

## Мікобіота підземних об'єктів антропогенного та природного походження

Станіслав В. МАРТИНЕНКО, Тетяна О. КОНДРАТЮК, Марина М. СУХОМЛИН

ННЦ "Інститут біології та медицини" Київський національний університет імені Тараса Шевченка  
вул. Володимирська, 64/13, Київ 01601, Україна  
stmar640@ukr.net

Martynenko S.V., Kondratiuk T.O., Sukhomlyn M.M. **Mycobiota of anthropogenic and natural underground objects.** Ukr. Bot. J., 2017, 74(3): 220–226.

Institute of Biology and Medicine, Taras Shevchenko National University of Kyiv  
64/13, Volodymyrska Str., Kyiv 01601, Ukraine

**Abstract.** Recent publications on microscopic fungi of natural and artificial underground objects as well as influence of these fungi on troglifauna, condition of the constructions and public health are reviewed. It is demonstrated that microfungi of some artificial underground constructions are poorly studied. Most publications refer to species diversity and distribution of mycobiota in urban subway and building basements. Quantitative and qualitative characteristics of fungal occurrence in the underground constructions mainly depend on their depth, ventilation mode and contact with the ground. Results of some studies show active development of well-known biodestructors as well as pathogenic and conditionally pathogenic species in urban water collection systems.

**Keywords:** review, microscopic fungi, troglifauna, subway, storm sewer systems, biodestruction

Розвинуті системи рукотворних підземних об'єктів є невід'ємною складовою будь-якого міста. Їхня різноманітність включає системи відведення дощових вод та побутових стоків (зливові та побутові колекторні системи), дренавання схилів пагорбів для запобігання їхнього зсуву (дренажні системи), тунелі, по яких проходять дротові комунікації (комунальні колектори), підвали будинків, об'єкти метрополітену, підземні транспортні розв'язки, паркінги тощо. Специфіка деяких типів таких об'єктів привертає особливу увагу з точки зору санітарного та екологічного моніторингу, оскільки вони, з одного боку, є місцями постійного скупчення людей (підземні транспортні системи і метрополітен зокрема) та контактують з наземними спорудами, а з іншого, можуть бути резервуарами для розвитку та розповсюдження умовно-патогенної та патогенної мікобіоти. Мікроклімат у таких спорудах (обмежене чи відсутнє освітлення, підвищена вологість повітря тощо) є сприятливим для розвитку представників багатьох груп макрота мікроскопічних грибів. Останнє є надзвичайно важливим через можливість виникнення та активізації процесів біодеструкції будівельних матеріалів у таких об'єктах, наслідком чого може бути погір-

шення їхнього технічного стану та повне руйнування (Martynenko et al., 2012, 2015).

З аналізу наукової літератури видно, що мікроскопічним грибам підземних об'єктів природного походження присвячена велика кількість публікацій. На особливу увагу заслуговує огляд К.І. Vanderwolf зі співавторами (Vanderwolf et al., 2013), в якому проаналізовано 225 праць щодо видового різноманіття грибів та грибоподібних організмів карстових печер. Загалом у таких печерах світу знайдено 1029 видів з 518 родів грибів та грибоподібних організмів, деякі з яких мають ознаки пристосування до розвитку в цих умовах (оптимум росту за специфічних показників температури, вологості, аерації та освітлення). Увага до природних печер у першу чергу пояснюється важливістю виживання в них троглобіонтів, зокрема зникаючих видів кажанів, під час зимівлі, а також розгляданням таких підземель як популярних туристичних об'єктів. Особливої актуальності ця тема набула у 2006–2008 рр., коли було зафіксовано перші потужні спалахи хвороби, смертельно небезпечної для кажанів, і відомої як "синдром білого носа" (WNS), що викликається гіфоміцетом *Pseudogymnoascus destructans* (Blehert & Gargas) Minnis & D.L. Lindner, який розвивається на шкірі ссавців, уражуючи їх під час зимівлі в печерах (Lindner et al., 2011). Цей

© С.В. МАРТИНЕНКО, Т.О. КОНДРАТЮК,  
М.М. СУХОМЛИН, 2017

гриб має низку пристосувань для росту та розвитку в умовах печер (Xiao-bao et al., 2008). За 5 років спостереження за епізоотією помічено скорочення чисельності деяких видів кажанів на 90% (Langwig et al., 2012). Втім, дотепер невідомо дієвих методів профілактики розповсюдження вказаної хвороби (Vanderwolf et al., 2013).

