). Згідно підрахунків за методикою [5] у 4<sup>ому</sup> варіанті в повітря загалом буде виділено майже 1,3 м<sup>3</sup> CO<sub>2</sub> і концентрація останнього досягне 0,48 %, що в 16 разів вище вихідного значення цього параметру.

В наших досліджах підвищення вмісту CO<sub>2</sub> у повітрі відмічалось в усіх варіантах з певною залежністю від кількості людей та часу їх знаходження в аудиторії. Так, у другому варіанті вміст CO<sub>2</sub> за першу пару (12 чоловік) подвоївся, а при збільшенні людей (24 чоловіка) – потроївся. Найбільше підвищення вмісту CO<sub>2</sub> у повітрі спостерігалось при збільшенні людей (24 чоловіка) в третьому та четвертому варіантах і дорівнювало 0,276 та 0,48 % проти 0,03 % – значення в контролі. Збільшення відносно контролю досягало 9,2 та 16 разів відповідно. Розпил фітонцидів майже не знижував вміст CO<sub>2</sub> у відповідних варіантах, що вказує на основне забруднення повітря вуглекислим газом не мікробіологічними, а людиною, яке дуже впливає на дихання останньої завдяки високій концентрації CO<sub>2</sub> у крові [1, 2].

Аналіз рухомості мікроорганізмів дозволяє стверджувати, що зовнішні фактори (температура, вміст O<sub>2</sub> та CO<sub>2</sub>) суттєво впливають на цей параметр з виділенням екстремальних субстративних (■) та оптимальних (□) зон кожного з факторів (рис. 2).

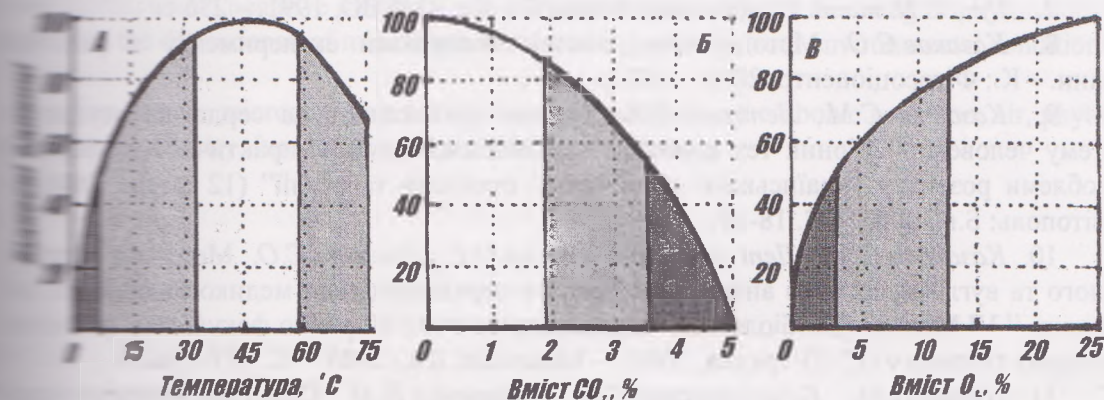


Рис. 2. Вплив температури (А), вмісту CO<sub>2</sub> (Б) та кисню (В) на рухливість мікроорганізмів

### Висновки

1. Наявність людей в закритих приміщеннях значно погіршує санітарно – гігієнічний стан повітря цих приміщень за рахунок диференційованої зміни його санітарно-гігієнічних складових;
2. Найменші зміни характерні для температурного фактору та відносної вологості повітря, які не досягають стресових значень при забрудненні повітря людиною і тому в незначній мірі впливають на її функціональну активність;
3. Мікробіологічне забруднення зростає у 5-6 разів, може проявляти пролонговану дію, яка за рахунок бактерицидних властивостей фітонцидів значно уповільнюється або зовсім нівелюється;
4. Найбільших значень досягає вуглекислотне забруднення повітря (підвищення в 14 разів), яке на фоні незначного зменшення вмісту кисню (на 0,39 %) та кращого розчинення в крові (в 9 разів відносно  $O_2$ ) є основною причиною пониження функціональної активності людини;
5. З'ясовані залежності рухової активності мікроорганізмів від температури, вмісту  $CO_2$  та  $O_2$  і встановлені екстремальні, адаптаційні та оптимальні зони цих факторів.

