

**А.С. Аверчук**

## **ПОРІВНЯННЯ ВИДОВОГО СКЛАДУ ЛИШАЙНИКІВ ТЕРИТОРІЙ З РІЗНИМ СТУПЕНЕМ ТЕХНОГЕННОГО ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯ НА ПІВДЕННОМУ СХОДІ УКРАЇНИ**

лишайники, антропогенно трансформоване середовище, поллютанти, південний схід України

### **Вступ**

Розвиток промисловості, нераціональне використання природних ресурсів – все це призводить до поступової деградації навколишнього середовища, від якої безпосередньо залежить стан та життєдіяльність людини. Постійні викиди  $SO_2$ ,  $CO_2$ ,  $H_2S$  та інших летких речовин, а також пилу й дрібнодисперсних часток металургійними підприємствами, відвалами вугільних шахт, збагачувальними фабриками негативно відбивається на стані здоров'я населення.

Технічний прогрес приводить до нових тенденцій у розвитку інструментальних методів індикації стану навколишнього середовища, однак вони нерідко дорого коштують й складні в експлуатації. При цьому дають оцінку стану навколишнього середовища тільки на момент виміру, а не середньорічний показник, без врахування загального впливу цілих груп забруднюючих речовин. Останнім часом усе більше уваги приділяється біологічним методам оцінки стану навколишнього середовища, зокрема рослинним організмам. Використання рослин у якості індикаторів обумовлено їх чутливою унікальною відповіддю на стресовий подразник. Це явище дозволяє встановити причинно-наслідковий зв'язок та якраз встановити середньорічний показник ступеня забруднення з врахуванням сумісної дії поллютантів. Однак, не завжди будь-яка ділянка може бути придатною для зростання рослин, а такі екологічні фактори, як температура, світло, едафічне зволоження, можуть внести велику похибку в трактування оцінки стану довкілля.

Лишайники – токсикотолерантні організми, що накопичують значну кількість забруднювачів у своїй слані, формують виразні угруповання видів, що відбивають різні варіації вмісту важких металів у субстраті [6]. Багато з таких синузій проявляють специфічні реакції на різні типи металів, що дозволяє визначити не тільки ступінь забруднення, але й тип забруднювача.

### **Мета та завдання**

Метою досліджень є встановлення видового складу та особливостей поширення лишайникових угруповань на територіях, що зазнають різного антропогенного навантаження на південному сході України.

Основні завдання досліджень: визначити видовий склад лишайникових угруповань на територіях, що зазнають високої антропопресії, провести аналіз досліджуваної ліхенофлори на основі систематичного й екологічного аналізів, порівняти досліджувані лишайникові синузії, використовуючи коефіцієнт Жакара [12].

### **Об'єкти та методика досліджень**

Об'єкт дослідження: лишайникові синузії в умовах антропогенного навантаження на південному сході України.

Оцінювання стану навколишнього середовища надавали на основі вмісту ксенобіотиків у атмосферному повітрі, що визначали за даними спостережень кафедри соціальної медицини й організації охорони здоров'я Донецького національного медичного університету, а також стаціонарних постів державного комітету з гідрометеорології й контролю природного середовища, установ Державного санітарно-епідеміологічного нагляду відповідно до інструкції Міністерства охорони здоров'я [5, 8]. Оцінку фактичного забруднення здійснювали на основі порівняння результатів із гранично допустимими концентраціями поллютантів атмосферного повітря.

Збори досліджуваного матеріалу проводили маршрутним методом на територіях, які характеризуються різним ступенем забруднення атмосферного повітря (табл.1).

Для проведення досліджень на території міста Донецька було обрано вулиці з різним ступенем насиченості автотранспортом та забрудненням приземного шару повітря: 1-а група з висо-

Таблиця 1. Середньорічна концентрація поллютантів у атмосферному повітрі на досліджених територіях з різним антропогенним навантаженням на південному сході України

| Місто                 | № території досліджень | Антропогенне навантаження, т/км <sup>2</sup> /рік* | Загальний пробіг автотранспорту на території досліджень, млн. км/км <sup>2</sup> * | Комплексний індекс забруднення повітря сімома речовинами (ІЗП <sub>7</sub> ) | Якість повітря (питома вага аналізів повітря з перевищенням середньодобової ГДК, %) |
|-----------------------|------------------------|--|--|--|---|
| Донецьк               | 1                      | $\frac{1890,5 - 22500,8}{3680,4 \pm 210,7}$        | $\frac{2,0 - 4,59}{3,1 \pm 0,7}$   | 100 – 200  | 40,1 – 78,9   |
| Шахтарськ             | 2                      | $\frac{73,4 - 1568,9}{695,3 \pm 21,7}$             | $\frac{0,84 - 1,75}{1,2 \pm 0,2}$  | 3 – 5  | 25,6 – 36,3   |
| Торез (сmt. Розсипне) | 3                      | $\frac{73,4 - 1568,9}{695,3 \pm 21,7}$             | $\frac{0,84 - 1,75}{1,2 \pm 0,2}$  | 1 – 3  | 1,0 – 18,6  |