Дані щодо мікроскопічних грибів підземних споруд антропогенного походження, представлені в науковій літературі, малочисельні. Серед багатьох типів міських рукотворних підземних об'єктів найповніше описана мікобіота підземних споруд метрополітену. Нами проаналізовані публікації, в яких представлено результати вивчення видового складу та розповсюдження мікроміцетів у підземних об'єктах метрополітену 15 міст світу: Гуанчжоу (Zhang et al., 2011), Каїра (Awad, 2002), Лондона (Gilleberg et al., 1998), Мехіко (Hernandez-Castillo et al., 2013), Мілана (Picco, Rodolfi, 2000), Москви (Ivanova et al., 2012), Нью-Йорка (Robertson et al., 2013), Санкт-Петербурга (Dashko, 2002; Vlasov et al., 2003, 2007; Dashko et al., 2007; Bogomolova, Kirtsideli, 2009), Сеула (Cho et al., 2006; Ki et al., 2006; Kim et al., 2011; Hwang, Cho, 2015), Стокгольма (Ivarsson et al., 2013), Тегерана (Hoseini et al., 2013), Токіо (Kawasaki et al., 2010), Шанхая (Zhang, 2011), Чженчжоу (Tian et al., 2014; Wang et al., 2014) та Шеньчженя (Ai-hong et al., 2006). У цих публікаціях відмічено певні ознаки, характерні для всіх або більшості описаних об'єктів, як: режим вологості, освітлення, вентиляція та температура поряд з великою активністю пасажирського потоку. Найважливішим результатом досліджень, представлених у зазначеній літературі, на нашу думку, є наявність суттєвих відмінностей в концентрації колонієутворюючих одиниць (КУО) грибів у повітрі підземних споруд метрополітену та на поверхні землі поблизу входів до них. Такі дані отримано для більшості досліджених міст (Gilleberg et al., 1998; Picco, Rodolfi, 2000; Ki et al., 2006; Bogomolova, Kirtsideli, 2009; Kawasaki et al., 2010; Zhang, 2011; Ivanova et al., 2012; Hernandez-Castillo et al., 2013; Hoseini et al., 2013). Так, середня концентрація КУО грибів у повітрі зовнішнього простору біля входу до станції метро „Imam Khomeini” (Тегеран) становила 21 КУО/м<sup>3</sup>, а у зразках повітря з платформи цієї станції – 1402 КУО/м<sup>3</sup>, що перевищує наземну приблизно в 67 разів (Hoseini et al., 2013). Встанов-

лено також, що цей показник збільшується з глибиною залягання тунелю або станції метрополітену (Hernandez-Castillo et al., 2013). Менш забрудненим є метрополітен міста Сеул, де значне підвищення концентрації спор спостерігається лише у повітрі службових приміщень, в яких кількість грибних КУО становила 120–130% у порівнянні із наземним середовищем (Ki et al., 2006; Kim et al., 2011). Винятком із загальної тенденції є метро в Каїрі, де концентрація КУО грибів наземних станцій вище, ніж у підземних (Awad, 2002). Така відмінність концентрації КУО грибів на поверхні землі та всередині станцій метрополітену різних міст пояснюється різною ефективністю системи вентиляції в метрополітені цих мегаполісів (Ki et al., 2006).

Результати аналізу вмісту КУО мікроміцетів у повітрі об'єктів метрополітену показали, що він має добові коливання. Найбільша концентрація грибних КУО у повітрі спостерігається в ранкові та вечірні години, під час найактивнішого пасажиропотоку (Cho, Mori, 1995; Hoseini et al., 2013). Відмічено також річні та сезонні зміни концентрації грибних КУО, які залежать від аналогічних на поверхні землі. Їхній максимум припадає на осінь (Kawasaki et al., 2010). Науковці відмічають пряму залежність вмісту КУО грибів у повітрі підземних об'єктів метрополітену від глибини залягання цих споруд (Gilleberg et al., 1998; Picco, Rodolfi, 2000; Hwang, Cho, 2015). Встановлено, що основним джерелом спор мікроскопічних грибів у повітрі об'єктів метрополітену є мікроміцети, що затримуються в пилу, розвиваються у застійній воді та на поверхні конструкцій, вразливих до процесів біопшкодження тощо (Cho et al., 2006; Vlasov et al., 2007; Hwang, Cho, 2015). Для зниження концентрації грибних КУО у повітрі станцій метро дослідники рекомендують підвищити ефективність дренажу підземних споруд, регулювати вологість повітря в них (Hwang, Cho, 2015) та проводити систематичну дезінфекцію приміщень підземних станцій метро (Tian et al., 2014; Wang et al., 2014).