Таким чином, проведена робота в певній мірі може виступати підставою для практичних рекомендацій по розробці методів контролю санітарно-гігієнічних властивостей повітряного басейну закритих приміщень, а суміш ефірних олій м'яти, лаванди та котовника у співвідношенні 2:1:2 при загальній концентрації до  $2 \text{ мг/м}^3$  – як дійовий засіб обеззаражування повітря. Встановлені залежності рухової активності мікроорганізмів від факторів середовища. Перспектива подальших досліджень полягає в ідентифікації мікроорганізмів, визначенні їх рухової активності та розробці на цій основі математичної моделі для оцінювання відповідності стану середовища умовам життєдіяльності мікробів і впливу останніх на реабілітаційні процеси та реалізацію життєвого потенціалу людини.

### Список літератури

1. Балежин С.А., Ерофеев Б.В., Подобаев Н.И. Основы физической и коллоидной химии. – М.: Просвещение, 1975. – 395 с.
2. Векірчик К.М. Мікробіологія з основами вірусології. – К.: Либідь, 2001. – 311 с.
3. Векірчик К.М. Практикум з мікробіології. – К.: Либідь, 2001. – 143 с.
4. Волков Н.И., Несен Э.Н., Осипенко А.А., Корсун С.Н. Биохимия мышечной деятельности. – К.: Олимпийская литература, 2000. – 503 с.
5. Воробьёва Е.А., Губарь А.В., Сафьянникова Е.Б. Анатомия и физиология. – М.: Медицина, 1988. – 439 с.
6. Гродзинський А.М. і др. Фитонциды в эргономике. – К.: Наукова думка, 1986. – 185 с.
7. Гузь С.П. та ін. Основы мікробіології. – К.: УМКВО, 1991. – 236 с.
8. Казаков Є.О. Методологічні основи постановки експерименту з фізіології рослин. – К.: Фітосоціоцентр, 2000. – 272 с.
9. Казакова С.М., Лепихина В.Б. Влияние фитонцидов на сердечно-сосудистую систему человека / Збірник тез доповідей регіональної науково-практичної конференції “Проблеми розвитку українського суспільства: прогнози та реалії” (12 травня, 2006). – Мелітополь: Б.в., 2006. – С. 18-19.
10. Казакова С.М., Лепіхіна В.Б., Пюрко О.Є., Казаков Є.О. Методика бактеріального та вуглекислотного аналізу повітряного середовища для медико-біологічних досліджень // VI Міжнародні біологічні читання, присвячені 50-річчю факультету фізичного виховання та спорту (22-23 грудня, 2006). – Миколаїв: Б.в., 2006. – С. 117-124.
11. Пурро Л.М., Кашнуровский Г.А., Сидоренко Н.М. Санитарно-гигиеническое значение бактериального обсеменения воздушной среды при подготовке спортсменов

Биологические основы подготовки квалификационных спортсменов. – К.: ЦОФК, 1986. – С. 89-94.

12. Пяткін К.А., Кривошеїн Ю.С. Мікробіологія з вірусологією та імунологією. – К. Вища школа, 1992. – 431 с.

13. Rozolski A. Cwiczeniaz mikrobiologii ogolnij. – Lodz: Wydawnictwo Uniwersytetu Lodzkiego, 1996. – 260 s.

## БАКТЕРИАЛЬНОЕ И УГЛЕКИСЛОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ЧЕЛОВЕКОМ ВОЗДУХА И МЕТОДЫ ЕГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ОЧИСТКИ

С. КАЗАКОВА<sup>1</sup>, Е. КАЗАКОВ<sup>1</sup>, О. ПЮРКО<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Экономико-гуманитарный факультет в г. Мелитополе

<sup>2</sup> Мелитопольский государственный педагогический университет

Показано, что в закрытых помещениях, где находятся люди, постепенно происходит бактериальное и углекислотное загрязнение воздуха, отрицательное влияние которого можно значительно смягчить применением фитонцидов. Установлены зависимости двигательной активности микроорганизмов от условий среды.

**Ключевые слова:** микроорганизмы, чашки Петри, бактериальное и углекислотное загрязнение, воздух, фитонциды, двигательная активность, функциональные и реабилитационные процессы.

## BACTERIUM AND CARBONIC POLLUTION OF AIR AND METHODS OF ITS DETERMINATION AND PURIFICATION

S. KAZAKOVA<sup>1</sup>, E. KAZAKOV<sup>1</sup>, O. PYURKO<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Tavria National University named after V.I. Vernadskiy

<sup>2</sup> Melitopol State Pedagogical University

**Abstract.** It is shown that the air bacterial and carbonic pollution is gradually occurred in rooms, which negative influence can alleviate considerably by the using of phytoncides. It is specified the dependence of microorganisms' moving activity from environmental conditions.

**Key words:** microorganisms, Petry' scales, bacterial and carbonic pollution, air, phytoncides, moving activity, functional and rehabilitation processes.