

УДК 582.282:582.288

Ю. Буланчук, асп.
Інститут мікробіології і вірусології імені Д. К. Заболотного НАН України, Київ, Україна,
С. Мартиненко, асп., М. Сухомлин, д-р біол. наук
ННЦ "Інститут біології та медицини", Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна

МІКРОСКОПІЧНІ ГРИБИ У ПОВІТРІ КОЛЕКТОРНИХ СИСТЕМ МІСТА КИЄВА

*Метою нашої роботи було дослідження мікобіоти чотирьох дощових колекторних систем міста Києва. Проби повітря відбирали з весни 2015 до зими 2016 р. включно, використовуючи метод седиментації. Установлювали видовий склад мікроскопічних грибів та концентрацію їх колонієутворювальних одиниць (КУО) у повітрі. Усього із проб повітря ізолювано 31 вид мікроскопічних грибів. Найчастіше траплялися представники родів *Aspergillus* (27 %), *Cladosporium* (14 %), *Penicillium* (8 %) та *Mucor* (10 %). Концентрація життєздатних грибних КУО в повітрі колекторів перевищує 500 КУО/м³. Максимальне значення цього параметра (більше 2000 КУО/м³) спостерігається восени в окремих ділянках. Отримано такі висновки. Уперше представлено результати дослідження видового складу грибів та вмісту їх КУО в повітрі дощових колекторних систем. Установлені показники концентрації КУО можуть свідчити про небезпеку для здоров'я жителів міста внаслідок потрапляння повітряних мас за межі колекторних систем. Крім того, підвищений вміст спор мікроскопічних грибів у повітрі вказує на можливі процеси біодеструкції у цих об'єктах.*

Ключові слова: мікроміцети, повітря, метод седиментації, дренажні системи, підземні споруди.

Вступ. Розвинуті системи підземних споруд є невід'ємною складовою будь-якого міста. До них належать системи відведення дощових вод та побутових стоків (зливові та побутові колекторні системи), дренажування схилів пагорбів для запобігання їх зсуву (дренажні системи), тунелі, по яких проходять дротові комунікації (комунальні колектори), підвали будинків, об'єкти метрополітену, підземні транспортні розв'язки, паркінги тощо. Специфіка деяких із цих типів об'єктів привертає до них особливу увагу з погляду санітарного та екологічного моніторингу, оскільки вони, з одного боку, є місцями постійного скупчення людей (підземні транспортні системи і метрополітен, зокрема) та контактують із наземними спорудами, а з іншого – можуть бути резервуарами для розвитку та розповсюдження умовно-патогенної та патогенної мікобіоти. Мікрокліматичні умови (зменшена інтенсивність вентиляції, обмежене чи відсутнє освітлення, підвищена вологість повітря тощо) у деяких таких спорудах є сприятливими для розвитку представників багатьох таксономічних груп макро- та мікроскопічних грибів. Останнє є надзвичайно важливим з погляду можливості виникнення та активізації процесів біодеструкції будівельних матеріалів у таких об'єктах, наслідком чого може бути погіршення їх технічного стану та повне руйнування [1–5].

На сьогоднішній день дані щодо мікобіоти міських підземних споруд обмежені. Більшість наявних публікацій стосується об'єктів метрополітену [6–8]. Наявна інформація стосовно мікроскопічних грибів у повітрі підземних споруд вказує на певні особливості їх поширення. Підвищену концентрацію життєздатних колонієутворювальних одиниць переважно спостерігають усередині об'єкта порівняно з показниками навколишнього середовища, і ця різниця тим помітніша, чим глибше залягає об'єкт та чим слабшим є обмін повітряних мас із наземним простором [6–8]. Гриби у дощових колекторних та дренажних системах досліджені мало. Отже, вивчення питання складу мікобіоти повітря рукотворних підземних об'єктів є актуальним.

Метою цієї роботи було встановлення видового складу мікроскопічних грибів та кількісних показників вмісту їх КУО в повітрі чотирьох дощових колекторних систем (ДКС) міста Києва.

Матеріали та методи. Об'єктом наших досліджень стали дощові колекторні системи міста Києва. Вони являють собою інженерні споруди тунельного типу, основним призначенням яких є відведення з поверхні та перенаправлення в певному напрямі русел річок та струмків, а також атмосферних опадів. Здебільшого це розгалужені системи ходів круглого (труби), яйцеподібного або прямокутного профілю. Матеріалом стін може бути як цегла (колекторні системи ХІІІ – початку ХХ століть), так і бетон, подекуди – чавун, кераміка і дерев'яні конструкції. Затопленість тунелів варіює від 10 см до 3 м глибини водного потоку, залежно від конкретної ДКС та погодних умов у певний момент часу. На дні колекторних ходів можуть бути наявні мулові утворення, подекуди до тунелів пробиваються кореневі системи дерев, які можуть слугувати живильними субстратами для грибів різних систематичних груп. Із поверхнею такі об'єкти сполучаються власне початком і кінцем тунелів, де річка тече під землю і витікає з-під неї, зливовими та люковими камерами, призначеними для відведення зливових потоків до основного русла та забезпечення проникнення до об'єкта обслуговуючого персоналу.

Із метою отримання необхідних даних обрано чотири ДКС, що характеризуються широким спектром мікрокліматичних умов, матеріалів стін та мають велику протяжність: "Прозорівська" ДКС – річки Клов, Кловиця, Хрещатик та Луга (колектор № 1), колектор річки Кадетський Гай (колектор № 2), система колекторів річок Либідь, Оріхуватка та Бусловка (колектор № 3), колектор річок Нивка та Желань (колектор № 4), що наведені на рис. 1 і табл. 1. Досліджені ділянки тунелів мають загальну довжину близько 15 км. Вони включають бетонні та цегляні ходи; частини русла, що самоочищуються від сміття потоком води, а також такі, де існують постійні завали сміття та мулу; зони як із постійним потоком повітря, так і з його відсутністю. У досліджених ДКС існують сліпі відгалуження ходів глибиною до кількох десятків метрів, що утворилися під час перебудов ходу і в яких рух повітряних мас суттєво послаблений. Такі "застійні зони" привертають особливу увагу, оскільки активність обміну повітряних мас є одним із ключових факторів, що впливає на розвиток мікобіоти на твердих субстратах цих ділянок [9, 10].

