

**ШИФР: ЕКОЛОГІЯ**

**СТУДЕНТСЬКА НАУКОВА РОБОТА**

**НА ТЕМУ:**

**«ОЦІНКА МІКРОКЛІМАТУ ПРИМІЩЕНЬ В УМОВАХ ПАНДЕМІЧНИХ  
ЗАГРОЗ»**

## ЗМІСТ

Анотація .....	3
Вступ .....	5
РОЗДІЛ 1. Оцінка мікроклімату приміщень в умовах пандемічних загроз ....	8
1.1 Трансформації побудованого середовища під впливом пандемій .....	8
1.2 Історія досліджень мікробіологічного забруднення вентиляційних систем	9
РОЗДІЛ 2. Об'єкт та методи дослідження .....	12
2.1 Характеристика об'єкту дослідження .....	12
2.2 Методика дослідження .....	13
РОЗДІЛ 3. Вплив систем вентиляції на мікробіологічну безпеку та мікрокліматичні умови приміщень .....	18
3.1 Оцінка впливу систем вентиляції на мікробіологічну безпеку та мікрокліматичні умови приміщень .....	18
3.2 Перспективи подальших досліджень .....	25
ВИСНОВКИ .....	28
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	30
ДОДАТОК А Акт впровадження результатів роботи «ЕКОЛОГІЯ» на тему: «Оцінка мікроклімату приміщень в умовах пандемічних загроз» .....	32
ДОДАТОК В Акт про впровадження результатів роботи «ЕКОЛОГІЯ» на тему: «Оцінка мікроклімату приміщень в умовах пандемічних загроз» .....	33

## АНОТАЦІЯ

Тенденції будівництва завжди відображали здатність еволюціонувати після кризи. Інфекційні захворювання відігравали роль рушійних факторів оновлення міст. Побудоване середовище сформовано під впливом хвороб та запобіжних заходів, розроблених для забезпечення здоров'я, гігієни та комфорту населення. Незважаючи на катастрофічні наслідки пандемії COVID-19, вона стала поштовхом для позитивних екологічних змін. Як і всі епідемії минулого, сучасна катастрофа може стати стимулом для розвитку побудованого середовища [1]. В умовах пандемії COVID-19 організації та міжнародні установи щодо контролю за розповсюдженням SARS-CoV-2 у приміщеннях рекомендують обмежувати роботу систем вентиляції та рециркуляції відпрацьованого повітря, хоча наразі ще недостатньо даних для однозначного з'ясування ролі систем опалення, вентиляції та кондиціонування (ОВіК) повітря у поширенні інфекції [5]. Проаналізовано ключові аспекти впливу мікробіологічного забруднення на системи вентиляції і кондиціонування, мікроклімат приміщень та здоров'я користувачів. Кількісний і якісний склад мікрофлори приміщень залежить від їх функціонального призначення, конструкційних особливостей, умов експлуатації, клімату та інших чисельних факторів, серед яких суттєве значення має спосіб вентиляції. Особливу небезпеку становлять зволожуючі компоненти систем кондиціонування, які забезпечують бактерії і гриби водою, необхідною для їх життєдіяльності і розмноження. Крім того, в системах вентиляції накопичуються забруднювачі, що служать субстратом для живлення мікроорганізмів. Багатоповерхові адміністративно-громадські та житлові будівлі, промислові споруди та інші місця масового скупчення людей – це зони підвищеної аеробіологічної небезпеки поширення інфекцій. Системи кондиціонування і вентиляції при неправильній експлуатації можуть стати джерелами поширення мікроорганізмів в будь-яких приміщеннях [3]. Передача інфекційного аерозолу на великі відстані відбувається у людних приміщеннях з поганою вентиляцією і ключовим

фактором для спалаху інфекції є напрямок повітряного потоку. Оцінка ризику та рішення про вибір систем кондиціонування повітря повинні бути динамічними та базуватися на масштабах розвитку пандемії, а також на верифікації характеристик систем ОВіК та їх ефективності.

Найбільш актуальні зараз мультидисциплінарні дослідження у напрямку удосконалення побудованого середовища для захисту людей у пост-пандемічну еру. Технології зеленого будівництва – це ефективний інструмент для перебудови наших міст у відповідності до нових вимог сучасності. Стандарти зеленого будівництва можуть послужити основою для нових норм покращення побудованого середовища[.

## ВСТУП

Більшу частину життя люди проводять в будівлях, де завжди присутні мікроорганізми – патогенні, умовно-патогенні або нейтральні, але у більшості випадків їх вплив на мешканців та мікроклімат приміщень все ще залишається недостатньо дослідженим. Неможливо зовсім позбутися оточуючої мікрофлори, але можливо вплинути на її видовий склад і кількісне співвідношення, однак для цього необхідно знати, які чинники впливають на мікробні асоціації будівель. Кількісний і якісний склад мікрофлори приміщень залежить від їх функціонального призначення, конструкційних особливостей, умов експлуатації, клімату та інших чисельних факторів, серед яких суттєве значення має спосіб вентиляції. Системи вентиляції та кондиціонування повинні покращувати стан повітря в приміщеннях і позитивно впливати на здоров'я. Проте, за певних умов, вони не тільки не покращують показники внутрішнього середовища, але і служать джерелом небезпечних для здоров'я людей мікроорганізмів. Особливо ця проблема набуває актуальності під час пандемії COVID-19, коли люди вимушені ще більше часу проводити у закритих приміщеннях і якість мікроклімату виходить на перший план. Ефективне функціонування систем вентиляції та кондиціонування, як і дотримання високих стандартів якості внутрішнього повітря, забезпечують комфорт та сприяють збереженню здоров'я населення.

**Актуальність дослідження.** Робота вентиляційних установок, що визначають якість повітря повинна знаходитися під постійним мікробіологічним контролем, тому в останні роки багато уваги приділяється обстеженню мікрофлори систем вентиляції та кондиціонування приміщень. Серед загальної кількості випадків корозійного руйнування обладнання теплоенергетики та кондиціонування в умовах експлуатації більше 50% обумовлено життєдіяльністю корозійно-агресивних мікроорганізмів [5]. Якщо сульфатредуючі і тіонові бактерії потрапляють у системи вентиляції та теплогазопостачання, вони не тільки забруднюють охолоджуючі системи і знижують теплопередачу, але й

викликають корозію матеріалів обладнання [11]. Фінансові збитки від мікробіологічної корозії у Великобританії кожен рік становлять щонайменше 1200 млн. фунтів стерлінгів [7]. У США щорічні втрати від мікробіологічної корозії трубопроводів тільки під дією анаеробних сульфатредукуючих бактерій оцінюються у 2000 млн. дол. [8].

