

## Lichen diversity in anthropogenically transformed environment of Krivyi Rig basin

V.V. Kachinskaya

*Kriviy Rig Pedagogical University, Kriviy Rig, Ukraine*

*E-mail: [Kachinskaya82@yandex.ru](mailto:Kachinskaya82@yandex.ru)*

*Submitted: 20.02.2017. Accepted: 15.04.2017*

We observed the diversity of lichens at different levels of aerotechnogenic pollution of industrial mining – metallurgical complex of Kriviy Rig Basin. We registered the reduction of vegetation cover and reducing of the size of thallus in the highway area with undesirable living conditions to lichens. We suggested that specific composition and distribution patterns of cladinas is subject of the industrial loading. Most of lichen species are tolerant to urbanization and widely distributed in the built-up area of industrial mining, whereas only a few lichens sensitive to urbanization were recorded. We registered the domination of crustaceous cladinas with insignificant participation of fissile cladinas and complete absence of bushy forms that could be possible consequence of industrial influence.

**Keywords:** lichen, projective cover, floristic composition, lichenoidication.

## Екологічні особливості поширення лишайників антропогенно трансформованих територій Криворіжжя

В.В. Качинська

*Криворізький державний педагогічний університет, Кривий Ріг, Україна*

*E-mail: [Kachinskaya82@yandex.ru](mailto:Kachinskaya82@yandex.ru)*

Проаналізовано промисловий вплив на стан таломів, частоту трапляння та загальне проективне покриття епіфітних лишайників в умова трансформованих територій Криворіжжя. Встановлено, що епіфітні лишайники характеризуються незначним зменшенням морфометричних показників таломів. Основними екологічними закономірностями поширення епіфітних лишайників є відповідність характеру розвитку талому особливостям антропогенного використання території. Встановлено, що видовий склад та закономірності розповсюдження лишайників детерміновані типом індустріального навантаження. Переважання в ліхенокомплексах накипних і листоватих лишайників та незначна кількість кущистих форм є наслідком промислового впливу.

**Ключові слова:** лишайник, проективне покриття, флористичний склад, ліхеноіндикація.

---

Потужний розвиток гірничо-металургійної промисловості призводить до поступової деградації рослинних угруповань в індустріальних регіонах ([Fenn et al., 2007](#); [Gadsdon et al., 2010](#); [Gaio-Oliveira et al., 2005](#)). При цьому періодичні обстеження стану рослинних угруповань в промислових умовах варто розглядати як засіб моніторингу стану довкілля для розробки заходів їх охорони та збереження ([Blett et al., 2003](#); [Davies et al., 2007](#)). Зокрема, використання епіфітних лишайників у якості індикаторів стану середовища обумовлено їх чутливою реакцією на стресовий подразник та здатністю накопичувати значну кількість забруднювачів у своїй слані, формувати угруповання видів, що відбивають

різні варіації вмісту важких металів у субстраті (Geiser et al., 2010; Geiser, Neitlich, 2007; Godinho et al., 2009; Gombert et al., 2003; Johansson et al., 2012; Jovan, 2008; Jovan, McCune, 2005). Саме особливості цих організмів дають змогу широко використовувати їх як індикатори стану навколишнього середовища (Jovan et al., 2012; McMurray et al., 2013; Mitchell et al., 2005; Munzi et al., 2010; Riddell et al., 2008; Kondratyuk, 2008).

Зокрема, Криворіжжя є регіоном з потужною гірничовидобувною, збагачувальною, металургійною промисловістю. Окремі компоненти екосистем є досить добре вивченими, проте, епіфітні лишайники є одним з найменш досліджених компонентів екосистем Кривбасу. При цьому формування ліхенофлори від джерел інтенсивного промислового забруднення гірничо-металургійного комплексу міста Кривий Ріг в значній мірі обумовлено надходженням техногенних мінералів та впливом полутантів (Kachinskaya, 2011).