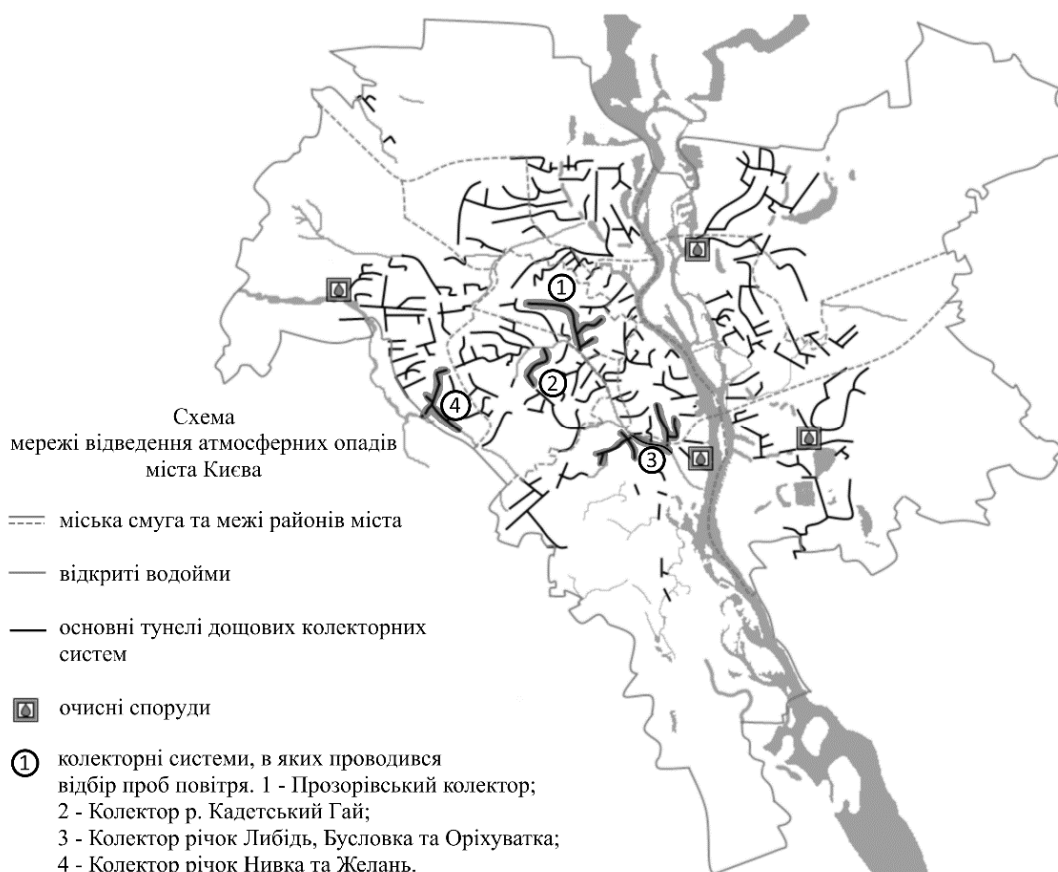


Рис. 1. Схема розташування досліджених у ході роботи дощових колекторних систем на загальній схемі ДКС міста Києва

Таблиця 1. Характеристика точок відбору проб повітря в обстежених дощових колекторних системах міста Києва

Колекторна система (назва)	Номер ділянки	Річні коливання температури повітря, °С	Річні коливання відносної вологості повітря, %	Річні коливання швидкості повітряного потоку, м/с	Опис точки, примітки
1 "Прозорівська" ДКС (річки Клов, Кловія, Хрещатик)	1	5–15	61–84	5–9	Посередині основного русла р. Клов
	2	10–16	69–92	0	У глухому куті глибиною 10 м. Часом спостерігається туман. Велика кількість конденсату на стінах.
	3	4–18	60–88	3–4	Старий цегляний хід русла р. Хрещатик. Присутній нерегулярний скид теплої (прибл. 30 °С) води. Часом спостерігається туман
2 ДКС р. Кадетський Гай	1	3–18	51–86	3–5	Нижня ділянка русла. Часом спостерігається туман
	2	3–17	38–82	2–4	Дренаж вагонного депо
	3	5–14	52–90	2–3	Верхня ділянка русла. Часом присутній туман
3 ДКС річок Либідь, Бусловка, Оріхуватка	1	4–16	40–71	6–9	Русло колектору р. Бусловка
	2	5–16	42–60	4–6	Русло колектору р. Либідь
	3	9–18	60–98	3–4	Русло колектору р. Оріхуватка. Наявний скид гарячої (40 °С) води вище за течією. Часто спостерігається туман
4 ДКС річок Нивка та Желань	1	6–21	40–79	3–5	Місце злиття русел річок Нивка та Желань
	2	15–30	71–98	3–5	Нижня частина русла колектору р. Нивка. Наявний скид гарячої (до 50 °С) води. Часто спостерігається туман
	3	6–19	40–74	3–5	Верхня частина русла колектору р. Нивка

Для кожного колектору здійснювали відбір проб повітря чотири рази протягом року: у квітні 2015 р., одразу після розтавання снігу і зниження рівня води в об'єктах, а також у липні, жовтні 2015 та січні 2016 рр., коли рівень води в колекторах не піднімався внаслідок опадів. Основною причиною вибору моментів відбору проб було уникнення небезпеки різких хвилюподібних затоп-

лень ДКС, що спостерігаються під час опадів та є смертельно небезпечними для персоналу.