З аналізу літератури видно, що у видовому складі мікобіоти, виділеної з повітря метрополітену, домінують представники родів *Aspergillus* P. Micheli, *Alternaria* Nees, *Cladosporium* Link, *Penicillium* Link та *Mucor* P. Micheli; їхня частка у загальному різноманітті помітно вища у повітрі підземної частини мет-

рополітенів міст, в яких проводились дослідження (Gilleberg et al., 1998; Picco, Rodolfi, 2000; Awad, 2002; Vlasov et al., 2007; Bogomolova, Kirtsideli, 2009; Kawasaki et al., 2010; Kim et al., 2011; Zhang et al., 2011; Ivanova et al., 2012). Hernandez-Castillo et al., 2013; Hoseini et al., 2013; Hwang, Cho, 2015).

Встановлено, що багато ізолятів мікроміцетів, виділених з повітря станцій метрополітену мають гемолітичну активність і здатні продукувати позаклітинні протеїнази та фосфоліпази. Ці властивості вказують на високу ймовірність прояву патогенної активності цих мікроміцетів у людини. Дослідження Е.В. Богомолової зі співавтором (Bogomolova, Kirtsideli, 2009) свідчать про невисоку частку таких ізолятів серед виділених ними мікроскопічних грибів, втім автори вказують на те, що існує загроза виникнення алергічних реакцій у людей, які користуються метро. В інших роботах наголошується на наявності у видовому різноманітті мікроміцетів повітря метрополітену умовно-патогенних представників, таких як *Aspergillus fumigatus* Fresen. та *A. flavus* Link (Ivanova et al., 2012). Можливість негативного впливу мікроскопічних грибів на здоров'я населення підкріплюється даними про те, що кількість життєздатних грибних КУО у повітрі публічних зон метрополітену часто перевищує рекомендовані ВООЗ показники щодо безпеки для здоров'я людей у 3–5 разів (Hwang, Cho, 2015).

Серед підземних споруд, що піддаються негативному впливу мікроорганізмів, на особливу увагу заслуговують підвальні приміщення будинків різного призначення. Доведено, що підвали, в яких накопичується волога, стають основною причиною зволоження стін та інших конструкцій будинків. Це супроводжується руйнацією фасадного покриття та стін будівель (Starcev, 2009). Експериментальними дослідженнями Дж. Маттсон із співавторами (Mattson et al., 2002) показали, що в уражені пліснявою будинки спори мікроскопічних грибів часто потрапляють через підвали. Замірами, проведеними в десятих житлових будинках (Airaksinen et al., 2004), встановлено, що кореляція між вмістом спор у підвальних приміщеннях та в кімнатах залежала від видів мікроскопічних грибів. Указану кореляцію виявлено для грибів роду *Acremonium*, на противагу багаточисельним видам роду *Penicillium*. Підвали житлових будинків можуть відігравати роль "біогенераторів" патогенної

мікобіоти. Дослідженнями НДІ Медичної мікології ім. П.М. Кашкіна СПбМАПО показано, що 43% дітей Санкт-Петербурга, які страждали на мікогенні респіраторні алергози, зокрема бронхіальну астму, проживали на перших поверхах будинків із високими показниками відносної вологості (Antonov et al., 2008). За оцінкою В. Фіск із співавторами (Fisk et al., 2002, 2007) значна кількість збільшення респіраторних захворювань, зокрема 50% підвищення числа випадків поточної астми, пов'язано із підвищеною вологістю в житлових приміщеннях. У літературі наведено дані про 21% випадків астми в США, які обумовлені вогкістю та пліснявою у будинках (Mudarrı, Fisk, 2007). Показано, що підвальні приміщення та ґрунт, через які проходить атмосферне повітря, належать до типових місць, де спостерігається розвиток плісняви, а матеріали в конструкціях залишаються ураженими мікроскопічними грибами навіть після ремонту (Nguyen et al., 2000). Зразки будівельних матеріалів, отримані із заражених грибами підвальних приміщень, містили концентрацію спор  $10^3$ – $10^5$  КУО/г (Kurnitski, Pasanen, 2000). У випадках яскраво вираженої колонізації будівельних матеріалів грибами концентрація спор у повітрі підвалів становила  $10^3$ – $10^4$  КУО/м<sup>3</sup>. Проведені численні дослідження доводять, що навіть у добре спроектованих підвалах із вентиляцією мікроорганізми проникають через тріщини. Визначено відповідні коефіцієнти проникнення, співвідношення між розмірами спор грибів, показниками тиску, розмірами щілин, тріщин тощо (Mosley et al., 2001; Liu, Nazaroff, 2003).