Питання збереження та охорони рослинних угруповань антропогенно трансформованих територій на Криворіжжі потребує вивчення різноманітності не тільки судинних вищих рослин, які створюють основу рослинного покриву, а й врахування безсудинних рослин — лишайників, які є невід'ємними компонентами екосистем. Використання епіфітних лишайників у моніторингових дослідженнях дає змогу виявити їх екологічні амплітуди, загальні особливості поширення, що значно полегшує біомоніторинг та прогнозування стану екосистем (Jovan et al., 2012; Root et al., 2015; Sigal, Nash, 1983; Sparrius, 2007; van Dobben, ter Braak, 1999; van Herk et al., 2003; Vilsholm et al., 2009; Shershova, 2016).

Тому, встановлення видового складу епіфітних лишайників та їх особливостей поширення в межах антропогенно трансформованих територій Криворіжжя є важливим завданням для біомоніторингу та прогнозування стану екосистем.

## Матеріали та методи досліджень

Зокрема, ліхенологічні дослідження проведено в межах Гурівського лісництва. Закладено 6 пробних ділянок на території Гурівського лісництва: 1 і 2 ділянки – привододіл із насадженнями *Fraxinus excelsior* L., *Quercus robur* L., *Acer tataricum* L.; 3 і 4 – у верхній частині схилу балки із насадженнями *Robinia pseudoacacia* L., *Quercus robur*, *Fraxinus excelsior*, *Ulmus carpiniifolia*; 5 і 6 – в середній частині схилу балки із насадженнями *Robinia pseudoacacia*, *Fraxinus excelsior*. У якості пробних ділянок було обрано території паркових зон: 1 ділянка – парк Ювілейний, 2 ділянка – парк Б. Хмельницького, 3 ділянка – парк ім.газети «Правди» та 1 пробну ділянку на території Криворізького ботанічного саду. Для порівняльної характеристики закладено 6 пробних ділянок на території промислових ділянок гірничо-збагачувальних комбінатів (ГЗК) Кривбасу. Видовий склад епіфітних лишайників визначено за допомогою визначників (Oksner, 1993).

## Результати та їх обговорення

На основі аналізу ліхенологічних досліджень встановлено, що загальна кількість видового складу епіфітних лишайників промислових ділянок із насадженнями *Ulmus laevis* і *Populus nigra* становить 8 видів епіфітних лишайників, що відносяться до 6 родів, 5 родин (Kachinskaya, 2011). Переважання в ліхенокомплексах накипних лишайників, незначна участь листуватих лишайників та повна відсутність кущистих форм є можливим наслідком промислового впливу.

Основу ліхенокомплексів складають види родини *Physciaceae* та *Lecanoraceae*. Провідні родини представлені родами *Physcia* та *Lecanora*. Найпоширенішими видами епіфітних лишайників є *Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr., *Physcia orbicularis* (Neck.) Moberg, *Lecanora carpinea* (L.) Vainio, *Lecanora hagenii* (Ach.) Види родин *Bacidiaceae* – *Scoliciosporum chlorococcum* (Graewe & Stenh.) Vezda, *Caloplacaceae* – *Caloplaca lobulata* (Florke) Hellbom., *Buelliaaceae* – *Rinodina pyrina* (Ach.) Arn. представлені поодинокими екземплярами.

Серед вказаних видів лишайників виділені наступні групи за чутливістю до атмосферного забруднення: середньочутливі (4 види: *Caloplaca lobulata*, *Candelariella aurella*, *Lecanora carpinea*, *Physcia tenella*); стійкі (*Lecanora hagenii*); токситолерантні (2 види: *Xanthoria parietina*, *Physcia adscendens*) (Kachinskaya, 2011).

Найбільша подібність ліхенокомплексів спостерігається у *Populus nigra* в умовах впливу силікатного залізовмісного ділянки №2 та в умовах впливу графітового пилу ділянки № 4 та в умовах забруднення від пило-газових викидів ділянки №5 (КЖ – 0,80), найменша подібність ліхенокомплексів спостерігається в умовах епізодичного впливу технологічних засолених вод та нафтопродуктів ділянки № 3. У *Ulmus laevis* в умовах впливу силікатного залізовмісного пилу дробильно-сортувальної фабрики №1 та в умовах забруднення від пило-газових викидів на території ділянки №5 (КЖ – 0,80) (табл. 1).