В системах механічної вентиляції та кондиціонування за певних обставин можуть створюватись умови, сприятливі для росту потенційно патогенних мікроорганізмів, які викликають захворювання органів дихання та алергії. Профілактичні заходи включають регулярні процедури технічного обслуговування обладнання, очищення всіх водовмісних елементів від біоцидів та заміну фільтрів [AGER]. У зв'язку з пандемією COVID-19 активно досліджується повітряна трансмісія SARS-CoV-2, але поки що немає достатньо даних для однозначного з'ясування ролі систем опалення, вентиляції та кондиціонування повітря у поширенні COVID-19 [7]. Однак у ряді європейських країн вже опубліковано технічні вказівки щодо обмеження роботи систем вентиляції та рециркуляції відпрацьованого повітря [11]. Проте обмеження використання кондиціонерів та систем опалення може створити тепловий дискомфорт і негативно вплинути на здоров'я та продуктивність праці. У зв'язку з цим, оцінка мікробіологічних ризиків зараження, пов'язаних з використанням систем вентиляції, набуває особливої актуальності для прийняття правильних рішень і забезпечення належного стану екологічної безпеки в приміщеннях.

**Мета дослідження:** з'ясувати ключові аспекти впливу мікробіологічного забруднення систем вентиляції і кондиціонування, мікроклімат приміщень та здоров'я користувачів. В узгодження з визначеною метою сформульовано такі **завдання:**

- 1) проаналізувати склад мікрофлори приміщень різного функціонального призначення;
- 2) дослідити видовий склад та основні фактори поширення мікробіологічних агентів у системах вентиляції та кондиціонування;

- 3) визначити головні чинники екологічної безпеки мікрокліматичних параметрів приміщень;
- 4) сформулювати основні рекомендації щодо функціонування систем вентиляції і кондиціонування в умовах небезпеки поширення респіраторних інфекційних захворювань.

**Наукова новизна:**

- встановлено, що кількісний і якісний склад мікрофлори приміщень залежить від їх функціонального призначення, конструкційних особливостей, умов експлуатації, запиленості, вологості, освітлення, клімату та інших чисельних факторів, серед яких суттєве значення має спосіб вентиляції;
- визначено, що видова різноманітність мікрофлори в будинках вище, ніж зовні, проте мікрофлора повітря закритих приміщень без систем вентиляції більш одноманітна і більш стабільна, ніж зовні;
- з'ясовано, що системи кондиціонування і вентиляції при неправильній експлуатації можуть стати транспортними шляхами поширення мікроорганізмів, що особливо небезпечно в період пандемічних загроз, тому для запобігання поширення інфекційних агентів доцільно використовувати місцеві системи кондиціонування.

# РОЗДІЛ 1

## ОЦІНКА МІКРОКЛІМАТУ ПРИМІЩЕНЬ В УМОВАХ ПАНДЕМІЧНИХ ЗАГРОЗ

### 1.1 Трансформації побудованого середовища під впливом пандемій

Пандемія COVID-19 вплинула на всі сфери нашого життя і світ вже ніколи не стане таким, яким був раніше. Проте людство протягом всієї своєї історії вже потерпало від смертоносних інфекцій і виживало тільки завдяки вмінню пристосовуватись до нових умов [2]. Епідемії минулого змушували людей докорінно змінювати свої помешкання та поселення, що нерідко стимулювало розвиток прогресивних технологій. Смертоносні епідемії стали приводом для всіх значних трансформацій міст і впливали на архітектуру, дизайн та інфраструктуру [1].

Епідемії бубонної чуми, холери, туберкульозу, черевного тифу, поліомієліту та іспанського грипу стали поштовхом для глобальної перебудови міст. З'явилися великі площі та відкриті громадські простори, відокремилися карантинні зони. Санітарні реформи сприяли розробці систем водопостачання. Архітектори-модерністи розглядали дизайн як ліки для перенаселених міст. Архітектурні конструкції відображали стиль епохи чистоти і стерильності – світлі матеріали, відмова від орнаментів, великі вікна, балкони, покращена вентиляція, відокремлення індустріальних та житлових функціональних зон. Окрім естетичної привабливості, ці риси втілювали модерністські ідеї щодо цілющих ефектів світла, повітря та природи, підкреслювали лікувальні властивості середовища [1].

Карантинні обмеження під час пандемії COVID-19 підірвали світову економіку, але при цьому природа отримала перепочинок від агресивного антропогенного навантаження. І позитивні наслідки проявились практично



зразу. Повітря у багатьох містах стало чистіше, але на жаль ця історія не про Київ, де навіть під час карантину викиди перевищували допустимі норми [3]. А в цілому у світі, внаслідок зменшення транспортних переміщень та відміни авіарейсів чистота атмосферного значно покращилась. Через відсутність людей на вулицях європейських міст стали з'являтися дикі тварини. Вода в річках також стала чистіше, а в каналах Венеції навіть було помічено дельфінів [4].

Водночас, пандемія COVID-19 має і негативні аспекти впливу на навколишнє середовище. Збільшилося використання одноразового посуду та пакувальних матеріалів для доставки товарів і продуктів. Одноразові захисні маски вже стали серйозною проблемою на звалищах. Накопичення новоутвореного пандемією специфічного сміття вже потребує невідкладних заходів по утилізації. Масове використання дезінфікуючих засобів може викликати знищення безпечної мікрофлори та сприяти поширенню патогенних мікроорганізмів у приміщеннях [2].

## **1.2 Історія досліджень мікробіологічного забруднення вентиляційних систем**

Вперше увагу на проблему мікробіологічного забруднення вентиляційних систем звернули у 1976 р., коли під час з'їзду Американського легіону у Філадельфії (США) на пневмонію захворіло 221 учасників, 34 з яких померло. Згодом з'ясувалося, що спалах інфекції викликали бактерії, виділені із охолоджувальної рідини кондиціонерів, тому в пам'ять загиблих учасників з'їзду вони отримали назву *Legionella*. Природним резервуаром представників цього роду бактерій слугують прісні водойми, але *Legionella* також освоїли штучну нішу систем кондиціонування і вентиляції, де циркулює вода оптимальної температури, а дрібнодисперсний аерозоль сприяє поширенню техногенної інфекції. Патогенними для людей є 17 з 41 видів *Legionella*, причому 90% легіонельозів пов'язують з видом *L.pneumophila*, а інші випадки спричинені видами *L. micdadei*, *L.longbeuchae*, *L.dumoffii* та *L.bozemanii* [4]. Згадані бактерії

висівають з рідин кондиціонерів, промислових і побутових систем охолодження, систем питної води, басейнів, бойлерних і душових установок, обладнання для респіраторної терапії, акваріумів та фонтанів. Ці аеробні, грамнегативні, внутрішньоклітинні патогени часто колонізують гумові поверхні, наприклад, шланги водопровідного, медичного і промислового обладнання. Слід підкреслити, що незважаючи на широке розповсюдження, епідемічної небезпеки дана інфекція практично не представляє, так, протягом 1949–2015 рр. із 47 повідомлень зафіксовано 805 випадків легіонельозів, дев'ять з яких виявились летальними [10]. Профілактика цього захворювання не передбачає ніяких особливих санітарно-епідемічних заходів крім звичайної санітарної обробки обладнання, але бактерія може зберігатись у важкодоступних частинах конструкцій.