\*  $\frac{M_{\min} - M_{\max}}{M \pm t}$  – розходження показника із середнім значенням достовірно при  $p < 0,05$

ким показником насиченості автотранспортом та відповідно з помірно-сильним забрудненням повітря: вулиці Щорса, Університетська, Рози Люксембург, де показники діоксиду азоту (NO<sub>2</sub>) перевищують гранично допустиму концентрацію (ГДК) у 4 рази [8], ця територія за екологічним станом є небезпечною; 2-а група з меншим показником насиченості автотранспортом, з слабким забрудненням атмосфери: вулиця 50-ої Гвардійської дивізії, показники NO<sub>2</sub> перевищують ГДК у 3 рази [8], територія також вважається небезпечною (табл. 1). Для загальної території міста Донецька було присвоєно № 1.

Територія м. Шахтарська та прилеглих околиць за показником індексу забруднення повітря – ІЗП<sub>7</sub> (комплексного забруднення повітря сімома речовинами: завислі речовини, оксид вуглецю, діоксид сірки, сірководень, діоксид азоту, фенол, 3,4-бенз(а)пірен) [5] займає друге положення (рівень забруднення перевищує ПДК у 3 – 5 рази) по відношенню до міста Донецька, де цей індекс перевищує норму у 100 – 200, тому їй було присвоєно № 2. Місто Торез (дослідження проводили в околицях сmt. Розсипне) є найбільш екологічно чистою місцевістю (перевищення норми у 1 – 3 рази) – № 3, (табл. 1).

Особливу увагу приділяли збору епіфітних лишайників, однак не пропускали також епілітні форми лишайників й ті, що заселяють штучний субстрат.

Аналіз видового складу лишайників досліджених територій проводили за типом слані, за реакцією на головні абіотичні фактори: кислотність субстрату, освітленість, зволоження. Визначали лишайники за визначниками та флорами [7, 9, 10, 11]. Назви видів наведено за другим чеклистом лишайників України [13].

Структуру угруповань лишайників характеризували й порівнювали за допомогою коефіцієнта Жакара (КЖ)[12].

### Результати досліджень та їх обговорення

В результаті проведених досліджень у 2003 – 2009 рр. на південному сході України було зібрано та визначено 28 видів лишайників, що відносяться до 16 родів, 9 родин (табл. 2).

На території № 1 міста Донецька наші збори лишайників включають більш ніж 60 зразків. Складений флористичний список лишайників включає 17 видів. Найпоширенішим видом є *Lecanora dispersa* (Pers.) Sommerf., який було знайдено майже на всіх досліджуваних видах дерев. Крім даного виду, особливу увагу варто звернути на такі види, як *Pyrenula dermatodes* (Borger) Schaer. і *Lecania cyrtella* (Ach.) Th. Fr., які, за нашими даними [2], рідко зустрічаються на територіях, що зазнають високого антропогенного впливу.

У зеленій зоні міст частіше лишайники зустрічаються на тополях Болле (*Populus bolleana* Lauche) і пірамідальній (*P. italica* (Du Roi) Moench). Рідше на зазначених видах тополь зустрічаються *Parmelia sulcata* Taylor і види роду *Parmeliopsis* (Wulf.) Nyl. З інших видів дерев лишайники поширені на клені ясенелистому (*Acer negundo* L.) – *Parmeliopsis ambigua* (Wulfen) Nyl., на тополі чорній (*Populus nigra* L.), а також на в'язах граболистому (*Ulmus carpinifolia* Rupp. ex G. Suckow) і голому (*U. minor* Mill.), березі пухнатій (*Betula pubescens* Ehrh) – *Flavoparmelia caperata* (L.) Hale,