Аналіз ліхенологічних досліджень свідчить, що у селітебних зонах найбільш поширеними епіфітними лишайниками є види роду *Physcia*. Так, поширення *Phaeophyscia nigricans* та *Ph. orbicularis* свідчить про переважання видів, які віднесено до синантропних, розповсюдження яких пов'язане із значним пиловим забрудненням та зменшенням конкуренції з боку інших видів, і є характерною рисою урбанізованих територій. При цьому аналіз морфометричних показників талому свідчить, що основними біолого-екологічними особливостями епіфітних лишайників роду *Physcia* в умовах селітебних зон є незначне зменшення довжини талому у порівнянні із умовно-контрольною ділянкою. Так, максимальна середня довжина талому в умовах селітебних зон становить 2,80см±0,28, тоді як на умовно-контрольній ділянці 3,9см±0,38 (Kachinskaya, 2015).

Серед видів лишайників у селітебних зонах виділені наступні групи за чутливістю до атмосферного забруднення: середньочутливі (3 види: *Caloplaca lobulata*, *Lecanora carpinea*, *Phaeophyscia nigricans*); токситолерантні (4 видів: *Xanthoria polycarpa*, *Xanthoria parietina*, *Physcia orbicularis*, *Scoliciosporum chlorococcum*). Відмічені види лишайників свідчать про здатність до існування лише тих видів, які пристосовані до помірно й дуже сильно забруднених територій.

Низьку видову різноманітність лишайників у селітебних зонах можна пояснити по-перше, одноманітністю деревних порід (переважно це *Ulmus carpinifolia* та *Robinia pseudoacacia*), що зумовлює і одноманітність лишайникового покриву.

**Таблиця 1.** Подібність ліхенокомплексів *Populus nigra* і *Ulmus laevis* промислових ділянок Кривбасу за коефіцієнтом Жакара

| № ділянки  | V | <i>Populus nigra</i> |      |      |      |      |      |   |
|--|---|----------------------|------|------|------|------|------|---|
|  |   | Пробні ділянки       |      |      |      |      |      |   |
|  |   | 1                    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7 |
| Число спільних видів / показник видової спільності |   |                      |      |      |      |      |      |   |
| 1  | 6 | x                    | 4    | 4    | 4    | 4    | 6    | 5 |
| 2  | 4 | 0,66                 | x    | 3    | 4    | 4    | 4    | 5 |
| 3  | 5 | 0,57                 | 0,50 | x    | 4    | 3    | 4    | 3 |
| 4  | 5 | 0,57                 | 0,80 | 0,66 | x    | 4    | 4    | 4 |
| 5  | 5 | 0,57                 | 0,80 | 0,42 | 0,66 | x    | 4    | 4 |
| 6  | 6 | 0                    | 0,60 | 0,57 | 0,57 | 0,57 | x    | 5 |
| 7  | 9 | 0,50                 | 0,62 | 0,27 | 0,40 | 0,40 | 0,50 | x |
| <i>Ulmus laevis</i>                                |   |                      |      |      |      |      |      |   |
| 1  | 5 | x                    | 2    | 3    | 3    | 4    | 3    | 4 |
| 2  | 3 | 0,33                 | x    | 2    | 2    | 2    | 2    | 2 |
| 3  | 4 | 0,50                 | 0,40 | x    | 2    | 2    | 2    | 3 |
| 4  | 4 | 0,50                 | 0,40 | 0,33 | x    | 2    | 3    | 3 |
| 5  | 4 | 0,80                 | 0,40 | 0,33 | 0,33 | x    | 2    | 3 |
| 6  | 4 | 0,50                 | 0,40 | 0,33 | 0,60 | 0,33 | x    | 4 |
| 7  | 8 | 0,44                 | 0,22 | 0,37 | 0,33 | 0,33 | 0,50 | x |

V – кількість видів лишайників; Ділянки: 1 – дробильно-сортувальна фабрика ВАТ „Інгулецький ГЗК”; 2 – дробильно-сортувальна фабрика ВАТ „Південний ГЗК”; 3 і 4 ділянка – промислові ділянки блюмінгу та мартенівського виробництва гірничо-металургійного комбінату ВАТ „АрселорМітал Кривий Ріг”; 5 – теплосиловий цех ВАТ „Північний ГЗК”; 6 – дробильно-сортувальна фабрика ВАТ „Центральний ГЗК”; 7 – умовно-контрольна ділянка на території Криворізького ботанічного саду НАН України.