Однак обмежувальні заходи, пов'язані з пандемією COVID-19, викликали додаткову небезпеку через застоювання води в системах трубопроводів у громадських та виробничих приміщеннях, які були закриті на час карантину. Внаслідок цього створились умови, що сприяють розмноженню патогенних бактерій, в тому числі представників роду *Legionella*, і вже зафіксовано випадки виникнення відповідних інфекцій, пов'язаних з обладнанням з використанням водних систем [8]. В зв'язку з цим виникає необхідність у заходах моніторингу та знезараження систем водопостачання, вентиляції та кондиціонування безпосередньо перед відкриттям будівель після карантину.

Викликає занепокоєння і безпосереднє поширення вірусу SARS-CoV-2 через системи циркуляції повітря. Результати, отримані внаслідок досліджень попередніх епідемій коронавірусів, свідчать про небезпеку шляхів зараження через конструктивні дефекти в системі розподілу повітря з незбалансованою швидкістю потоку в припливних датчиках та витяжних решітках. Більшість з цих фактів було зібрано під час епідемії MERS, тому поки що невідомо, чи має вірус SARS-CoV-2 такий же потенційний переносу і розповсюдження [1]. Водночас шість із семи досліджень респіраторних вірусних інфекцій довели, що системи кондиціонування відіграли роль у розповсюдженні захворювань. Але системи

кондиціювання повітря, правила та вимоги до їх технічного обслуговування можуть різнитися між країнами, тому наявні дослідження поки що не узагальнено, і наразі неможливо аргументовано довести забруднення систем вірусними частинками SARS-CoV-2. [12]. З іншого боку, накопичені знання про новий SARS-CoV-2 свідчать про те, що він має вищу аерозольну та поверхневу стабільність, ніж SARS-COV-1, і може залишатися життєздатним та інфекційним в аерозолі протягом годин [13]. Експериментальні дослідження показали, що аерозолізовані частинки SARS-CoV-2 залишаються у повітрі не менше 3 годин, зберігаючи життєздатність до 1 години в повітрі та до доби на поверхнях [16]. Період напіввиведення вірусних частинок може бути різним в залежності від метеорологічних умов, таких, як температура, відносна вологість та ультрафіолетове випромінювання, які можуть послабити вірус [7]. Передача інфекційного аерозолі на великі відстані відбувається у людних приміщеннях з поганою вентиляцією і ключовим фактором для спалаху інфекції є напрямок повітряного потоку. Таким чином, належні мікрокліматичні умови в будівлях мають велике значення для здоров'я мешканців, працівників та відвідувачів.

## РОЗДІЛ 2

### ОБ'ЄКТ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

#### 2.1 Характеристика об'єкту дослідження

Мікроорганізми широко поширені в природі й існують у всіх природних середовищах. Виявлення і кількісний облік мікроорганізмів в об'єктах навколишнього середовища необхідні при санітарно-гігієнічних і екологічних дослідженнях для моделювання природних систем і розробки основ управління природними процесами.

**Мікрофлора повітря.** Склад мікрофлори повітря різноманітний і значно змінюється в залежності від умов. Мікроорганізми в повітрі можуть перебувати тільки тимчасово, так як в ньому відсутнє необхідне живильне середовище. Забруднення повітря мікроорганізмами відбувається з ґрунту, від тварин, людей і рослин. Потрапивши в повітря, вони швидко відмирають або знову осідають на поверхню землі і різних предметів. Мікроорганізми, що знаходяться в повітрі, в основному належать до нешкідливих видів. Серед них зустрічаються спори бактерій, грибів, та інших мікрооб'єктів. Повітря верхніх шарів атмосфери, а також гірське і морське повітря містить дуже мало мікроорганізмів. У населених пунктах їх значно більше, особливо в літню пору.

Кількість мікроорганізмів у житлових приміщеннях залежить від їх санітарно-гігієнічного стану. Повітря вважається чистим при вмісті в 1 м<sup>3</sup> НЕ більше 1500 бактерій і 16 стрептококів. Найбільш забруднюється повітря в приміщеннях при скупченні людей і поганій роботі вентиляції. Повітря може служити фактором передачі респіраторних вірусних захворювань (ГРВІ), грипу, туберкульозу, дифтерії, стафілококової інфекції та ін. Патогенні мікроорганізми потрапляють в повітря через при кашлі, чханні і т.п. хворих людей або бактеріоносіями [8].

У повітрі цехів підприємств харчової промисловості патогенні мікроорганізми повинні бути відсутні, загальна кількість мікробів в 1 м<sup>3</sup> не

повинна перевищувати 100-500 бактерій. Мікробна забрудненість повітря значно знижується при хорошій роботі вентиляції, наявності бактерицидних фільтрів для повітря, що подається, регулярного вологого прибирання приміщень. У холодильних і кондитерських цехах рекомендується використання бактерицидних ламп [8].

У пильних приміщеннях кількість мікробів підвищується до десятків тисяч в 1 м<sup>3</sup> повітря. У нежитлових приміщеннях, підвалах і льохах в повітрі міститься менше мікробів, ніж у відкритих місцях. У 1 г кімнатного або вуличного пилу міститься 1 млн. мікробів і серед них часто зустрічаються патогенні. Значний вміст мікробів у повітрі свідчить про низький санітарний стан приміщення. При наявності до 500 мікробних клітин в 1 м<sup>3</sup> повітря житлових або виробничих приміщень повітря вважають чистим. При дослідженні бактеріальної забрудненості повітря враховується загальна кількість мікроорганізмів, що містяться в певному обсязі повітря, і якісний склад мікрофлори повітря.

Для запобігання поширенню COVID-19 важливо розуміти потенційну динаміку передачі інфекції. ВООЗ рекомендує дотримуватись відстані 1,5 - 2 м між особами для мінімізації ризику зараження, проте нещодавні дослідження підтверджують гіпотезу про передачу вірусу на відстань понад 2 м від зараженої людини. Дослідники університету штату Оклахома змоделювали різні умови навколишнього середовища та руху повітря і з'ясували що соціальної дистанції 2 м достатньо тільки якщо атмосферне повітря є статичним [1].