Відповідно до проведених оцінок, розміри 70–90% спор та фрагментів міцелію життєздатних мікроскопічних грибів, які є у повітрі приміщень, відповідають розмірам фракцій, що вдихає людина, а отже ці частки є негативними факторами, що призводять до виникнення низки захворювань. Це підтверджено результатами мета-аналізів кількісних даних, отриманих у багатьох дослідженнях. Установлені кореляції між показниками вологості, кількісними та якісними показниками вмісту життєздатних грибних КУО та зроблено висновки щодо негативних наслідків впливу вказаних складових повітря на здоров'я людини, зокрема дихальну систему. Зазначені дані зведено у Рекомендаціях Всесвітньої організації охорони здоров'я, термін дії яких встановлено до 2018 р. (Wibbelt et al., 2010).

На відміну від метрополітену та підвальних приміщень будинків мікобіота інших типів міських рукотворних підземних об'єктів залишається практично недослідженою. Хоча її вплив на санітарний стан міст може здатися на перший погляд менш значущим, є вагомі причини вважати такі дослідження вкрай актуальними, оскільки деякі з підземних споруд можуть бути резервуарами для розвитку та поширення ряду видів умовно-патогенних та патогенних мікроміцетів. На особливу увагу заслуговують дощові колекторні системи (Martynenko et al., 2012, 2015). Хоча ці тунелі не часто відвідуються людьми, повітря з них, а разом з ним і КУО мікроорганізмів, можуть потрапляти у навколишнє наземне середовище, споруди, в т. ч. підвали будинків, тунелі метро тощо. На відміну від підземних об'єктів метрополітену, дощові колекторні системи позбавлені як систем активної вентиляції, так і засобів запобігання розвитку мікобіоти на твердих субстратах та у воді. Крім цього, мікрокліматичні умови у дощових колекторних системах можна вважати більш сприятливими для розвитку ряду представників мікроміцетів. Дані щодо мікрокліматичних умов та екологічних аспектів експлуатації дощових колекторних систем подано у ряді вітчизняних публікацій (Mashina et al., 2003; Voloshyn, 2003; Startsev, 2010; Martynenko et al., 2012). Важливими є також результати досліджень активного розвитку деяких представників умовно-патогенної та патогенної мікобіоти у дощових колекторних системах, а також дані про наявність процесів біодеструкції матеріалів цих споруд (Cho, Mori, 1995; Kulikov, Kulikova, 1998; Martynenko et al., 2012, 2015; Kopytenkova et al., 2014).

Занашими дослідженнями, у деяких колекторних системах м. Києва відбувається активний процес ураження павуків родів *Achaearanea* Strand, 1929 та *Pholcus* Walckenaer, 1805 гіфоміцетом *Engyodontium album* (Limber) de Hoog, що відомий своєю широкою екологічною амплітудою та здатністю викликати різні захворювання у людей (Martynenko et al., 2012). Також нами було виявлено факти біологічного пошкодження залізобетонних конструкцій та інших будівельних матеріалів колекторних систем м. Києва за участі ряду мікроскопічних грибів (Martynenko et al., 2015). Процесам біодеструкції подібних конструкцій сприяє велика кількість органічного матеріалу (різноманітного сміття, мулу, побутових стоків), що потрапляє до русел колекто-

рів і використовується мікроміцетами як основне джерело живлення (Kulikov, Kulikova, 1998; Startsev, 2010). Часто відбувається скид до русел дощових колекторних систем неочищених побутових відходів, що є порушенням діючих нормативів, зокрема ДСТУ 3013-95 ([http://ksv.do.am/publ/dstu/dstu\\_3013\\_95/3-1-0-153](http://ksv.do.am/publ/dstu/dstu_3013_95/3-1-0-153)).

Неконтрольований розвиток мікроорганізмів, зокрема умовно-патогенних та патогенних мікроскопічних грибів, у міських колекторах може призводити до виникнення низки суттєвих санітарно-гігієнічних та екологічних проблем. Отже, можна вважати, що мікрокліматичні умови у більшості типів рукотворних підземних об'єктів сприяють розвитку в них небезпечних мікроскопічних грибів і, відповідно, потенційному виникненню різноманітних патологічних станів у людей, зокрема у тих, що схильні до атопії. Загальновідомо, що патогенні та умовно-патогенні мікроміцети відіграють важливу роль у виникненні порушень здоров'я людини (WHO guidelines for indoor air quality..., 2009; Wibbelt et al., 2010).