Видовий склад епіфітних лишайників паркових зон свідчить, що епіфітний комплекс складається з видів, стійких до нестачі вологи і забруднення повітря. Найбільш поширеними видами епіфітних лишайників за проективним покриттям паркових зон Криворіжжя складають види родини *Teloschistaceae*, що представлена родом *Xanthoria*, видами *Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr. та *Xanthoria polycarpa* (Ehrh.) (табл. 2).

**Таблиця 2** Види епіфітних лишайників паркових зон Кривбасу

| Вид                                | пробні ділянки |   |   |   |
|------------------------------------|----------------|---|---|---|
|                                    | 1              | 2 | 3 | 4 |
| <i>Xanthoria parietina</i>         | +              | + | + | + |
| <i>Caloplaca lobulata</i>          | -              | - | + | + |
| <i>Physcia orbicularis</i>         | +              | - | - | + |
| <i>Phaeophyscia nigricans</i>      | +              | + | + | + |
| <i>Physcia adscendens</i>          | -              | - | - | + |
| <i>Physcia tenella</i>             | -              | - | - | + |
| <i>Lecanora carpinea</i>           | +              | - | - | - |
| <i>Lecanora hagenii</i>            | -              | - | - | + |
| <i>Candelariella aurella</i>       | -              | - | - | + |
| <i>Scoliciosporum chlorococcum</i> | -              | + | + | + |
| <i>Rinodina pyrina</i>             | -              | - | - | + |

(+) – частота трапляння виду; ділянки (тут і надалі): 1 - парк Ювілейний, 2 – парк імені Богдана Хмельницького, 3 – парк імені газети «Правди», 4 – умовно-контрольна ділянка на території Криворізького ботанічного саду.

Як відомо, видовий склад епіфітів залежить від породи дерева, а саме від фізичних та хімічних особливостей кори форофіту. По-друге, пробні ділянки розташовані в центральній частині міста, поблизу автомобільних шляхів, що призводить до зникнення чутливих до забруднення атмосферного повітря видів. Вищі показники видової різноманітності лишайників на умовно-контрольній ділянці пояснюються різноманітністю деревних порід, а також віддаленістю від центральної частини міста.

Особливу увагу варто звернути на поширення у паркових зонах *Scoliciosporum chlorococcum* (Graewe in Stenh.) Vezda., що може бути пояснено їх здатністю до існування на помірно та дуже забруднених територіях. Вид родини *Caloplacaceae* – *Caloplaca lobulata* (Flörke) Hellbom. представлений поодинокими екземплярами. Кущисті форми лишайників відсутні. У формуванні ліхенофлори паркових зон основну роль грають родини *Physciaceae* та *Lecanoraceae* (табл. 3).

**Таблиця 3.** Провідні за кількістю видів родини ліхенофлори епіфітних лишайників паркових зон Криворіжжя

|   | Родина                 | Кількість |       | % від загальної кількості видів |
|---|------------------------|-----------|-------|---------------------------------|
|   |                        | родів     | видів |                                 |
| 1 | <i>Teloschistaceae</i> | 1         | 1     | 12,5                            |
| 2 | <i>Caloplacaceae</i>   | 1         | 1     | 12,5                            |
| 3 | <i>Physciaceae</i>     | 1         | 3     | 37,5                            |
| 4 | <i>Lecanoraceae</i>    | 2         | 2     | 25                              |
| 5 | <i>Buellia</i>         | 1         | 1     | 12,5                            |

Отримані результати ліхенологічних досліджень вказують на незначне збільшення епіфітних лишайників в умовах Гурівського лісництва. Зокрема, визначено 16 видів, які належать до 7 родів та 4 родин. Провідне місце серед родин становлять представники родин *Physciaceae*, *Parmeliaceae*, *Teloschistaceae*. Представники родини *Verrucariaceae* представлені поодинокими екземплярами (табл. 4).