## **2.2 Методика дослідження**

В мікробіологічній практиці використовують, головним чином, чисті культури мікроорганізмів, тобто популяції мікроорганізмів одного , які є потомством однієї клітини. Оскільки в повітрі, на поверхні предметів, що оточують нас, на одязі, руках, волоссі завжди наявна велика кількість різноманітної мікрофлори, то для забезпечення стерильності досліджень і щоб уникнути забруднення культур робота повинна проводитися з дотриманням

правил асептики. При роботі з неідентифікованими мікроорганізмами, при їх виділенні з об'єктів навколишнього середовища та техногенних потоків, можуть бути виділені патогенні й умовно патогенні мікроорганізми. Крім того, клітини мікроорганізмів можуть бути алергенами для певних індивідуумів.

**Інструменти та посуд, що застосовуються в біологічній лабораторії.** У лабораторії мікроорганізми вирощують на щільних і рідких поживних середовищах, які розливають в пробірки, колби і чашки Петрі. В пробірках мікроорганізми культивують як в рідких, так і на щільних середовищах. Рідким середовищем для аеробних культур заповнюють зазвичай 1/3 пробірки, для анаеробних - 2/3. При вирощуванні мікроорганізмів в колбах використовують тільки рідкі поживні середовища. Для культивування аеробних мікроорганізмів середовище наливають тонким шаром (наприклад, 30 мл в колби Ерленмейера на 100 мл), для вирощування анаеробних мікроорганізмів колбу заповнюють на 2/3. Пробірки та колби також використовують для зберігання поживних середовищ. Чашки Петрі застосовують для вирощування культур мікроорганізмів на щільних поживних середовищах. Вони мають висоту близько 1,5 см і діаметр близько 8-10 см (діаметр кришки дещо більше, ніж діаметр нижньої чашки) [8].

Для посіву штрихом використовують бактеріологічні петлі їх виготовляють з платинового дроту, яку закріплюють в спеціальних металевих власниках або впаюють в скляні палички. Товщина голок і петель не повинна перевищувати 0,5 мм, шпателя - 1,5 мм і більше. При посівах (і пересіву) культур мікроорганізмів з колоній, що виростили на щільних середовищах, застосовуються голки або шпателі. Шпателі також використовують для взяття клітин з колоній, які врастають в субстрат, і для розмазування рідких культур на поверхні щільного поживного середовища. Суспензії мікроорганізмів беруть петлею [8].

При приготуванні препаратів мікроорганізмів предметні скельця утримують у висячому положенні пінцетами або спеціальними утримувачами. Сушити препарати доцільно на верхньому ярусі сушильного металевих столика Коха. Промивати їх зручно на пристосування - перекладинах або на так званих

препаратотримачах - паралельно розташованих скляних паличках, з'єднаних гумовими трубками (довжина паличок від 20 до 30 см, трубок від 15 до 20 см). Палички встановлюють над кристалізаторами або фарфоровими чашками.

**Стерилізація** – це процес знищення всіх живих мікроорганізмів і спор у середовищі або на поверхні об'єкту. Стерилізації піддаються поживні середовища, лабораторний посуд, інструменти, розчини і т. д. Залежно від того, за допомогою яких факторів вбивають мікроорганізми, всі способи стерилізації розділяють на фізичні, механічні та хімічні; або на термічні та холодні.

**Термічна стерилізація** заснована на знищенні мікробів за допомогою високих температур. Знищення мікробів високими температурами легко здійснимо і широко використовується в практичній діяльності людини та найчастіше застосовується в мікробіологічній практиці. При цьому потрібно пам'ятати, що у вегетативних (неспорових) клітин денатурація білків і загибель починається вже при температурі 56–60°C. Більш термостійкі спори гинуть в сухій атмосфері при температурі 160°C протягом 1-2 годин, а у вологому середовищі загибель спор відбувається при температурі 112-120°C протягом 20-30 хвилин [8].

До методів термічної стерилізації відносять: 1) стерилізація сухим жаром, 2) стерилізація парою під тиском, 3) фламбірування, 4) кип'ятіння, 5) стерилізація текучою парою, 6) пастеризація, 7) дробна стерилізація.

В мікробіологічній лабораторії та особливо на виробництві постійно здійснюють контроль ефективності стерилізації. Для цього визначають кількість клітин, які вижили після стерилізації, методом посіву в чашки за кількістю колоній, що утворюються. Використовують також і спеціальні біологічні індикатори (бактеріальні спори), які за визначених умов стерилізації гинуть з прогнозованою швидкістю.

Санітарно-бактеріологічне дослідження повітря проводиться двома шляхами: седиментаційним і аспіраційним.

**Седиментаційний метод (по Коху)** – осідання мікробів під дією сили

тяжіння – є простим способом вивчення мікрофлори повітря. Він полягає в тому, що чашки Петрі з середовищем залишають відкритими на певний час (5-10 хвилин на загальну забрудненість і не менше 40 хв. на кокову мікрофлору), потім їх закривають і витримують 24 години при кімнатній температурі. Кількість колоній, що вирости відповідає ступеню забрудненості повітря: за приблизними підрахунками на площу 100 см<sup>2</sup> в протягом 5 хв. осідає стільки мікробів, скільки їх міститься в 10 л повітря [8].

**Аспіраційний метод** може бути здійснений за допомогою апарату Кротова, який дає можливість досліджувати певний обсяг повітря. Апарат змонтований в портативному ящику і складається з вузла для відбору проб повітря, макроманометру і електромотора. Досліджуване повітря просочується через клиноподібну щілину прозорого диска з плексигласу, встановленого на центробіжному вентиляторі. Засмоктуване повітря розподіляється по поверхні живильного середовища чашки Петрі. Чашка з середовищем повинна обертатися зі швидкістю 60 оборотів в хвилину, що гарантує рівномірний розподіл мікроорганізмів на поверхні живильного середовища. Швидкість просочування при відборі проб повинна бути 25 л в хвилину з експозицією 4-5 хвилин для визначення загальної кількості мікробів (тобто не менше 100 л повітря) і з експозицією 10-15 хвилин для виявлення коків (не менше 250-300 л повітря).

При визначенні загальної бактеріальної забрудненості повітря посів роблять на дві чашки Петрі з м'ясо-пептонним агаром. Вирощують 48 годин (24 години на термостаті і 24 години при кімнатній температурі). Потім підраховують кількість колоній, що вирости, і отримані дані перераховують на 1м<sup>3</sup> досліджуваного повітря. Санітарно-показовими мікроорганізмами забруднення повітря закритих приміщень є стафілококи, гемолітичні стрептококи. Чим більше кількість стрептококів виявляють в повітряному середовищі, тим найімовірніше можливість зараження людини повітряно-крапельними інфекціями.