Таблиця 2. Зустрівальність лишайників на досліджених міських територіях на південному сході України

| Вид  | № території* |   |   |
|--|--------------|---|---|
|  | 1            | 2 | 3 |
| <i>Acarospora schorica</i> Vodop.                          |              |   | + |
| <i>Blastenia teicholyta</i> Bausch.                        | +            |   |   |
| <i>Caloplaca cerina</i> (Ehrh. ex Hedwig) Th. Fr.          | +            |   |   |
| <i>Cladonia cornuta</i> (L.) Hoffm.                        |              | + |   |
| <i>Candelariella xanthostigma</i> (Ach.) Lettau            |              | + |   |
| <i>Candelariella reflexa</i> (Nyl.) Lettau                 |              | + |   |
| <i>Candelariella vitellina</i> (Hoffm.) Müll. Arg.         | +            | + | + |
| <i>Flavoparmelia caperata</i> (L.) Hale                    | +            | + | + |
| <i>Lecania prasinoides</i> Elenk.                          |              | + |   |
| <i>Lecanora campestris</i> (Schaer.) Hue                   |              |   | + |
| <i>Lecanora conizaeoides</i> Nyl. & Crombie                | +            | + |   |
| <i>Lecanora dispersa</i> (Pers.) Sommerf.                  | +            | + | + |
| <i>Lecanora hagenii</i> (Ach.) Ach.                        |              |   | + |
| <i>Lecanora muralis</i> (Schreb.) Rabenh.                  |              |   | + |
| <i>Lecania cyrtella</i> (Ach.) Th. Fr.                     | +            |   |   |
| <i>Parmelia sulcata</i> Tayl.                              |              |   | + |
| <i>Parmeliopsis ambigua</i> (Wulfen) Nyl.                  | +            |   | + |
| <i>Parmeliopsis pallescens</i> (Hoffm.) Hillm              |              |   | + |
| <i>Pertusaria amara</i> (Ach.) Nyl.                        |              |   | + |
| <i>Physcia adscendens</i> (Fr.) H. Olivier                 | +            |   | + |
| <i>Physcia aipolia</i> (Ehrh. ex Humb.) Fumr.              |              | + | + |
| <i>Physcia hispida</i> (Schred.) Frege                     |              |   | + |
| <i>Physcia tenella</i> (Scop.) DC.                         | +            |   | + |
| <i>Pyrenula dermatodes</i> (Borrer) Schaer.                | +            |   |   |
| <i>Scoliciosporum chlorococcum</i> (Graewe & Stenh.) Vezda |              | + |   |
| <i>Xanthoparmelia somloensis</i> (Gyeln.) Hale.            |              | + |   |
| <i>Xanthoria polycarpa</i> (Hoffm.) Rieber.                |              | + |   |
| <i>Xanthoria parietina</i> (L.) Th. Fr.                    | +            | + | + |

\*1 – вулиці міста Донецька; 2 – м. Шахтарськ та прилеглі околиці; 3 – м. Торез, смт. Розсипне та прилеглі околиці; знаком “+” відмічено зустрічальність виду на даній території.

майже незаселені лишайниками липа серцелиста (*Tilia cordata* Mill.), горобина звичайна (*Sorbus aucuparia* L.), черемшина звичайна (*Padus avium* Mill.), робінія звичайна (*Robinia pseudoacacia* L.). Тут зустрічаються одиничні екземпляри *F. caperata* і види роду *Pertusaria* DC.

Спостереження показали, що середня висота поширення лишайників на стовбурі – 1 метр ( $\pm 20 - 30$  см), що дозволяє віднести наведені вище види до геліофітів. Однак спостерігається залежність поширення лишайників від положення стовбура дерева, якщо стовбур має чітко виражений нахил, то лишайники піднімаються на 3 – 4 м по ньому, але не більше 1,5 м над землею [4].

Під час досліджень була відзначена та підтверджена чутливість до забруднення повітря кущистих форм лишайників у зонах діючих шахт, збагачувальних фабрик.

Менш чутливі до техногенного забруднення в умовах міста Донецька епіфітні лишайники, які на стовбурах деяких видів деревних рослин у парковій зоні міста формують маловидові угруповання, у їхньому складі відмічено *Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr., *Flavoparmelia caperata*, *Physcia hispida* (Schred.) Frege [1, 3].

У зонах максимальної дії техногенного забруднення середовища (безпосередньо біля цехів металургійного заводу) лишайники не виживають, утворюється так звана “лишайникова пустеля”. В міру віддалення від джерел SO<sub>2</sub> з’являються накипні лишайники, ще далі – листові і кущисті, утворюючи одновидові плями або групи з видами мохів (синузії).