**Таблиця 4.** Види епіфітних лишайників Гурівського лісництва

| Види лишайників                | Ділянки |   |   |   |   |   |
|--------------------------------|---------|---|---|---|---|---|
|                                | 1       | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| <i>Physcia caesia</i>          | +       | + | + | + | + | + |
| <i>Xanthoria parietina</i>     | +       | + | + | - | - | - |
| <i>Parmelia caperata</i>       | +       | + | + | + | + | + |
| <i>Physcia grisea</i>          | +       | + | + | + | + | + |
| <i>Xanthoria polycarpa</i>     | -       | + | + | + | + | + |
| <i>Physcia pulverulenta</i>    | -       | + | + | + | + | + |
| <i>Parmelia sulcata</i>        | -       | + | + | + | + | + |
| <i>Anaptychia ciliaris</i>     | -       | - | + | + | + | + |
| <i>Physcia hispida</i>         | -       | - | + | + | + | + |
| <i>Verrucaria nigrescens</i>   | -       | - | + | + | + | + |
| <i>Anaptychia speciosa</i>     | -       | - | - | + | + | + |
| <i>Physcia ciliata</i>         | -       | - | - | + | + | + |
| <i>Parmelia acetabulum</i>     | -       | - | - | + | + | + |
| <i>Candelaria concolor</i>     | -       | - | - | - | + | + |
| <i>Parmeliopsis pallescens</i> | -       | - | - | - | + | + |
| <i>Parmelia olivacea</i>       | -       | - | - | - | - | + |

(+) – зустрічальність виду у місцезростаннях; ділянки: 1 і 2 – приводеділ; 3 і 4 – у верхній частині схилу балки; 5 і 6 – в середній частині схилу балки.

За розподілом видів на корі деревних насаджень перевага у виборі субстрату для існування вказаних епіфітних лишайників належить в'язу граболистому (*Ulmus carpiniifolia* Rupp. ex G. Suckow) та робінії звичайній (*Robinia pseudoacacia* L.) Проте, епіфітний лишайник *Ph. tenella* відмічено лише на тополях Болле (*Populus bolleana* Lauche.) та липі серцелистій (*Tilia cordata* Mill.).

На основі аналізу отриманих результатів встановлено, що провідну роль серед ліхенокомплексів Гурівського лісництва займають види родин *Physciaceae* (46,2%), *Parmeliaceae* (30,8%), *Teloschistaceae* (15,4%). Види родини *Verrucariaceae* становлять (7,6%) (табл. 5).

**Таблиця 5.** Провідні за кількістю видів родини ліхенофлори епіфітних лишайників Гурівського лісництва

| Місце | Родина                 | Кількість |       | % від загальної кількості видів |
|-------|------------------------|-----------|-------|---------------------------------|
|       |                        | родів     | видів |                                 |
| 1     | <i>Teloschistaceae</i> | 1         | 2     | 15,4                            |
| 2     | <i>Verrucariaceae</i>  | 1         | 1     | 7,6                             |
| 3     | <i>Physciaceae</i>     | 2         | 6     | 46,2                            |
| 4     | <i>Parmeliaceae</i>    | 3         | 4     | 30,8                            |

Аналіз подібності ліхенокомплексів за коефіцієнтом Жакара свідчить, що найбільша подібність між ліхенокомплексами відмічена в умовах чистого і не забрудненого повітря ділянки номер 5 та номер 6, що становить 0,93 одиниць спільних видів. Ліхенокомплекси помірно забруднених умов характеризуються незначною подібністю, що становить 0,61 одиниць спільних видів. Ліхенокомплекси в забруднених умовах характеризуються досить малою подібністю, що становить 0,57 одиниць спільних видів (табл. 6).