**Визначення кількості клітин висівом на щільні поживні середовища** (чашковий метод Коха). В основі методу лежить принцип Коха, згідно з яким



кожна колонія є потомством однієї клітини. Це дозволяє на підставі числа колоній, що вирости після посіву на щільне поживне середовище певного обсягу досліджуваної суспензії, судити про вихідному вмісті в ній клітин мікроорганізмів. Результати кількісного обліку мікроорганізмів, проведеного методом Коха, часто висловлюють не в числі клітин, а в умовних одиницях – так званих колонієутворюючих одиницях (КУО). Визначення числа мікроорганізмів цим методом включає три етапи: приготування розведень, посів на щільне середовище в чашки Петрі і підрахунок колоній, що вирости [8].

## РОЗДІЛ 3

### ВПЛИВ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦІЇ НА МІКРОБІОЛОГІЧНУ БЕЗПЕКУ ТА МІКРОКЛІМАТИЧНІ УМОВИ ПРИМІЩЕНЬ

#### 3.1 Оцінка впливу систем вентиляції на мікробіологічну безпеку та мікрокліматичні умови приміщень

Мікроорганізми відіграють важливу роль у стані мікроклімату приміщень, а їх кількість в повітрі будівель більше, ніж в атмосферному повітрі іноді в сотні разів. Проте мікрофлора повітря закритих приміщень без систем вентиляції більш одноманітна і відносно стабільна, ніж склад мікроорганізмів відкритих просторів. В 1 м<sup>3</sup> повітря житлових приміщень налічують 20 000 мікроскопічних біоб'єктів, серед яких бактерії, гриби та віруси [7]. Їх життєздатність у повітрі залежить від стійкості до висушування, ультрафіолетового випромінювання та інших факторів. Мікроорганізми активно розмножуються в теплому і вологому середовищі, особливо в затемнених місцях, на різноманітних субстратах і частинках пилу.

У житлових та громадських приміщеннях домінують мешканці носоглотки людини, зокрема, стрептококи, пневмококи, діфтероїди, стафілококи, в тому числі патогенні види, які виносяться назовні в процесі дихання, кашляння і чихання людей. В повітрі часто трапляються спори аеробних паличок роду *Bacillus*, пігментовані штами бактерій родів *Sarcina* і *Staphylococcus*, а також гриби родів *Penicillium*, *Aspergillus*, *Rhodotorula* та ін. В домашньому пилу переважають бактерії людської шкіри (*Staphylococcus*, *Streptococcus*, *Corynebacterium* і *Propionibacterium*), вагіни (*Lactobacillus*, *Bifdobacterium* і *Lactococcus*) і фекалій (*Bacteroides*, *Faecalibacterium* і *Ruminococcus*). При цьому відмічають гендерну спеціалізацію мікрофлори: в будинках, де більше чоловіків переважають види родів *Corynebacterium*, *Dermabacter* і *Roseburia*, а в «жіночих»

будинках – *Lactobacillus*. Ідентифіковано 56 родів бактерій, наявність яких у будинках пов'язана з присутністю собак, і 24 родів, які свідчать про присутність у помешканнях котів. У домашньому середовищі також трапляються мікроорганізми характерні для комах – *Wolbachia*, *Buchnera*, *Rickettsia* і *Bartonella*. Склад мікроорганізмів у безпосередній близькості біля будинків відрізняється від внутрішньої мікрофлори – зовні переважають бактерії порядків *Actinomycetales* і *Sphingomonadales* та гриби родів *Cladosporium* і *Toxicocladosporium* [6]. Причому відмінності більш характерні для бактерій, ніж для грибів, більшість з яких потрапляє в будинок ззовні, тому 65% видів грибів трапляються і в будинку, і на вулиці. Загалом видова різноманітність мікрофлори в будинку приблизно на 50% вище, ніж зовні.

На відміну від бактеріальної, мікофлора внутрішніх приміщень відрізняється меншою різноманітністю, ніж зовні. Мікроскопічні гриби здатні викликати цілий спектр захворювань, особливо дихальних шляхів, які важко визначаються і лікуються. Причому тимчасові нездужання і хронічні хвороби можуть викликати не тільки мікроміцети, а й токсичні продукти їх метаболізму. Навіть якщо летючі органічні сполуки грибів мають відносно низьку токсичність, вони можуть спричинити головний біль, відчуття дискомфорту і гострі порушення дихання. Характерними представниками будинків є види родів *Aspergillus*, *Penicillium*, *Alternaria* і *Fusarium*, а також деякі дереворуйнівні гриби – *Stereum*, *Trametes*, *Phlebia* і *Ganoderma*. «Домашніми» можна вважати гриби, що живуть на шкірі та слизових поверхнях людей, зокрема *Candida* і *Trichosporon*, а також дріжджі *Saccharomyces*. Більшість з них нешкідливі, але *Aspergillus flavus* утворює гепатотоксичні з'єднання афлатоксини, в тому може викликати масові отруєння і ряд небезпечних захворювань людини. У повітрі приміщень частіше зустрічаються *Aspergillus versicolor*, *Penicillium aurantiogriseum*, *P. viridicatum*) і *Trichoderma* [6]. Розвиток грибів у приміщеннях насамперед залежить від мікрокліматичних показників вологості, температури, запилення, вентиляції та термоізоляції. Зазвичай гриби розвиваються в темних, сирих і непровітрюваних місцях з відповідними субстратами, крім того видовий

мікологічний склад залежить від географічного положення будинку і кліматичних умов місцевості.

Дослідження розвитку мікрофлори в квартирах нових будинках не виявили значних змін концентрацій або типів мікробіологічного забруднення між першим та другим роками заселення, але підвищення вологості та зниження температури повітря на вулиці, а також вітри з північного сходу сприяли підвищенню концентрації бактерій та грибів. При порівнянні зразків повітря з кухонь, віталень, спалень та ванних кімнат не виявлено значних відмінностей у концентраціях повітряної мікрофлори, незважаючи на те, що вологі поверхні на кухнях та у ванних характеризувались значною популяцією бактерій та дріжджів. Середні концентрації бактерій у повітрі становили 98 КУО/м<sup>3</sup> (26–372 КУО/м<sup>3</sup>) у приміщенні та 101 КУО/м<sup>3</sup> (28–364 КУО/м<sup>3</sup>) на вулиці (КУО – колонієутворюючі одиниці, які визначаються як число колоній на агаровому живильному середовищі, які виростили з відібраних зразків). Середні концентрації грибів у повітрі становили 198 КУО/м<sup>3</sup> (58–673 КУО/м<sup>3</sup>) у приміщенні та 362 КУО/м<sup>3</sup> (113–1158 КУО/м<sup>3</sup>) на відкритому повітрі [10].

Внаслідок дослідження мікробіологічного забруднення повітря у різних приміщеннях університетських будівель у Познані (Польща) встановлено, що в усіх місцях у другій половині дня спостерігалось збільшення кількості бактерій та грибних спор. Очевидно, що це корелює із циркуляцією потоків студентів і викладачів. Найчастіше у зразках повітря траплялись представники родів бактерій і грибів *Staphylococcus*, *Micrococcus*, *Serratia*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Rhizopus*, *Cladosporium* та *Alternaria*. Серед виявлених мікроорганізмів було відзначено наявність патогенних та алергенних видів [17].