На території № 2 лишайники збирали в околицях міста Шахтарськ, а саме: шахт Фомінська-12 і Фомінська-14. Ліхенофлора представлена 13 видами, основу якої становлять види з роду *Candelariella* Massal. Ймовірно, наявність відвалів і їхньої високої щільності позначається на загальному поширенні лишайників, однак, як показують дослідження, проведені нами в 2008 р., присутність кущистого лишайника – *Cladonia cornuta* (L.) Hoffm. вказує на значну чистоту повітря, так як природними місцезростаннями цього виду є соснові ліси, де він росте на пісковицях та пнях, однак це не говорить про повну відсутність дрібнодисперсних часток в атмосфері, тому що разом з вищезгаданим видом знайдені також ліхеноіндикатори забрудненого середовища (*Lecanora conizaeoides* Nyl. & Crombie, *Lecanora dispersa* (Pers.) Sommerf.).

Аналіз розподілу лишайників за типом слані показав, що найбільш розповсюдженими видами є накипні форми (4 види, 33,3%): *Candelariella reflexa* (Nyl.) Lettau, *C. xanthostigma* (Ach.) Lettau, *Lecanora dispersa*, *Scoliciosporum chlorococcum* (Graewe in Stenh.) Vezda. Таку ж саму кількість нараховують листоваті лишайники – *Physcia aipolia* (Ehrh. ex Humb.) Fumr., *Xanthoparmelia somloensis* (Gyeln.) Hale, *Xanthoria parietina*, *X. polycarpa* (Hoffm.) Rieber, що не є характерним для більшості антропогенно трансформованих територій. Друге місце за зустрічальністю займає лишайник *Lecanora dispersa* – типовий вид для багатьох антропогенно порушених територій.

Зовсім іншу картину спостерігаємо в околицях шахти «Фомінська – 12». Домінанти ліхенобіоти представлені видами з роду *Lecania* (Massal.) Zahlbr. – *L. prasinoides* Elenk. та *Lecanora* Ach. – *Lecanora dispersa* та *L. conizaeoides* Nyl. et Crombie. Останній вид, за нашими джерелами [4], відноситься до токсикотолерантних накипних лишайників. Ще одним розповсюдженим видом є *Candelariella vitellina* (Hoffm.) Müll. Arg., який заселяє місцезростання як околиці, так і відвалів шахти «Фомінська – 12». Головним джерелом заселення едафотопів відвалів цим видом є будівельне сміття, але поширення обмежується кислотністю субстрату, так як залізобетонні вироби мають лужне середовище, а порода відвалу – кисле. З листоватих лишайників нами знайдений вид *Xanthoria polycarpa*, який зростає на корі *Populus italica*.

Настільки мала кількість тест-видів забруднення атмосферного повітря району досліджень ще не свідчить про тотальне забруднення атмосфери, а, мабуть, обумовлено несприятливими умовами для зростання лишайників, так, наприклад, відсутність деревних рослин, що перешкоджає розповсюдженню лишайників на цій території.

Порівнюючи видовий склад лишайників обраних нами територій за коефіцієнтом Жакара (КЖ), були отримані наступні результати, які було зведено у діаграму (рис. 1).

З діаграми видно, що найбільша подібність ліхенофлор спостерігається у територій № 1 та № 3 (КЖ – 27,3), оскільки остання територія за рахунок того, що є найбільш екологічно чистою (табл. 1), налічує види як токсикотолеранті, так й індикатори атмосферної чистоти. Щодо територій № 1 та № 2, де КЖ становить – 25 одиниць; та № 2 і № 3 (КЖ – 20,8), то в цьому випадку індекси дуже добре показують середнє положення другої території за градієнтом забруднення поллютантами атмосферного повітря.

Для прикладу практичного використання показників щільності та чисельності лишайників щодо порівняння ліхенофлор техногенно трансформованих територій нами побудовано екологічну схем-карту (рис. 2). Згідно схем-карти, співпадають значення чисельності та щільності розповсюдження лишайників із показниками забруднення навколишнього середовища, це свідчить про доцільність використання лишайників у якості біомаркерів стану антропогенно трансформованого середовища на південному сході України.