**Таблиця 6.** Подібність ліхенокомплексів Гурівського лісництва за коефіцієнтом Жакара

| № ділянки  | кількість видів | Пробні ділянки |     |     |     |      |      |
|--|-----------------|----------------|-----|-----|-----|------|------|
|  |                 | 1              | 2   | 3   | 4   | 5    | 6    |
| Число спільних видів / показник видової спільності |                 |                |     |     |     |      |      |
| 1  | 4               | x              | 4,0 | 4,0 | 3,0 | 3,0  | 3,0  |
| 2  | 7               | 0,5            | x   | 7,0 | 6,0 | 6,0  | 6,0  |
| 3  | 9               | 0,4            | 0,8 | x   | 8,0 | 8,0  | 8,0  |
| 4  | 12              | 0,2            | 0,5 | 0,6 | x   | 12,0 | 12,0 |
| 5  | 14              | 0,2            | 0,4 | 0,5 | 0,9 | x    | 14,0 |
| 6  | 15              | 0,2            | 0,4 | 0,5 | 0,8 | 0,9  | x    |

Загалом, основу ліхенокомплексів антропогенно трансформованих територій Криворіжжя становлять види родин *Physciaceae*, *Parmeliaceae* та *Lecanoraceae*, які віднесено до синантропних, їх розповсюдження пов'язано із значним пиловим забрудненням та зменшенням конкуренції з боку інших видів, і є характерною рисою урбанізованих територій.

## Висновки

В антропогенно трансформованих територіях Криворіжжя визначено 25 видів епіфітних лишайників, які віднесено до 12 родів та 8 родин. Найбільш поширеними є види родин *Physciaceae* (44% видів) та *Parmeliaceae* (24% видів). За проективним покриттям види родини *Teloschistaceae* характеризуються значним поширенням. Особливу увагу варто звернути на такий вид, як *Xanthoria parietina*, що може бути пояснено його здатністю до існування на помірно та сильнозабруднених територіях. Епіфітні лишайники в цих функціональних типах використання території є найбільш толерантними до атмосферного забруднення. Серед них – *Phaeophyscia nigricans*, *Ph. orbicularis*, *Xanthoria parietina*, *Scoliciosporum chlorococcum*.

Видовий склад та екологічні особливості поширення епіфітних лишайників Криворіжжя характеризуються переважанням в ліхенокомплексах накипних та листуватих лишайників і значним пригніченням куцистих форм, що може бути пояснено наслідком промислового впливу. Для антропогенно-трансформованих територій характерним є переважання листуватих лишайників (64%) та накипних (28%), найменшу кількість представляють куцисті лишайники (8%).

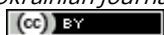
Основні результати наукових досліджень можуть бути використані для прогнозування стану екосистем за допомогою ліхеноіндикаційних досліджень в умовах індустріальних регіонів України.