Штами бактерій, що утворюються в лікарнях, відрізняються надзвичайною агресивністю і стійкістю до більшості антибіотиків. В повітрі лікарняних приміщень домінують золотистий стафілокок і стрептококи у співвідношенні 70% до 30% відповідно. Метицилін-резистентний *Staphylococcus aureus* став причиною смертоносної епідемії серед немовлят у пологових відділеннях багатьох розвинених країн. А у дорослих пацієнтів цей штам стафілококу

підвищує ймовірність летального результату на 64%, ніж у носіїв звичайної форми цієї бактерії. Цей та інші інфекційні штами зародилися і поширилися саме в лікарнях, причому в умовах найсуворішої гігієни. При цьому ризик інфікування поширюється не тільки на пацієнтів, але й на лікарів і обслуговуючий персонал лікарень [4]. З іншого боку, у приміщеннях, де не дотримуються санітарних вимог, бактеріальна забрудненість повітря зростає за рахунок інших патогенних видів *Staphylococcus*, *Streptococcus pyogenes*, *Pseudomonas aeruginosa* і бактерій групи *Escherichia coli*, якщо концентрація останніх досягає 100 КУО/м<sup>3</sup> [17].

В частинках пилу приміщень патогенні бактерії можуть зберігати життєздатність і контагіозність дуже довгий час: гемолітичний стрептокок – 2-3 місяці, бруцели – від 20 до 70 днів, *Mycobacterium tuberculosis* – до року. Віруси застуди та грипу можуть виживати протягом 18 годин на твердих поверхнях [4]. Вважають, що запиленість приміщень має велике значення у виникненні спалахів бактеріальних інфекцій та поширенні збудників мікозів, зокрема гістоплазмозу і кокцидіоїдомікозу. Можливість зараження пиловими частинками, що містять патогенні мікроорганізми, доведена для туберкульозу, сибірської виразки, бруцельозу, Ку-лихоманки, туляремії, дифтерії та ін. Слід підкреслити, що зазвичай бактерії наявні у повітрі більшості приміщень не становлять небезпеки для здоров'я, оскільки серед них домінують грам-позитивні мікроорганізми, які мешкають на шкірі і в верхніх дихальних шляхах здорових людей. Проте, якщо концентрація мікроорганізмів значно підвищена, це свідчить про надмірну скупченість людей, недостатню санітарію та погану вентиляцію приміщень. Таки чином, кількісний та якісний склад мікроорганізмів в громадських місцях залежить від щільності і активності руху людей, а також від санітарного-технічного стану приміщень. Це включає вентиляцію, частоту провітрювань, запиленість, якість прибирання, вологість, ступінь освітленості і інші фактори.

Сучасні багатоповерхові адміністративно-громадські та житлові будівлі, промислові споруди та інші місця масового скупчення людей – це зони підвищеної аеробіологічної небезпеки поширення інфекцій. При цьому системи

кондиціювання і вентиляції при неправильній експлуатації можуть стати джерелами поширення мікроорганізмів в будь-яких приміщеннях. Темне, вологе і тепле середовище вентиляційних каналів вважається ідеальним для підтримання життєздатності більшості мікроорганізмів. Особливу небезпеку становлять зволожуючі компоненти систем кондиціювання, які забезпечують бактерії і гриби водою, необхідною для їх життєдіяльності і розмноження. Крім того, в системах вентиляції і кондиціювання накопичуються забруднювачі, що служать субстратом для живлення мікроорганізмів. Разом з повітрям в системи вентиляції потрапляють будь-які зважені частинки з приміщень – побутовий або будівельний пил, шерсть тварин, волосся людей, ворс від одягу та килимових покриттів. На стінки вентиляційних проходів налипають жирові відкладення, багаті поживними речовинами для розвитку мікроорганізмів.

Саме по собі повітря не є живильним середовищем для мікроорганізмів, але служить прекрасним засобом їх переміщення. Потоки повітря переносять спори грибів, бактеріальні клітини та інші мікроскопічні частинки і біооб'єкти, а системи вентиляції і кондиціювання служать для цього зручними транспортними шляхами. Життєздатність мікроорганізмів в повітрі забезпечують зважені частинки води, слизу та пилу. У повітрі мікроорганізми знаходяться у стані аерозолі – це суспензія мікробних клітин, адсорбованих на пилових частинках або скомпоновані у «краплинні ядра». Це частинки розміром від 0,001 до 100 мкм, які представлені трьома основними фазами. У крапельній (крупноядерній) фазі клітини мікроорганізмів оточені водно-сольовою оболонкою і діаметр такої частки становить в середньому 0,1 мм. Вона знаходиться в повітрі всього кілька секунд, переміщаючись зі швидкістю приблизно 30 см/с [5]. Дрібні крапельки аерозолі, висихаючи залишаються в повітрі в підвішеному стані і утворюють стійку аеродисперсну систему, де частково зберігається волога, що підтримує життєздатність мікроорганізмів. При висиханні цих частинок утворюється мілкоядерна фаза, в якій діаметр часток не перевищує 0,05 мм, а швидкість їх осідання складає 0,013 см/с, при цьому вони здатні швидко переміщатися на великі відстані. Саме ця фаза являє найбільшу

епідеміологічну небезпеку, оскільки таким шляхом поширюється більшість збудників повітряно-крапельних інфекцій, особливо малостійких до зовнішніх впливів (наприклад, збудник коклюшу). Третя фаза складається з більш великих часток, розмір яких варіює від 0,01 до 1 мм, а швидкість переміщення залежить від швидкості повітряних потоків. Цей «бактеріальний пил» осідає на різних предметах і служить джерелом інфекцій, особливо в випадку стійких до висушування біооб'єктів – мікобактерій, клостридій, стафілококів, стрептококів, грибних спор.

Найбільш небезпечні частинки з розміром від 0,05 до 5 мкм, оскільки вони затримуються в бронхіолах і альвеолах. Саме ця фракція пилових частинок береться до уваги в сучасній класифікації чистих приміщень. Частинки з розміром від 10 мкм і більше затримуються у верхніх відділах дихальних шляхів і виводяться з них [7]. Небезпека мікробного аерозолі для здоров'я людей обумовлена не тільки повітряно-крапельним механізмом передачі при ряді інфекційних захворювань, але й спричиненням розвитку алергії і інтоксикацій продуктами мікробного метаболізму. У 1 гр. пилу може міститися до 1 млн. біооб'єктів. Бактерії і спори мікроміцетів циркулюють по вентиляційних каналах, потрапляючи в приміщення, де при вдиханні людиною служать джерелом респіраторних, інфекційних, алергічних, імунних і небезпечних хронічних захворювань. Присутність в повітрі великої кількості грам-негативних бактерій або представників Actinomycetales свідчить про наявність у приміщеннях поверхонь підвищеної вологості, дренажних пристроїв або зволожувачів систем підігріву, вентиляції та кондиціонування, де і живуть ці мікроорганізми. Небезпечні патогени можуть з'являтися в вентиляції в результаті попадання в шахти тварин, птахів і комах, які служать їх переносниками.