Проведений аналіз літератури свідчить про те, що мікобіота рукотворних підземних об'єктів досліджена значно менше, ніж у природних печерах. Найбільша кількість публікацій з цього питання стосується мікроміцетів метрополітену та підвалів міських будівель. Результати досліджень мікобіоти дощових колекторних систем та інших типів тунельних комунікацій є сьогодні вкрай обмежені та висвітлені лише в кількох публікаціях (Cho, Mori, 1995; Kulikov, Kulikova, 1998; Martynenko et al., 2012, 2015; Kopytenkova et al., 2014). Водночас вони є актуальними з огляду на те, що мікрокліматичні умови подібних споруд перетворюють їх практично на резервуари розвитку та подальшого розповсюдження у навколишнє міське середовище ряду видів мікроміцетів, які відомі як збудники патологічних станів у людини та тварин, і можуть бути активними біодеструкторами конструкцій міських будівель. Окремою проблемою є недосконалість та порушення існуючих норм експлуатації таких об'єктів. Отже дослідження мікобіоти дощових колекторних та дренажних систем поряд з іншими типами рукотворних підземних об'єктів є вкрай актуальними.

## СПИСОК ПОСИЛАНЬ

- Ai-hong L., Bao-ying Y. E., Hui-fang Z. An Investigation on Air Microbe Contamination Status of Subway Stations in Shenzhen City Before Their Open Publicly. *Pract. Prevent. Medicine*, 2006, 1: 325–330.
- 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.
- Antonov V.B., Beljakov N.A., Vasil'eva N.V., Elinov N.P., Starcev S.A., Hurcilava O.G., Shherbo A.P. *Биоповреждение больничных зданий и их влияние на здоровье человека*, St. Petersburg, 2008, 232 pp. [Антонов В.Б., Беляков Н.А., Васильева Н.В., Елинов Н.П., Старцев С.А., Хурцилава О.Г., Щербо А.П. *Биоповреждение больничных зданий и их влияние на здоровье человека*, СПб, 2008, 232 с.].
- Awad A. H.A. Environmental Study in Subway Metro Stations in Cairo. *Egypt. J. Occupat. Health*, 2002, 44(2): 112–118.
- Bogomolova E., Kirtsideli I. Airborne fungi in four stations of the St. Petersburg Underground railway system. *Int. Biodeter. Biodegrad.*, 2009, 63: 156–160.
- Cho J.H., Min K.H., Paik N.W. Temporal variation of airborne fungi concentrations and related factors in subway stations in Seoul, Korea. *Int. J. Hygiene Environ. Health*, 2006, 209(3): 249–255.
- Cho K.S., Mori T. A newly isolated fungus participates in the corrosion of concrete sewer pipes. *Water. Science & Technology*, 1995, 1: 205–209.
- Dashko R.E. *Problemy meditsinskoj mikologii*, 2002, 4(2): 68–69. [Дашко Р.Э. Микробиота в подземном пространстве Санкт-Петербурга как деструктор строительных материалов. *Пробл. мед. микол.*, 2002, 4(2): 68–69].
- Dashko R.E., Shatskaya Ye.Yu., Vlasov D.Yu. *Zapiski Gornogo institute*. 2007, 172: 69–74. [Дашко Р.Э., Шатская Е.Ю., Власов Д.Ю. Некоторые данные о причинах разрушения конструкционных материалов подземных сооружений в Санкт-Петербурге. *Зан. горного ин-та*. 2007, 172: 69–74].
- DSTU 3013-95 *Systema standartiv u haluzi okhorony navkolyshnoho seredovyshcha ta ratsionalnoho vykorystannia resursiv. Hidrosfera. Pravyla kontroliu za vidvedenniam doshchovykh i snihovykh stichnykh vod z terytorii mist i promyslovykh pidpriemstv* [ДСТУ 3013-95 Система стандартів у галузі охорони навколишнього середовища та раціонального використання ресурсів. Гідросфера. Правила контролю за відведенням дощових і снігових стічних вод з території міст і промислових підприємств], available at: [http://ksv.do.am/publ/dstu/dstu\\_3013\\_95/3-1-0-153/](http://ksv.do.am/publ/dstu/dstu_3013_95/3-1-0-153/) (accessed 01 April 2016).