У кожній з обстежених колекторних систем нами обрано по три точки для відбору проб повітря, які відрізнялись одна від одної умовами (наявність або відсутність постійного повітряного потоку, різний матеріал конструкцій стін) та були віддалені одна від одної в ме-

жах дослідженої ДКС на відстань більше одного кілометра. Температуру та відносну вологість повітря вимірювали за допомогою універсального вимірювача ТКА-ПКМ-20. Для вимірювання швидкості потоку повітря використовували анемометр GM-816. Для отримання накопичувальних культур три чашки Петрі з картопляно-глюкозним середовищем (КГА) та три із середовищем Чапека-Докса (ЧДА) розміщували на спеціальному столику на висоті 1–1,5 м. Час експозиції складав 30 хв. Кількість обраних середовищ була обмежена загальною вагою спорядження.

Для визначення видової приналежності представників мікобіоти з отриманих накопичувальних культур виділяли чисті культури грибів. Для ідентифікації видів мікроскопічних грибів користувалися визначниками [11–13]. При таксономічному аналізі 9-го видання "Словника грибів" [14] сучасні видові назви грибів уточнювали, використовуючи електронний ресурс "Index Fungorum" [15].

Частоту трапляння родів мікроскопічних грибів визначали у відсотках як відношення числа проб, в яких даний рід траплявся, до загальної кількості проб з усіх колекторів за весь час експерименту: $P = n/N \cdot 100(\%)$, де n – кількість проб, в яких виявлено даний рід; N – загальна кількість відібраних та досліджених проб [16]. У розрахунках за пробу вважали накопичувальну культуру на чашці Петрі. Таким чином, під час кожного відбору

проб у окремій ДКС у окремий місяць досліджень, отримували по 18 накопичувальних культур (проб).

Також проводили розрахунок концентрації грибних КУО в повітрі ДКС на момент відбору проб. Для цього використовували формулу [17]:

$$X = 5 \times a \times 10^4 / r^2 T,$$

де X – кількість КУО в 1 м³ повітря; a – кількість колоній, що вирости, шт.; r – радіус чашки Петрі, мм; T – час експозиції, с.

За цими даними визначали сезонну динаміку зміни концентрації КУО мікроміцетів у колекторних системах.

Використовуючи отримані дані, вираховували також середньорічну концентрацію КУО мікроскопічних у повітрі обстежених колекторних систем. У розрахунках застосовували перевірку за U-критерієм Манна-Уїтні (MWW) для визначення достовірності відмінностей кількісного параметра концентрації КУО грибів у повітрі між значеннями, отриманими в різний час для кожної ділянки відбору проб (попарне порівняння виборок) та наявності піків цього показника залежно від місяця відбору проби. Необхідні розрахунки проводили за допомогою програми Statistica 12.

Результати та обговорення. Нами встановлено видовий склад мікроміцетів у досліджених пробах. Усього ідентифіковано 31 вид грибів, із них 4 є представниками відділу Zygomycota, 1 – Ascomycota, та 26 – групи Anamorphic Fungi (табл. 2).

Таблиця 2. Видовий склад грибів у пробах повітря дощових колекторних систем

№	Вид	ДКС № 1				ДКС № 2				ДКС № 3				ДКС № 4				Група патогенності
		Сезони				Сезони				Сезони				Сезони				
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
Zygomycota																		
1	<i>Absidia glauca</i> Hagem	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	-	-	-	-	IV
2	<i>Mucor circinelloides</i> Tiegh.	+	+	-	+	+	+	+	+	-	-	-	-	+	+	+	+	IV
3	<i>M. hiemalis</i> Wehmer	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	IV
4	<i>M. plumbeus</i> Bonord	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	IV
Ascomycota																		
5	<i>Chaetomium globosum</i> Kunze	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-	IV
Anamorphic Fungi																		
6	<i>Alternaria alternariae</i> (Cooke) Woudenb. & Crous	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	IV
7	<i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keissl.	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	IV
8	<i>Aspergillus flavus</i> Link	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	III
9	<i>A. foetidus</i> Thom & Raper	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	IV
10	<i>A. fumigatus</i> Fresen.	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	III
11	<i>A. ochraceus</i> G. Wilh.	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	IV
12	<i>A. terreus</i> Thom	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	III
13	<i>A. ustus</i> (Bainier) Thom & Church	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	IV
14	<i>A. versicolor</i> (Vuill.) Tirab.	+	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	IV
15	<i>Cladosporium cladosporioides</i> (Fresen.) G. A. de Vries	-	+	+	-	+	+	+	+	-	+	+	+	-	-	-	-	
16	<i>C. herbarum</i> (Pers.) Link	-	-	-	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	
17	<i>C. macrocarpum</i> Preuss	-	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
18	<i>C. sphaerospermum</i> Penz.	-	-	-	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	
19	<i>Exophiala</i> sp. J.W. Carmich.	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	IV
20	<i>Fusarium chlamydosporum</i> Wollenw. & Reinking	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	IV
21	<i>F. solani</i> (Mart.) Sacc.	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	IV
22	<i>Monodictys asperspora</i> (Cooke & Massee) M.B. Ellis	+	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
23	<i>Nectria inventa</i> Pethybr. (в анаморфній стадії)	+	+	-	-	+	+	+	+	+	-	+	+	-	-	-	-	
24	<i>Parengyodontium album</i> (Limber) C. C. Tsang, J. F. W. Chan, W. M. Pong, J. H. K. Chen, A. H. Y. Ngan, Cheung, C. K. C. Lai, D. N. C. Tsang, S. K. P. Lau, P. C. Y. Woo	-	+	+	+	-	-	-	-	+	+	+	+	-	-	-	-	
25	<i>Penicillium aurantiogriseum</i> Dierckx	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	-	IV
26	<i>P. citrinum</i> Sopp	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+	IV
27	<i>P. expansum</i> Link	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	IV
28	<i>Purpureocillium lilacinum</i> (Thom) Samson	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	IV
29	<i>Rhodotorula</i> sp. F.C. Harrison	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	
30	<i>Stachybotrys chartarum</i> (Ehrenb.) S. Hughes	+	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	
31	<i>Trichoderma viride</i> Pers.	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	IV
Всього видів		20				18				15				11				

Примітка. Сезони: 1 – весна (квітень), 2 – літо (липень), 3 – осінь (жовтень), 4 – зима (січень).