Дослідження систем вентиляції та кондиціонування музейних приміщень виявило 48 видів грибів, що відносяться до 24 родів з відділів Ascomycota, Zygomycota і анаморфних грибів. Найпоширенішим виявились види *Penicillium aurantiogriseum*, *Cladosporium herbarum*, *C. sphaerospermum*, *Eurotium repens*, *Aspergillus versicolor* [7]. Джерелом всіх видів грибів, виявлених на фільтрах в

вентиляційних каналах, був пил залів і сховищ. Виняток склали лише два види *Penicillium waksmanii* і *Wallemia sebi*, які траплялись виключно на фільтрах систем кондиціонування. У зволожуючій установці системи кондиціонування було виявлено більше видів мікроміцетів, оскільки тут створюються більш сприятливі умови для розмноження грибів. В лабораторних умовах на поживних середовищах були виділені *Aspergillus ochraceus*, *Chaetomium globosum*, *Cladosporium sphaerospermum*, *Eurotium repens*, *Penicillium aurantiogriseum* [5]. В цілому дослідники відзначають відносну бідність видового складу і невелику кількість багатьох видів у всіх пробах з елементів систем забезпечення мікроклімату музейних приміщень, що ймовірно пов'язано з конструктивними особливостями систем кондиціонування в музеї. Коли спори мікроміцетів потрапляють на фільтри вентиляційних установок, вони знаходяться в постійному потоці повітря, що сприяє їх висушуванню і загибелі. Однак вдихання спор токсикогенних видів грибів становить потенційну небезпеку, зокрема спор *Stachybotrys*, які містять високі концентрації надзвичайно сильних мікотоксинів. Ці гриби асоційовані з паперовими шпалерами та іншими целюлозовмістними матеріалами у вологих приміщеннях.

В ході дослідження порівняння мікробіологічного складу різних систем вентиляції в 15 офісних будівлях найпоширенішими бактеріями виявились грампозитивні коки (головним чином з родів *Staphylococcus* та *Micrococcus* / *Kocuria*) та ендоспороутворюючі грампозитивні палички роду *Bacillus*, а серед грибів домінували представники родів *Penicillium*, *Aspergillus* та *Cladosporium*. При цьому концентрація бактерій і мікроміцетів в природно провітрюваних офісних будівлях становила від 70 до 1600 КУО/м<sup>3</sup>, а в офісах, обладнаних системами кондиціонування та механічної вентиляції, концентрації були нижчими – від 10 до 530 КУО/м<sup>3</sup> та 20 та 410 КУО/м<sup>3</sup> відповідно. Аналіз розподілу за розмірами показав, що мікроорганізми у повітрі представлені переважно поодинокими клітинами (1,1-3,3 мкм) та у формі великих агрегатів (4,7-> 7 мкм). Таким чином, ефективні системи механічної вентиляції та кондиціонування



забезпечують кращу гігієнічну якість офісних будівель, ніж природна вентиляція [10].

### **3.2 Перспективи подальших досліджень**

В умовах пандемії COVID-19 найбільш ефективними методами зменшення мікробіологічного забруднення систем опалення, вентиляції і кондиціонування (ОВіК або HVAC – Heating, Ventilation, & Air Conditioning) є збільшення швидкості потоку повітря та мінімізація рециркуляції повітря із введенням та обробкою зовнішнього повітря. На сьогоднішній день недостатньо досліджень для підтвердження припущення, що системи HVAC сприяють поширенню інфекції SARS-CoV-2 в закритих приміщеннях. Рекомендації організацій та міжнародних установ щодо контролю за розповсюдженням SARS-CoV-2 у приміщеннях ґрунтуються на результатах попередніх епідемій коронавірусів та інших респіраторних захворювань, що передаються повітряним шляхом. Всі системи повітрозбірників повинні бути спроектовані таким чином, щоб уникнути потоків повітря в дихальній зоні мешканців та робітників, що запобігає транспорту крапель та аерозолів на великі відстані. Ефективність фільтрів систем HVAC може бути підвищена за допомогою наноматеріалів [11]. У багатьох закладах охорони здоров'я можливе утворення аерозолів та підвищена мінливість вірусного навантаження у пацієнтів, що зумовлює необхідність пристосування безпеки систем HVAC до конкретних потреб. Тому у медичних закладах засоби інженерного контролю мікрокліматичних умов повинні передбачати наявність приміщень з негативним тиском, вентиляцію з розведенням потоків, високоефективну фільтрацію твердих частинок, ультрафіолетове опромінення та пристрої для очищення аерозольних включень [17]. Профілактика на робочих місцях повинна бути персоналізованою із урахуванням можливості прийняття більш суворих запобіжних заходів при відповідних епідеміологічних обставинах, наприклад, збільшення кількості випадків інфікування та кількості госпіталізацій. В інших типах будівель у якості

альтернативи HVAC пропонується запровадити природну та персоналізовану вентиляцію у вигляді локальних витяжних систем [16]. Загалом оцінка ризику та рішення про вибір систем кондиціювання повітря повинні бути динамічними та базуватися на масштабах розвитку пандемії, а також на верифікації характеристик систем HVAC та їх ефективності.

Вже сьогодні зрозуміло, що побудоване середовище потребує докорінних змін. В умовах пандемії COVID-19 найбільш вразливими до ризику зараження виявились густонаселені мегаполіси. Створення екологічно безпечного середовища для протистояння епідеміям та іншим можливим надзвичайним ситуаціям потребує докорінного перегляду теорій планування міст [3]. Криза обумовлює необхідність розвитку побудованого середовища для запобігання поширенню інфекцій. Це стосується планування, забудови та облаштування урбанізованих територій, а також способів взаємодії людей та функціонування у побудованому середовищі. Професіонали в галузі архітектури та містобудування, дизайну побудованих середовищ, екобезпеки та медицини вже зосередили увагу на пошуку нових ідей для захисту населення.