- Fisk W.J., Faulkner D., Palonen J., Seppanen O. Performance and costs of particle air filtration technologies. *Indoor Air*, 2002, 12: 223–234, PMID: 12532754.
- Fisk W.J., Lei-Gomez Q., Mendell M.J. Meta-analyses of the associations of respiratory health effects with dampness and mold in homes. *Indoor Air*, 2007, 17: 284–296, available at: <http://www.osti.gov/scitech/servlets/purl/924852/> (accessed 30 March 2016).
- Gilleberg S.B., Faull J.L., Graeme-Cook K.A. A preliminary survey of aerial biocontaminants at six London Underground stations. *Int. Biodeter. Biodegrad.*, 1998, 41: 149–152.
- Hernandez-Castillo O., Mugica-Alvarez V., Castaneda-Briones M. T., Murcia J. M., Garcia-Franco F., Falcon Briseno Y. Aerobiological study in the Mexico City subway system. *Aerobiologia*, 2013, 30: 357–367.
- Hoseini M., Jabbari H., Naddafi K., Nabizadeh R., Rahbar M., Yunesian M., Jaafari J. Concentration and distribution characteristics of airborne fungi in indoor and outdoor air of Tehran subway stations. *Aerobiologia*, 2013, 29: 355–363.
- Hwang S.H., Cho J.H. Evaluation of airborne fungi and the effects of a platform screen door and station depth in 25 underground subway stations in Seoul. South Korea. *Air Quality, Atmosph. Health*, 2015, 1: 35–46.
- Ivanova A., Marfenina O., Danilogorskaya A. *Mikologiya i fitopatologiya*, 2012, 46(1): 33–40. [Иванова А.Е., Марфенина О.Е., Данилогорская А.А. Культивируемые микроскопические грибы в воздухе ряда станций Московского метрополитена и местах наружного воздухозабора. *Микол. и фитопатол.*. 2012, 46(1): 33–40].
- Ivarsson M., Lundberg J., Ivarsson L., Sallstedt T., Scheuerer M., Wedin M. Kungsträdgården, a granitic subway station in Stockholm: its exosystem and speleothems. *Speleol. Res. and Activities in Artificial Underground*, 2013, 2: 217–220.
- Kawasaki T., Kyotani T., Ushioji T., Izumi Y., Lee H., Hayakawa T. Distribution and identification of airborne fungi in railway stations in Tokyo, Japan. *J. Occupat. Health*, 2010, 52(3): 186–193.
- Ki K.W., Park J.B., Kim C.N., Lee K.J. Distribution of Airborne Fungi, Particulate Matter and Carbon Dioxide in Seoul Metropolitan Subway Stations. *J. Prev. Med. Public Health*, 2006, 39(4): 325–330.
- Kim K.Y., Kim Y.S., Kim D., Kim H.T. Exposure level and distribution characteristics of airborne bacteria and fungi in Seoul metropolitan subway stations. *J. Ind. Health*, 2011, 49(2): 242–248.
- Kopytenkova O.I., Shilova Ye.A., Sazonova A.M. *Tekhnologii tekhnosfernoy bezopasnosti*, 2014, 6(58): 1–7. [Копытенкова О.И., Шилова Е.А., Сазонова А.М. Особенности биоповреждений подземных объектов и необходимой охраны труда. *Технол. техносфер. безопасности*, 2014, 6(58): 1–7], available at: <http://ipb.mos.ru/ttb/>
- Kulikov Yu.N., Kulikova Ye.Yu. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten*, 1998, 6: 38–41. [Куликов Ю.Н., Куликова Е.Ю. Биологическая коррозия – скрытый дефект конструкции подземных сооружений. *Горный информ.-аналит. бюл.*, 1998, 6: 38–41].
- Kurnitski J., Pasanen P. Crawl space moisture and microbes. *Proc. Healthy Build.*, 2000, 3: 205–210.
- Langwig K.E., Frick W.F., Bried J.T., Hicks A.C., Kunz T.H., Kilpatrick A.M. Sociality, density-dependence and microclimates determine the persistence of