Найчастіше у пробах повітря було виділено гриби родів *Aspergillus* (27 %), *Cladosporium* (14 %), *Penicillium* (8 %) та *Mucor* (10 %). Такі види як *Alternaria alternata*, *Aspergillus flavus*, *A. foetidus*, *A. versicolor*, *Cladosporium macrocarpum*, *Penicillium aurantiogriseum* та *Trichoderma viride* виявлено в повітрі усіх чотирьох ДКС. Найбільшим видовим спектром представлено роди *Aspergillus*, *Penicillium*, *Cladosporium* та *Mucor*. Більшість виявлених мікроскопічних грибів (22 види із 31) є відомими умовно-патогенними мікроміцетами III та IV груп патогенності [32]. Найнебезпечнішими з них є представники III групи патогенності та збудники аспергільозу: *Aspergillus flavus* (виявлений в усіх досліджених ДКС), *A. fumigatus* (виявлений у 2 із 4 досліджених ДКС) та *A. terreus* (виявлений в 1 із 4 досліджених ДКС) [12, 32]. Крім того, *Stachybotrys chartatum*, виділений із проб повітря "Прозорівської" ДКС (ДКС № 1) та ДКС річок Нивка та Желань (ДКС № 4), є відомим патогенним мікроскопічним грибом та продукує трихотецени, групу небезпечних мікотоксинів [12, 18]. Виявлені нами представники мікроскопічних грибів складають значну частку мікобіоти таких рукотворних підземних споруд, як метрополітен та підвали будинків, і є відомими агентами біодеструкції [6, 19, 20].

Найбагатшим видовим спектром грибів повітря характеризується "Прозорівська" ДКС (ДКС № 1). Це можна пояснити тим, що вона включає тунелі з різним ма-

теріалом стін, наприклад залізобетон, оштукатурена та неоштукатурена цегла (див. табл. 1) з ознаками біологічної деструкції [4]. Найбідніше видове різноманіття мікроскопічних грибів встановлено для ДКС № 4 (річок Либідь та Желань), стан конструкцій якої можна оцінити як найкращий з обраних для дослідження. У цій колекторній системі відсутні великі завали сміття і наявна значна кількість зон обміну повітря з наземним середовищем (люкові та зливові камери).

Нами не виявлено суттєвих сезонних відмінностей у видовому складі мікроскопічних грибів у пробах повітря протягом року.

Найбільша концентрація КУО мікроскопічних грибів виявлена у ДКС р. Кадетський Гай (ДКС № 2), що може бути пов'язано із загальним технічним станом конструкцій у ній, який є найгіршим серед обстежених ДКС (суттєві пошкодження стін активними водними потоками та біодеструкторами: порушення цілісності металічної арматури та бетонних конструкцій, деформація профілю ходу). Також звертає на себе увагу велика концентрація спор у повітрі ДКС р. Либідь (ДКС № 3). Це може пояснюватися наявністю великої кількості завалів різноманітного сміття на дні її русла майже на всій довжині ходу. Найменшу концентрацію КУО мікроміцетів виявлено в повітрі колектору річок Нивка та Желань (ДКС № 4) (рис. 2). Останнє можна пояснити тим, що ця ДКС є найновішою з досліджених та її технічний стан є найкращим.