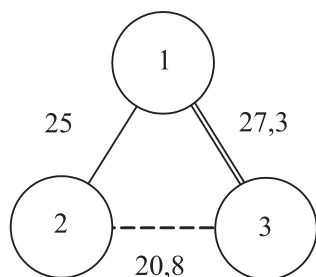


Рис. 1. Подібність ліхенофлор територій з різним ступенем техногенного забруднення повітря на південному сході України: 1 – вулиці міста Донецька; 2 – м. Шахтарськ та прилеглі околиці; 3 – м. Торез, смт. Розсипне.

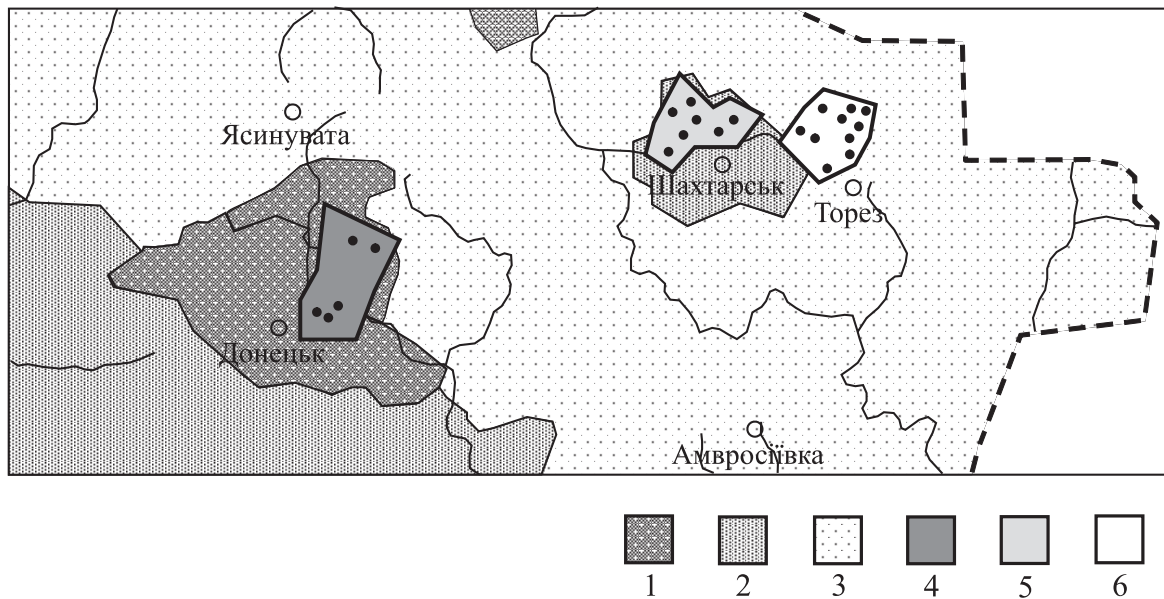


Рис. 2. Екологічна схем-карта міських територій (фрагмент) за поширенням лишайників у зв'язку з різним техногенним забрудненням повітря:  
 1 – сильне забруднення, 2 – середнє забруднення, 3 – слабе забруднення; 4 – найменша, 5 – середня і 6 – найбільша щільність та чисельність лишайників

### Висновки

В результаті проведених досліджень у 2003 – 2009 рр. було встановлено видовий склад лишайників міст Донецька, Тореза, Шахтарська – 28 видів, які відносяться до 16 родів, 9 родин. Найбільш поширеним родом є *Lecanora*. Цікавою знахідкою є лісовий вид *Cladonia cornuta*, який був знайдений біля відвалу шахти «Фомінська-12».

Встановлено, що лишайники є чутливими індикаторами забруднення поллютантами атмосферного повітря. Використовуючи показники чисельності та щільності, а також особливості розповсюдження лишайників на досліджених територіях, можна встановити адекватну оцінку екологічної ситуації у тому чи іншому районі. Використовуючи показники подібності ліхенофлор за коефіцієнтом Жакара, треба звертати увагу все ж таки на особливості видового складу лишайників, оскільки поряд з біомаркерами чистоти повітря виявлені токсикотолерантні види. Показана доцільність використання лишайників у якості інформативних індикаторів забруднення навколишнього середовища.