- populations suffering from a novel fungal disease, white-nose syndrome. *Ecol. Letters*, 2012, 15(1): 1050–1057.
- Lindner D.L., Gargas A., Lorch J.M., Banik M.T., Glaeser J., Kunz T.H., Blehert D.S. DNA-based detection of the fungal pathogen *Geomyces destructans* in soils from bat hibernacula. *Mycologia*, 2011, 103(2): 241–246.
- Liu D.L., Nazaroff W.W. Particle penetration through building cracks. *Aerosol Science and Technology*, 2003, 37:565–573, available at: <http://escholarship.org/uc/item/1tg357ms/>
- Martynenko S.V., Kondratiuk T.O., Sukhomlyn M.M. *Ukr. Bot. J.*, 2012, 69(3): 423–433. [Мартиненко С.В., Кондратюк Т.О., Сухомлин М.М. Гіфоміцет *Engyodontium album* (Limber) de Hoog як збудник ураження павуків у підземних колекторах м. Києва. *Укр. бот. журн.*, 2012, 69(3): 423–433].
- Martynenko S.V., Kondratiuk T.O., Bulanchuk Yu.M. *Aktualni problemy doslidzhennia dovkillia: Zbirnyk naukovykh prats*, 2015, 1: 116–119. [Мартиненко С.В., Кондратюк Т.О., Буланчук Ю.М. Мікроскопічні гриби на органічних та неорганічних субстратах дощових колекторних систем міста Києва. *Актуальні проблеми дослідження довкілля: Зб. наук. праць*, 2015, 1: 116–119].
- Mashina L.L., Goryainov E.I., Demekhin G.A. *Nauk. pr. UkrNDGMI*, 2003, 251: 196–203. [Машина Л.Л., Горяинов Э.И., Демехин Г.А. Эколого-экономические аспекты эксплуатации систем дождевой канализации. *Наук. праці УкрНДГМІ*, 2003, 251: 196–203].
- Mattson J., Carlson O.E., Engh I.B. Negative influence on IAQ by air movement from mould contaminated constructions into buildings. In: *Proceedings of Indoor Air: 9th International Conference on Indoor Air Quality and Climate*, City, editor, 2002, vol. 1, pp. 764–769.
- Mosley R.B., Greenwell D.J., Sparks L. E., Guo Z., Tucker W. G., Fortmann R., Whit C. Penetration of ambient fine particles into the indoor environment. *Aerosol Science and Technology*, 2001, 34: 127–136, available at: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/027868201117449/> (accessed 25 March 2016).
- Mudarri D., Fisk W.J. Public health and economic impact of dampness and mold, *Indoor Air*, 2007, 17: 226–235. PMID: 17542835.
- Nguyen Thi L.C., Kerr G., Johanson J. Monitoring and remediation after a flood in a Canadian office building. *Proc. Healthy Build.*, 2000, 3: 433–438.
- Picco A.M., Rodolfi M. Airborne fungi as biocontaminants at two Milan underground stations. *Int. Biodeterior. Biodegrad*, 2000, 44: 43–47.
- Robertson C.E., Baumgartner L.K., Harris J.K., Peterson K.L., Stevens M.J., Frank D.N., Pace N.R. Culture-independent analysis of aerosol microbiology in a metropolitan subway system. *Appl. Environ. Microbiol.*, 2013, 79(11): 3485–3493.
- Starcev S.A. *Inzhenerno-stroitel'nyy zhurn.*, 2009, 2(4): 31–42. [Старцев С.А. Анализ причин неблагоприятного состояния подвалов Санкт-Петербурга. *Инженерно-строит. журн.*, 2009, 2(4): 31–42], available at: [http://engstroy.spbstu.ru/index\\_2009\\_02/starcev\\_podvaly.pdf/](http://engstroy.spbstu.ru/index_2009_02/starcev_podvaly.pdf/)
- Starcev S.A. *Inzhenerno-stroitel'nyy zhurn.*, 2010, 7: 41–46. [Старцев С.А. Проблемы обследования строительных конструкций, имеющих признаки биоповреждения. *Инженерно-строит. журнал.*, 2010, 7: 41–46].
- Tian H., Wang Y., Zhu G., Zhang B., Xia X., Zhang J. Evaluation on hygienic status in public places of subway stations in Zhengzhou. *J. Environ. Hygiene*, 2014, 3: 132–138.
- Vanderwolf K.J., David Malloch D., McAlpine D.F., Forbes G.J. A world review of fungi, yeasts, and slime molds in caves. *Int. J. Speleology*, 2013, 42: 77–96.
- Vlasov D.Yu., Safronova Ye.V., Malyshev V.V. *Problemy meditsinskoj mikologii*, 2003, 5(2): 68–69. [Власов Д.Ю., Сафронова Е.В., Малышев В.В. Микробиота тоннельных сооружений в зоне "Размыв" С-Петербургского метрополитена. *Пробл. мед. микологии*, 2003, 5(2): 68–69].
- Vlasov D.Yu., Safronova Ye.V., Zelenskaya M.S., Dmitrieva Ye.Yu., Startsev S.A., Malyshev V.V. In: *Problemy dolgovechnosti zdaniy i sooruzheniy v sovremennoy stroitel'stve: materialy mezhdunarodnoy konferentsii*, St. Petresburg, 2007, pp. 154–160. [Власов Д.Ю., Сафронова Е.В., Зеленская М.С., Дмитриева Е.Ю., Старцев С.А., Малышев В.В. Микробиота строительных материалов в Петербургском метрополитене. В сб.: *Проблемы долговечности зданий и сооружений в современном строительстве: материалы международной конференции*, СПб, 2007, pp. 154–160].
- Voloshyn P.K. *Nauk. pratsi UkrNDHMI*, 2003, 252: 80–96. [Волошин П.К. Моніторингові дослідження підземних вод урбосистеми Львова. *Наук. праці УкрНДГМІ*. 2003, 252: 80–96].
- Wang Y., Tian H., Zhu G., Zhang B., Xia X., Zhang J. Investigation on Biological Contamination Indicators in Subway Stations in Zhengzhou. *J. Environ. Hygiene*, 2014, 4: 110–121.
- WHO guidelines for indoor air quality: dampness and mould*. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe, 2009, 248 pp., available at: [http://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0017/43325/E92645.pdf/](http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0017/43325/E92645.pdf/) (accessed 25 March 2016).
- Wibbelt G., Kurth A., Hellmann D., Weishaar M., Barlow A., Vèith M., Pruger J., Gorfol T., Grosche L., Bontadina F., Zophel U., Seidl H.P., Cryan P.M., Blehert D.S. White-nose syndrome fungus (*Geomyces destructans*) in bats, Europe. *Emerging Infect. Diseases*, 2010, 16(8): 1237–1243.
- Xiao-bao X., You-sheng O., Hai-yan Z., Chun-hua W., Wen-ru L., Yi-ben C. Study on airborne microbial contamination of Guangzhou subway station. *Chinese J. Health Lab. Technology*, 2008, 9: 112–119.
- Zhang H., Li L., Jiang R., Song W. Status of Air Pollutions in Shanghai Subway System. *J. Environ. Occupat. Medicine*, 2011, 9: 77–85.