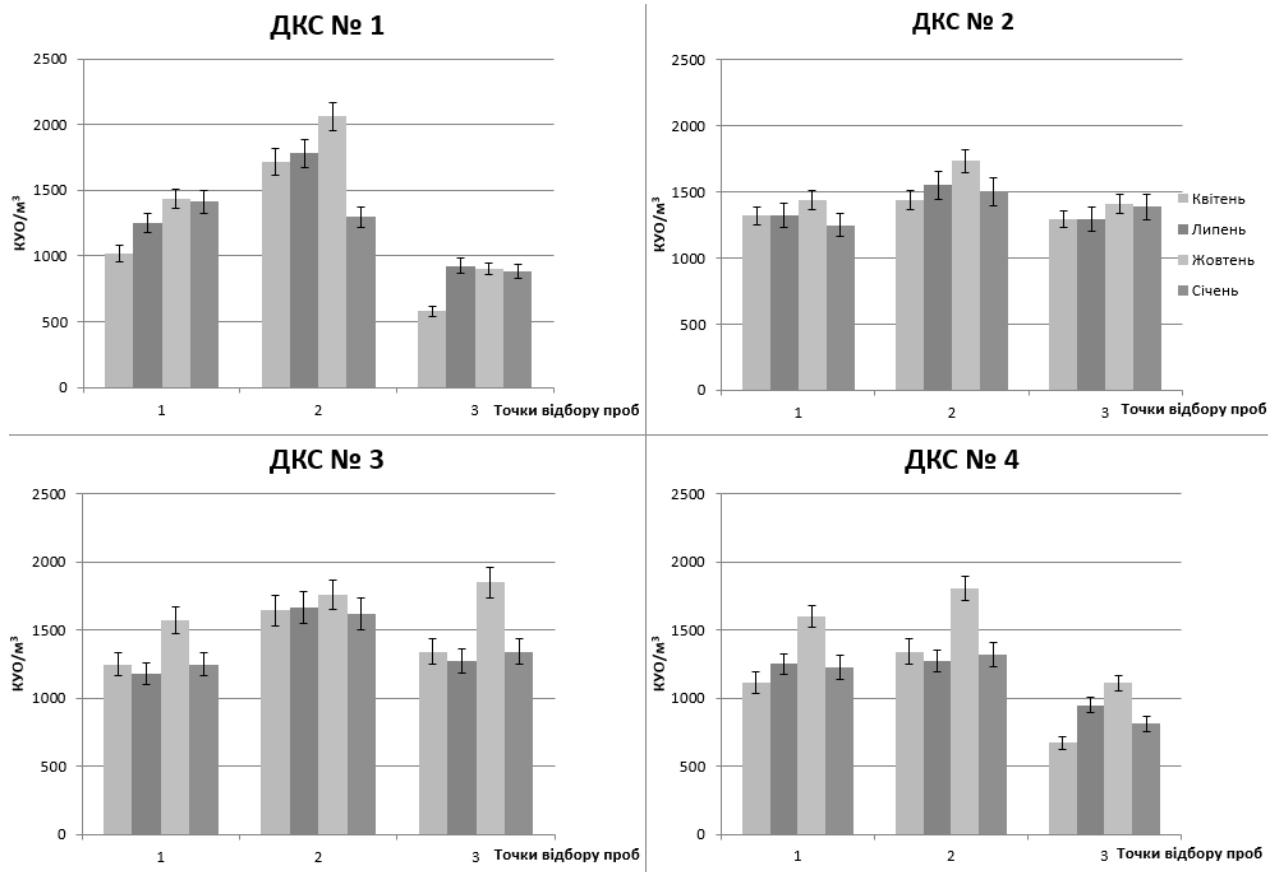


Рис. 2. Значення вмісту КУО в повітрі досліджених ДКС залежно від місяця відбору проби

Привертає увагу факт найбільшої концентрації спор у ділянці із "застоем" повітря, де практично не реєструється рух повітряних мас (точка № 2 ДКС № 1, див. табл. 1). Для неї характерні максимальні зареєстровані значення концентрації колонієутворювальних одиниць у повітрі, що припадають на осінній період і сягають 2060 КУО/м³. Мінімального значення цей показник на-

був навесні у точці 3 тієї ж ДКС (570 КУО/м³). Аналіз сезонних змін концентрації КУО в повітрі ДКС указує на незначні коливання цього показника в межах кожної конкретної зони відбору проб. Статистично достовірним виявився лише осінній максимум кількості КУО мікроскопічних грибів у повітрі всіх обстежених колекторів. Найкраще сезонні коливання помітні на ділянках, які найбі-

льше контактують з наземним повітрям через зливові та люкові камери або через гирла колектору (весь колектор № 4; крайні точки колектору № 2; точка № 1 ДКС № 1). Ці ділянки можуть найбільше піддаватися річним та погодним перепадам температур унаслідок контакту із зовнішніми повітряними масами. Ми припускаємо, що подальші дослідження із залученням паралельних замірів концентрації КУО в повітрі колекторних систем та наземному повітрі поблизу входів до них допоможуть дати точну оцінку залежності коливань цих показників.

Показники вмісту КУО в повітрі ДКС (570–2060 КУО/м³) перевищують установлене ВООЗ "порогове" значення (500 КУО/м³). Це свідчить про можливість виникнення стійкої сенсibiliзації у людей, що контактують із цим повітрям у пов'язаних з колекторними системами об'єктах та обслуговуючого персоналу самих систем. Зокрема, існує небезпека нападів бронхіальної астми в осіб з генетичною схильністю до atopії [30]. Крім того, показники, вищі за 700–1000 КУО грибів в 1 м³ можуть свідчити про загрозу виникнення та розвитку активних процесів біодеструкції конструкційних матеріалів у цих об'єктах [10, 29]. Тим більше, що у наших дослідженнях виявлено помітні ознаки процесів біодеструкції в усіх чотирьох обстежених ДКС [4].

У науковій літературі є дані щодо родового та видового складу й річних коливань концентрації грибних спор у повітрі міст [21–28] та всередині приміщень [23, 25]. Автори наведених робіт вказують на наявність піків концентрації спор улітку [21–24] або восени [27, 31]. Одним із найважливіших факторів впливу на концентрацію грибних КУО в повітрі є метеорологічні явища [21]. У ДКС порівняно з наземним середовищем спостерігаються менші річні коливання температури, вологості повітря та швидкості повітряних потоків. Саме це може бути причиною менш виражених сезонних змін кількісного та якісного складу КУО мікроміцетів у повітрі ДКС.

Висновки. Уперше представлено результати дослідження видового складу грибів та вмісту їх КУО в повітрі дощових колекторних систем. Із накопичувальних культур, отриманих методом седиментації, ізолювано 31 вид мікроскопічних грибів. Найчастіше траплялися представники родів: *Aspergillus* (27 %), *Cladosporium* (14 %), *Penicillium* (8 %) та *Mucor* (10 %). Серед ізолюваних видів наявні умовно-патогенні мікроскопічні гриби IV та III груп патогенності, які представлені 22 видами із 31. ДКС характеризуються відносно стабільною концентрацією КУО грибів у повітрі протягом року, демонструючи лише помітний осінній пік цього показника. Найвищою є концентрація КУО, що спостерігається на ділянці колектору, на якій практично відсутні потоки повітря. Установлені значення цього параметра (570–2060 КУО/м³) указують на можливість активних процесів біодеструкції у ДКС, що підтверджується нашими спостереженнями. Контакт із повітряними масами, що потрапляють із цих об'єктів до навколишнього середовища та об'єктів метрополітену, може становити загрозу для здоров'я населення.

Автори висловлюють щире подяку канд. біол. наук, старш. співроб. НДЛ "Фармакології й експериментальної патології" ННЦ "Інститут біології та медицини" Київського національного університету імені Тараса Шевченка Кондратюк Тетяні Олексіївні за консультації щодо проведення досліджень.