1. Аверчук А.С. Возможности лишеноиндикации в условиях промышленного Донбасса / А.С. Аверчук, А.В. Машталер // Биоразнообразие. Экология. Эволюция. Адаптация: II міжнар. наук. конф. студ., аспір. та молод. вчен.: тез. докл. – Одеса, 2005. – С. 8.
2. Аверчук А.С. Лишайники в урбаноекосистемах міста Донецька / А.С. Аверчук // Актуальні проблеми ботаніки та екології: міжнар. наук. конф. молод. учених: тез. докл. – К., 2008. – С. 55 – 56.
3. Аверчук А.С. Лишайники деревних насаджень м. Донецьк / А.С. Аверчук // Фундаментальні та прикладні дослідження в біології: міжнар. наук. конф. студ., аспір. та молод. вчених: тези доп. – Донецьк: Вебер, 2009. – С. 11 – 12.
4. Аверчук А.С. Порівняльний аналіз видового складу лишайників у екотопах відвалів вугільних шахт / А.С. Аверчук // Охорона навколишнього середовища та раціональне використання природних ресурсів: VIII міжнар. наук. конф. аспір. та студ.: тез. докл. – Донецьк, 2009. – Т.1. – С.173 – 174.
5. Агарков В.И. Атлас гигиенических характеристик окружающей среды Донецкой области / В.И. Агарков, С.В. Грищенко, В.П. Грищенко. – Донецк, 2001. – 140 с.
6. Бязров Л.Г. Лишайники – индикаторы радиоактивного загрязнения / Лев Георгиевич Бязров. – М.: Изд-во КМК, 2005. – 476 с.
7. Голубкова Н.С. Определитель лишайников средней части СССР / Н.С. Голубкова. – М.: Наука, 1966. – 256 с.
8. Доклад о состоянии окружающей природной среды города Донецка в 2006 – 2007 годах / Под ред. А. Лукьянченко. – Донецк, 2008. – 112 с.



9. Окснер А.М. Флора лишайників України: в 2 т. / Альфред Миколайович Окснер. – Киев : Наук. думка, 1993. – Т. 2, вип. 1. – 1968. – 450 с.
10. *Определитель* лишайников СССР. Вып. 1. Пертузариевые, Леканоровые, Пармелиевые. – Л.: Наука, 1971. – 412 с.
11. *Определитель* лишайников СССР. Вып. 5. Кладониевые – Акароспоровые. – Л.: Наука, 1978. – 305 с.
12. Шмидт В.М. Математические методы в ботанике: Учеб. пособие / В.М. Шмидт. – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1984. – 288 с.
13. Kondratyuk S.Ya., Khodosovtsev A.Ye., Zelenko S.D. The Second Checklist of Lichens Forming, Lichenicolous and Allied Fungi of Ukraine. – Kiev: Phytosociocentre, 1998. – 180 p.

Донецький ботанічний сад НАН України

Отримано 16.07.2009

УДК 582.29: 581.52: 581.522.4 (477.60)

ПОРІВНЯННЯ ВИДОВОГО СКЛАДУ ЛИШАЙНИКІВ ТЕРИТОРІЙ З РІЗНИМ СТУПЕНЕМ  
ТЕХНОГЕННОГО ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯ НА ПІВДЕННОМУ СХОДІ УКРАЇНИ

А.С. Аверчук

Донецький ботанічний сад НАН України

При вивченні ліхенофлор трьох міських територій (Донецьк, Шахтарськ, Торез), що зазнають високої антропопресії, які вибирались за показником середньорічної концентрації політантів у атмосферному повітрі, було визначено 28 видів лишайників, що відносяться до 16 родів, 9 родин. Отримані дані щодо розповсюдження лишайників адекватно відображають стан забрудненості атмосферного повітря, що підтверджено інструментальними дослідженнями. Отже, доцільно використовувати лишайники у якості біо-маркерів стану забруднення антропогенно трансформованого середовища.

UDC 582.29: 581.52: 581.522.4 (477.60)

COMPARISON OF SPECIFIC COMPOSITION OF THE LICHENS FOUND IN THE TERRITORIES WITH  
DIFFERENT LEVEL OF TECHNOGENIC AIR POLLUTION IN THE SOUTH-EAST OF UKRAINE

A.S. Averchuk

Donetsk Botanical Garden, National Academy of Sciences of Ukraine

The study of the lichenoflora of three urban territories (Donetsk, Shakhtarsk, Torez) with high anthropopression chosen by the index of average annual concentration of air pollutants yielded 28 species of lichens related to 16 genera, 9 families. The observed data on the spread of lichens adequately reflect the level of air pollution which is corroborated by instrumental investigation. Thus, it is advantageous to use lichens as biomarkers of pollution for anthropogenically transformed environments.