Актуальними стають високі критерії якості параметрів будівель, які застосовуються у зеленому будівництві. Адже в концепції зеленого будівництва передбачено не тільки мінімізацію впливу будівельної галузі на навколишнє середовище, але й акцентовано увагу на збереженні здоров'я людей на всіх етапах життєвого циклу будівель. Суттєвими факторами є висока якість повітря, поліпшення вентиляції, збільшення природного освітлення, усунення небезпечних чинників, використання природних матеріалів, оздоровче озеленення приміщень [1]. Зелене будівництво є ефективним інструментом для трансформації будівель та інфраструктури у відповідності до екобезпеки нового способу існування людей в умовах пандемії і у постпандемічний період. Стандарти зеленого будівництва можуть послужити основою для нових норм планування, будівництва, перебудови та функціонування урбанізованих середовищ.



## ВИСНОВКИ

1. Кількісний і якісний склад мікрофлори приміщень залежить від їх функціонального призначення, конструкційних особливостей, умов експлуатації, клімату та інших чисельних факторів, серед яких суттєве значення має спосіб вентиляції, тому ефективне функціонування систем вентиляції та кондиціонування не тільки забезпечують комфорт, але й сприяють збереженню здоров'я населення.

2. Видова різноманітність мікрофлори в будинках на 50% вище, ніж зовні, проте мікрофлора повітря закритих приміщень без систем вентиляції більш одноманітна і відносно стабільна, ніж склад мікроорганізмів відкритих просторів, при цьому відмінності більш характерні для бактерій, ніж для грибів, видовий склад яких у приміщеннях відрізняється меншою різноманітністю, ніж зовні.

3. Системи кондиціонування і вентиляції при неправильній експлуатації можуть стати транспортними шляхами поширення мікроорганізмів в будь-яких приміщеннях, оскільки темне, вологе і тепле середовище вентиляційних каналів вважається ідеальним для підтримання життєздатності більшості мікроорганізмів, а особливу мікробіологічну небезпеку становлять зволожуючі компоненти систем кондиціонування та накопичення забруднювачів, а також повітряні потоки, що циркулюють між різними приміщеннями будівель.

4. Передача інфекційного аерозолі на великі відстані відбувається у людних приміщеннях з поганою вентиляцією, а ключовим фактором для спалаху інфекції є напрямок повітряного потоку, тому належні мікрокліматичні умови в будівлях та зменшення мікробіологічного забруднення систем опалення, вентиляції і кондиціонування мають ключове значення для здоров'я мешканців, працівників та відвідувачів.

5. Поки що немає достатньо даних для однозначного з'ясування ролі систем опалення, вентиляції та кондиціонування повітря у поширенні COVID-19, але у

ряді європейських країн опубліковано технічні вказівки щодо обмеження роботи систем вентиляції та рециркуляції відпрацьованого повітря, тому оцінка мікробіологічних ризиків зараження набуває особливої актуальності для прийняття правильних рішень і забезпечення належного стану екологічної безпеки в приміщеннях.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Кривомаз Т.І. Шляхи підвищення екобезпеки урбанізованого середовища у зв'язку з пандемією COVID-19 / Т.І. Кривомаз, Д.В. Варавін // Екологічна безпека та природокористування. – 2020. – № 36 – С. 41-55.
2. Кривомаз Т. Актуальна ли опасность коронавирусной атипичной пневмонии? / Т. Кривомаз // Фармацевт практик. – 2017. – № 1. – С.18-20.
3. Кривомаз Т.І. Зелені стандарти для покращення офісної діяльності в нових умовах / Т.І. Кривомаз, Н.С. Карпенко // Екологічна безпека та природокористування. – 2020. – 34(2). – С.5-21.
4. Кривомаз Т. І. Микроорганизмы в больницах / Т. І. Кривомаз // Фармацевт практик. – 2018. – № 6. – с. 24-26.
5. Кривомаз Т. І. Микроорганизмы в вентиляционных системах / Т. І. Кривомаз // Фармацевт практик. – 2018. – № 7/8. – с. 40-41.
6. Кривомаз Т. І. Микроорганизмы в наших жилищах / Т. І. Кривомаз // Фармацевт практик. – 2018. – № 4. – с. 36-38.
7. Кривомаз Т. І. Микроорганизмы в общественных местах / Т. І. Кривомаз // Фармацевт практик. – 2018. – № 5. – с. 28-29.
8. Перебинос А.Р. Біологія. Мікробіологія: методичні вказівки до виконання лабораторних робіт / А.Р. Перебинос, Т.І. Кривомаз, Т.Н. Ткаченко – Київ: КНУБА, 2020. – 18 с.
9. Ager В.Р. The control of microbiological hazards associated with air-conditioning and ventilation systems / В.Р. Ager, J.A. Tickner // The Annals of Occupational Hygiene. – Vol. 27, Issue 4. – 1983. – p. 341–358.
10. Bogler A. Rethinking wastewater risks and monitoring in light of the COVID-19 pandemic / A. Bogler, A. Packman, A. Furman, A. Gross // Nature Sustainability. – 2020. –Vol. 3. – p. 981–990.
11. Chirico F. Can air-conditioning systems contribute to the spread of SARS/MERS/COVID-19 infection? Insights from a rapid review of the literature / F.

Chirico, A. Sacco, N. L. Bragazzi, N. Magnavita // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. –2020. – Vol. 17. – p. 1-11.

12. Gołofit-Szymczak M. Microbiological air quality in office buildings equipped with ventilation systems / M. Gołofit-Szymczak, R.L. Górny // *Indoor air*. – 2018. – Vol. 28, Issue 6. – p. 792-805.

13. Kryvomaz T. Applying of green building standards for implementation of the city development strategies in Kyiv [Електронний ресурс] / Т. Kryvomaz, D. Varavin // *Useful*, 2019. – Режим доступу : <https://useful.academy/3-1-2019-0003-varavin>. – Назва з екрана. – Дата перегляду: 11.12.2020.

14. Macher J. M. A Two-Year Study of Microbiological Indoor Air Quality in a New Apartment / J. M. Macher, F.-Y. Huang, M. Flores // *Environmental Health: An International Journal*. – 1991. – Vol. 46, Issue 1. – p. 25-29.

15. Megahed N.A. Antivirus-built environment: Lessons learned from Covid-19 pandemic / N.A. Megahed, M.G. Ehab // *Sustainable Cities and Society*. – 2020. – 61. – P.102-350.

16. Palazzolo C. Legionella pneumonia: increased risk after COVID-19 lockdown? / C. Palazzolo, G. Maffongelli, A. D'Abramo, L. Lepore, A. Mariano, A. Vulcano, T.A. Bartoli, N. Bevilacqua, M.L. Giancola, E. Di Rosa, E. Nicastri // *Euro Surveill*. – 2020. – 25(30). – p. 12-25.

17. Stryjawska-Sekulska M. Microbiological Quality of Indoor Air in University Rooms / M. Stryjawska-Sekulska, A. Piotraszewska-Pająk, A. Szyszka, M. Nowicki, M. Filipiak // *Pol. J. Environ. Stud*. – 2007. – 16(4). – p. 623–632.