Список використаних джерел:

1. Власов Д. Ю. Микробиота тоннельних споруджень в зоні "Размыв" Петербургського метрополітену / Д. Ю. Власов, Е. Б. Сафронова, В. В. Малышев // Проблеми медичинської мікології. – 2003. – Т. 1(5). – С. 68–69.

2. Копытенкова О. И. Особенности биоповреждений подземных объектов и необходимой охраны труда / О. И. Копытенкова, Е. А. Шилова, А. М. Сазонова // Интернет-журнал "Технологии биосферной безопасности". – 2014. – Т. 58 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2014-6/21-06-14.ttb.pdf>. Дата звернення 29.09.2017.
3. Куликов Ю. Н. Биологическая коррозия – скрытый дефект конструкции подземных сооружений / Ю. Н. Куликов, Е. Ю. Куликова // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 1998. – Т. 6. – С. 38–41.
4. Мартиненко С. В. Мікроскопічні гриби на органічних та неорганічних субстратах у дощових колекторних системах міста Києва / С. В. Мартиненко, Т. О. Кондратюк, Ю. М. Буланчук // Актуальні проблеми дослідження довкілля: Міжнар. наук. конф. – 2015. – Т. 1. – С. 116–119.
5. Cho K. S. A newly isolated fungus participates in the corrosion of concrete sewer pipes / K. S. Cho, T. Mori // Water, Science & Technology. – 1995. – Vol. 1. – P. 205–209.
6. Bogomolova E. Airborne fungi in four stations of the St. Petersburg Underground railway system / E. Bogomolova, I. Kirtsidi // International Biodeterioration and Biodegradation. – 2009. – Vol. 63. – P. 156–160.
7. Concentration and distribution characteristics of airborne fungi in indoor and outdoor air of Tehran subway stations. / M. Hoseini, H. Jabbari, K. Naddafi et al. // Aerobiologia. – 2013. – Vol. 29. – P. 355–363.
8. Kim K. Y. Exposure level and distribution characteristics of airborne bacteria and fungi in Seoul metropolitan subway stations / K. Y. Kim, Y. S. Kim, D. Kim et al. // Ind. Health. – 2011. – Vol. 49. – P. 242–248.
9. Марфенина О. Е. Потенциально патогенные мицелиальные грибы в среде обитания человека. Современные тенденции / О. Е. Марфенина, Г. М. Фомичева // Микология сегодня. – 2007. – Т. 1. – С. 235–266.
10. Иванова А. Е. Культивируемые микроскопические грибы в воздухе ряда станций московского метрополитена и местах наружного воздухозабора. / А. Е. Иванова, О. Е. Марфенина, А. А. Данилогорская // Микология и фитопатология. – 2012. – Т. 46. – С. 33–40.
11. Domsch K. H. Compendium of Soil Fungi / K. H. Domsch, W. Gams, T.-H. Anderson // London: Academic Press. – 2007. – 377 p.
12. Саттон Д. Определитель патогенных и условно-патогенных грибов / Д. Саттон, А. Фотергилл, М. Ринальди // М.: Мир. – 2001. – 468 с.
13. Introduction to food- and airborne fungi. Sixth revised edition / R. A. Samson, E. S. Hoekstra, J. C. Frisvad et al. // Centraalbureau voor Schimmelmcultures. – 2002. – 438 p.
14. Dictionary of the Fungi, 9th Edition / P. M. Kirk, P. F. Cannon, J. C. David et al. // CABI Publishing. – 2001. – 655 p.
15. Index Fungorum [Electronical Resource]. – Mode of access: <http://www.indexfungorum.org>. – Last access 29.09.2017.
16. ДСТУ 2881–94. Екологія мікроорганізмів. Терміни та визначення. Введ. 01.01.1996 // Держстандарт України. – 1994. – 25 с.
17. Мамонова И. В. Критерии миграционной активности плесневых грибов в помещении / И. В. Мамонова // Микология и фитопатология. – 1993. – Т. 27. – С. 23–28.
18. Зайченко А. М. Макроциклические трихотеценовые микотоксины / А. М. Зайченко, Е. В. Андриенко, Е. С. Циганенко // К.: Наук. думка. – 2008. – 247 с.
19. Awad Abdel Hameed A. Environmental Study in Subway Metro Stations in Cairo, Egypt / Awad Abdel Hameed // Journal of occupational health. – 2002. – Vol. 44. – P. 112–118.
20. Microbial contamination of indoor air due to leakages from crawl space: a field study / M. Airaksinen, P. Pasanen, J. Kurnitski et al. // Indoor Air. – 2004. – Vol. 14. – P. 55–64.
21. Еланский С. Н. Концентрация спор грибов в атмосфере Москвы в связи с метеопараметрами / С. Н. Еланский, Д. В. Рыжкин // Микология и фитопатология. – 1999. – Т. 33, № 3. – С. 188–192.
22. Рыжкин Д. В. Мониторинг концентрации спор грибов *Cladosporium* и *Alternaria* в атмосферном воздухе г. Москвы / Д. В. Рыжкин, С. Н. Еланский, Т. М. Жёлткова // Атмосфера. Пульмонология и аллергология. – 2002. – Т. 2. – С. 30–31.
23. Сезонная динамика комплекса микромицетов жилых помещений г. Москвы / А. Б. Антропова, В. Л. Мокеева, Е. Н. Биланенко и др. // Микология и фитопатология. – 2004. – Т. 38, № 5. – С. 32–41.
24. Баландина С. Ю. Изучение сезонной динамики содержания микромицетов в атмосферном воздухе около лечебного учреждения / С. Ю. Баландина, В. В. Семериков, К. Г. Шварц // Вестн. Удмуртского ун-та. Биология. Науки о Земле. – 2015. – Т. 3. – С. 7–10.
25. Profiles of airborne fungi in buildings and outdoor environments in the United States / B. G. Shelton, K. H. Kirkland, W. D. Flanders, G. K. Morris // Appl Environ Microbiol. – 2002. – Vol. 68. – P. 1743–1753.
26. Culturable airborne fungi in outdoor environments in Beijing, China / Z. Fang, Z. Ouyang, L. Hu et al. // Science of The Total Environment. – 2005. – Vol. 350. – P. 47–58.
27. Sabariego S. Monitoring of airborne fungi in Madrid (Spain) / S. Sabariego, A. Diez, M. Gutierrez // Acta Biol. Croat. – 2007. – Vol. 66, № 2. – P. 177–126.
28. Investigation on distribution of airborne fungi in outdoor environment in Tehran, Iran / M. Shams-Ghahfarokhi, S. Aghaei-Gharehbolagh, N. Aslani, M. Razzaghi-Abyaneh // Journal of Environmental Health Science and Engineering. – 2014. – Vol. 12. – P. 54.
29. Митковская Т. И. Комплексы условно-патогенных микромицетов в воздушной среде музейных помещений / Т. И. Митковская, Э. З. Коваль // Успехи мед. микологии. – 2004. – С. 97–100.