Рекомендує до друку  
І.О. Дудка

Надійшла 19.04.2016

Мартиненко С.В., Кондратюк Т.О., Сухомлин М.М. **Мікобіота підземних об'єктів антропогенного та природного походження.** Укр. бот. журн., 2017, 74(3): 220–226.

ННЦ "Інститут біології та медицини" Київського національного університету імені Тараса Шевченка вул. Володимирська, 64/13, Київ 01601, Україна

У статті представлено огляд сучасних наукових публікацій щодо мікобіоти природних та антропогенних (міських рукотворних) підземних об'єктів, вплив мікроскопічних грибів на троглобіоти цих об'єктів і стан конструкцій та здоров'я людей. Показано, що питання мікобіоти ряду типів рукотворних підземних споруд залишається маловивченим. Найбільшу увагу дослідників привертають проблеми видового складу та поширення мікобіоти в об'єктах міського метрополітену та підвалах будинків. Показано, що кількісні та якісні показники поширення грибів у споруді, у першу чергу, залежать від глибини її залягання, режиму вентиляції та контакту з поверхнею землі. Результати досліджень свідчать про можливість активного розвитку у міських колекторах мікроскопічних грибів, серед яких можуть бути представники як відомих біодеструкторів конструкційних матеріалів, так і патогенних і умовно-патогенних видів.

**Ключові слова:** огляд, мікроскопічні гриби, троглобіоти, метрополітен, колекторні системи, біодеструкція

Мартыненко С.В., Кондратюк Т.А., Сухомлин М.М. **Микобиота подземных объектов антропогенного и естественного происхождения.** Укр. бот. журн., 2017, 74(3): 220–226.

УНЦ "Институт биологии и медицины" Киевского национального университета имени Тараса Шевченко ул. Владимирская, 64/13, Киев 01601, Украина

В статье представлен обзор современных научных публикаций, касающихся микобиоты природных и антропогенных (городских рукотворных) подземных объектов, влияния микроскопических грибов на троглобиоты этих объектов, состояние конструкций и здоровье человека. Наибольшее внимание исследователей привлекают проблемы видового состава и распространения микобиоты в объектах городского метрополитена и подвалах домов. Показано, что количественные и качественные показатели распространения грибов в сооружении, в первую очередь, зависят от глубины его залегания, режима вентиляции и контакта с поверхностью земли. Показано, что микобиота ряда рукотворных подземных сооружений остаётся малоизученной. Результаты исследований свидетельствуют о возможности активного развития в городских коллекторах микроскопических грибов, среди которых могут быть представители как известных биодеструкторов конструкционных материалов, так и патогенных или условно-патогенных видов.

**Ключевые слова:** обзор, микроскопические грибы, троглобиоты, метрополитен, коллекторные системы, биодеструкция