30. WHO guidelines for indoor air quality: dampness and mould. // WHO Regional Office for Europe [Electronic Resource]. – Mode of access: http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0017/43325/E92645.pdf. – Last access 29.09.2017.

31. Kiranmai Reddy M. A study of fungi in air in selected areas of Visakhapatnam city, India / M. Kiranmai Reddy, P. Sarita, T. Srinivas // European Journal of Experimental Biology. – 2015. – Vol. 5(9). – P. 10–14.

32. Санитарные правила СП 1.3.2322-08 "Безопасность работы с микроорганизмами III–IV групп патогенности (опасности) и возбудителями паразитарных инфекций". [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.lytech.ru/articles_29.htm. – Дата звернення 05.12.2017.

References:

1. Vlasov D., Safronova E., Malyshev V. [Microbiota of the tunnel facilities in the "Razmyv" zone of St.Petersburgh subway]. Problems of Medical Mycology. 2003;5:68-69. In Russian.
2. Kopytenkova O., Shilova E., Sazonova A.. [Features biodegradation underground facilities and necessary labour protection]. Internet-Journal "Technologies of biospheric security". 2014;58. Mode of access: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2014-6/21-06-14.ttb.pdf>. In Russian.
3. Kulikov Y., Kulikova E. [Biological corrosion – a hidden defect of underground facilities' construction]. Montagne informational-analytical bulletin. 1998;6:38-41. In Russian.
4. Martynenko S., Kondratyuk T., Bulanchuk Y. [Microscopic fungi of organical and non-organical substrata in storm sewer systems of Kyiv city]. Actual problems of environmental study. Digest of scientific papers. 2015;1:116-119. In Russian.
5. Cho KS, Mori T. A newly isolated fungus participates in the corrosion of concrete sewer pipes Water. Science & Technology. 1995;1:205-209. doi: 10.1016/0273-1223(95)00343-L
6. Bogomolova E., Kirtsideli I. Airborne fungi in four stations of the St. Petersburg Underground railway system International Biodeterioration and Biodegradation. 2009;63:156-160. doi: 10.1016/j.ibiod.2008.05.008
7. Hoseini M., Jabbari H., Naddafi K., Nabizadeh R., et al. Concentration and distribution characteristics of airborne fungi in indoor and outdoor air of Tehran subway stations. Aerobiologia. 2013;29:355-363. doi: 10.1007/s10453-012-9285-8
8. Kim K., Kim Y., Kim D., Kim H. Exposure level and distribution characteristics of airborne bacteria and fungi in Seoul metropolitan subway stations. Ind. Health. 2011;49:242-248. PMID: 21173524
9. Marfenina O., Fomicheva G. [Potencial'no patogennyye micelial'nye griby v srede obitaniya cheloveka. Sovremennyye tendencii]. Mycology today. 2007;1:235-236. In Russian.
10. Ivanova A., Marfenina O., Danilogorskaya A. [Cultivable microscopic fungi in the air of some stations of Moscow subway and places of air intake]. Mycology and phytopathology. 2012;46:33-40. In Russian.
11. Domsch K., Gams W., Anderson T. Compendium of Soil Fungi. London: Academic Press. 2007.
12. Sattou D., Foterigil A., Rinaldi M. [Opredelitel' patogennykh i uslovno patogennykh gribov]. Moscow: Mir. 2001. In Russian.
13. Samson R., Hoekstra E., Frisvad J., Filtenborg O. Introduction to food- and airborne fungi. Sixth revised edition. Centraalbureau voor Schimmelcultures. 2002.

14. Kirk P., Cannon P., Minter D., Stalpers J., et al. Ainsworth & Bisby's Dictionary of the Fungi. 9th edition. CAB International. 2001.

15. Index Fungorum. Mode of access: <http://www.indexfungorum.org>.

16. DSTU 2881–94. [Ekologiya mikroorganizmiv. Termini ta viznachennja. Vved. 01.01.1996.] Derzhstandart Ukrainy: 2001. In Ukrainian.

17. Mamonova I. [Criteria of fungal migratory activity in the room]. Mycology and phytopathology. 1993;27:23-28. In Russian.

18. Zaychenko A., Andriyenko E., Tsyganenko E. [Makroscicheskije trihotecenove mikotoksiny]. Kyiv: Nauk. dumka. 2008. In Russian.

19. Awad Abdel Hameed A. Environmental Study in Subway Metro Stations in Cairo, Egypt. Journal of occupational health. 2002;44:112-118. doi: 10.1539/joh.44.112

20. Airaksinen M., Pasanen P., Kurnitski J., Seppanen O. Microbial contamination of indoor air due to leakages from crawl space: a field study. Indoor Air. 2004;14:55-64. PMID: 14756846

21. Elansky S., Ryzhkin D. [Fungal spores concentration in the atmosphere of Moscow city in connection to meteoroparameters]. Mycology and Phytopathology. 1999: 33(3):188 – 192. In Russian.

22. Ryzhkin D., Elansky S., Zheltikova T. [Monitoring of the Alternaria and Cladosporium spores concentration in atmospheric air of Moscow city]. Atmosphere. Pulmanology and allergology. 2002;2:30-31. In Russian.

23. Antropova A., Mokeeva V., Bilanenko E. et al. [Seasonal dynamic of micromycetal complex in living quarters of Moscow]. Mycology and Phytopathology. 2004;38(5):32-41. In Russian.

24. Balandina S., Semerikov V., Shvarts K. [A study of seasonal dynamics of micromycetes content in outdoor air near a medical institution]. The Bulletin of Udmurt University. Biology. Earth Sciences. 2015;3:7-10. In Russian.

25. Shelton B., Kirkland K., Flanders W., Morris G. Profiles of airborne fungi in buildings and outdoor environments in the United States. Appl Environ Microbiol. 2002;68:1743–1753. doi: 10.1128/AEM.68.4.1743-1753.2002.

26. Fang Z., Ouyang Z., Hu L. Culturable airborne fungi in outdoor environments in Beijing, China. Science of The Total Environment. 2005;350:47-58. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2005.01.032.

27. Sabariego S., Diez A., Gutierrez M. Monitoring of airborne fungi in Madrid (Spain). Acta Biol. Croat. 2007;66(2):177-126.

28. Shams-Ghahfarokhi M., Aghaei-Gharehbolagh S., Aslani N., Razzaghi-Abyaneh M. Investigation on distribution of airborne fungi in outdoor environment in Tehran, Iran. Journal of Environmental Health Science and Engineering. 2014;12:54. doi: 10.1186/2052-336X-12-54.

29. Mytkovskaya T., Koval E. [Kompleksy uslovno-patogennykh mikro-micetov v vozdukhnoy srede muzejnykh pomeshhenij]. Advances in Medical Mycology 2004:97-100. In Russian.

30. WHO guidelines for indoor air quality: dampness and mould. WHO Regional Office for Europe. 2010. Mode of access: http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0017/43325/E92645.pdf.

31. Kiranmai Reddy M., Sarita P., Srinivas T. A study of fungi in air in selected areas of Visakhapatnam city, India. European Journal of Experimental Biology. 2015;5(9):10-14.

32. [Sanitarnyye pravila SP 1.3.2322-08 "Bezopasnost' raboty s mikroorganizmami III – IV grupp patogennosti (opasnosti) i vzbuditel'nykh parazitarnykh infekcij"]. 2008. Mode of access: http://www.lytech.ru/articles_29.htm.

Надійшла до редколегії 29.11.17

Ю. Буланчук, асп.

Інститут мікробіології та вірусології імені Д. К. Заболотного НАН України, Київ, Україна,

С. Мартыненко, асп., М. Сухомлин, д-р біол. наук

УНЦ "Інститут біології та медицини", Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна

МИКРОСКОПИЧЕСКИЕ ГРИБЫ В ВОЗДУХЕ КОЛЛЕКТОРНЫХ СИСТЕМ ГОРОДА КИЕВА

Целью нашей работы было исследование микобиоты четырёх ливневых коллекторных систем города Киева. Пробы воздуха отбирали с весны 2015 по зиму 2016 г. включительно, используя метод седиментации. Устанавливали концентрацию колониеобразующих единиц (КОЕ) в воздухе и их видовой состав. Всего из проб воздуха изолирован 31 вид микроскопических грибов. Чаще всего встречались представители родов: *Aspergillus* (27 %), *Cladosporium* (14 %), *Penicillium* (8 %) и *Mucor* (10 %). Концентрация жизнеспособных грибных КОЕ в воздухе коллекторов превышает 500 КОЕ/м³. Максимальное значение этого параметра наблюдается осенью, превышая 2000 КУО/м³ на отдельных участках. Сделаны следующие выводы. Впервые представлены данные исследования видового состава грибов и содержания их КОЕ в воздухе дождевых коллекторных систем. Установленные показатели концентрации КОЕ могут свидетельствовать об опасности для здоровья жителей города вследствие попадания воздушных масс за пределы коллекторных систем. Кроме того, повышенное содержание спор микроскопических грибов в воздухе указывает на возможные процессы биодеструкции в этих объектах.

Ключевые слова: микромицеты, воздух, метод седиментации, дренажные системы, подземные сооружения.

Yu. Bulanchuk, PhD stud.

Danylo Zabolotny Institute of microbiology and Virology NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine,

S. Martynenko, PhD stud., M. Sukhomlyn, DSc.

ESC "Institute of Biology and medicine", Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

MICROSCOPIC FUNGI IN THE AIR OF STORM SEWER SYSTEMS OF KYIV

Aim of our research was to study the mycobiota of four storm sewer systems of Kyiv. Methods: Air samples were taken during the spring 2015 – winter 2016 period using the sedimentation method. Both airborne colony forming units (CFU) concentration and species composition of the microscopic fungi were studied. Results: Total of 31 species of fungi were isolated from the air samples. The most common genus encountered were: *Aspergillus* (27 %), *Cladosporium* (14 %), *Penicillium* (8 %) and *Mucor* (10 %). The viable colony forming unit concentration in the air of the collectors exceeds 500 CFU/m³. The maximum value of this parameter is observed in the autumn, exceeding 2000 CFU/m³ in some areas. Conclusions: For the first time, data are presented on the study of the species composition of fungi and the content of their CFUs in the air of storm sewer systems. The CFU concentration shows a possible threat for the health of citizens due to the ingress of air masses with spores beyond the collector systems. Also it can be evident of active biodestruction processes in these facilities.

Key words: micromycetes, air, sedimentation method, drainage systems, underground facilities.