## References

- Blett, T., Geiser, L., Porter, E. (2003). Air pollution-related lichen monitoring in National Parks, Forests, and Refuges: Guidelines for studies intended for regulatory and management purposes. USDA National Park Service Air Resources Division and US Fish & Wildlife Service Air Quality Branch, USDA Forest Service. NPS D2202.
- Davies, L., Bates, J.W., Bell, J.N.B., James, P.W., Purvis, O.W. (2007). Diversity and sensitivity of epiphytes to oxides of nitrogen in London. *Environmental Pollution*, 146(2), 299-310.
- Fenn, M.E., Geiser, L., Bachman, R., Blubaugh, T.J., Bytnerowicz, A. (2007). Atmospheric deposition inputs and effects on lichen chemistry and indicator species in the Columbia River Gorge, USA. *Environ. Pollut*, 146, 77-91.
- Gadsdon, S.R., Dagley, J.R., Wolseley, P.A., Power, S.A. (2010). Relationship between lichen community composition and concentrations of NO<sub>2</sub> and NH<sub>3</sub>. *Environmental Pollution*, 158(8), 2553-2560.
- Gaio-Oliveira, G., Dahlman, L., Palmqvist, K., Máguas C. (2005). Responses of the lichen *Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr. to varying thallus nitrogen concentrations. *The Lichenologist*, 37(2), 171-179.
- Geiser, L. (2004). Manual for Monitoring Air Quality Using Lichens on National Forests of the Pacific Northwest. USDA-Forest Service Pacific Northwest Region Technical Paper, R6-NR-AQ-TP-1-04.
- Geiser, L.H., Jovan, S.E., Glavich, D.A., Porter, M.K. (2010). Lichen-based critical loads for atmospheric nitrogen deposition in western Oregon and Washington forests, USA. *Environ. Pollut*, 158, 2412-2421.
- Geiser, L.H., Neitlich, P.N. (2007). Air pollution and climate gradients in western Oregon and Washington indicated by epiphytic macrolichens. *Environ. Pollut*, 145, 203-218.
- Godinho R.M., Verburg T.G., Freitas M.C., Wolterbeek H.Th. (2009). Accumulation of trace elements in the peripheral and central parts of two species of epiphytic lichens transplanted to a polluted site in Portugal. *Environmental Pollution*, 157, 102-109.
- Gombert S., Asta J., Seaward M.R.D. (2003). Correlation between the nitrogen concentration of two epiphytic lichens and the traffic density in an urban area. *Environmental Pollution*, 123, 281-290.
- Johansson, O., Palmqvist, K., Olofsson, J. (2012). Nitrogen deposition drives lichen community changes through differential species responses. *Global Change Biol*, 18, 2626-2635.
- Jovan, S. (2008). Lichen bioindication of biodiversity, air quality, and climate: Baseline results from monitoring in Washington, Oregon, and California. USDA-FS, PNW Research Station. General Technical Report: PNW-GTR-737.
- Jovan, S., McCune, B. (2005). Air-quality bioindication in the greater Central Valley of California, with epiphytic macrolichen communities. *Ecological Applications*, 15(5), 1712-1726.
- Jovan, S., Riddell, J., Padgett, P.E., Nash 3rd, T.H. (2012). Eutrophic lichens respond to multiple forms of N: implications for critical loads research. *Ecol. Appl*, 22, 1910-1922.
- Kachinskaya, V. V. (2011). Epiphytic lichens as part of consortium of *Ulmus* and *Populus* in industrial areas of mining and metallurgical complex in Krivbas. *Bulletin of Dnipropetrovsk University. Biology, Ecology*, 19(2), 50-55. <http://dx.doi.org/10.15421/011126> (in Ukrainian).
- Kachinskaya, V. V. (2015). Bioecological analysis of epiphytic lichens *Physcia* in terms of mining and industrial complex Kryvbas. *Biological Bulletin of Bogdan Chmelnytskyi Melitopol State Pedagogical University*, 5(1), 61-68. <http://dx.doi.org/10.15421/2015004> (in Ukrainian).
- Kondratyuk, S.Ya. (2008). Indication of ecological condition in Ukraine by lichenoidication. Kiev, Naukova Dumka. (in Ukrainian).
- McMurray, J.A., Roberts, D.W., Fenn, M.E., Geiser, L.H., Jovan, S. (2013). Using epiphytic lichens to monitor nitrogen deposition near natural gas drilling operations in the Wind River Range, WY, USA. *Air Water Pollut*, 224, 1487. NADP [National Atmospheric Deposition Program]. National Trends Network Data, National Atmospheric Deposition Program, (<http://nadp.sws.uiuc.edu/NTN/>) (June 2012).
- Mitchell, R.J., Truscot, A.M., Leith, I.D., Cape, J.N., van Dijk, N., Tang, Y.S., et al. (2005). A study of the epiphytic communities of Atlantic oak woods along an atmospheric nitrogen deposition gradient. *Journal of Ecology*, 93(3), 482-492.
- Munzi, S., Pisani, T., Paoli, L., Loppi, S. (2010). Time-and dose-dependency of the effects of nitrogen pollution on lichens. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 73(7), 1785-1788.
- Oksner, A.M. (1993). Flora of lichens in Ukraine. Kiev, Naukova Dumka. (in Ukrainian)
- Riddell, J., Nash, T.H.III., Padgett, P. (2008). The effect of HNO<sub>3</sub> gas on the lichen *Ramalina menziesii*. *Flora*, 203(1), 47-54.
- Rogers, P., Moore, K.D., Ryel, R.J. (2009). Aspen succession and nitrogen loading: a case for epiphytic lichens as bioindicators in the Rocky Mountains, USA. *Journal of Vegetation Science*, 20, 498-510.
- Root, H.T., Geiser, L.H., Fenn, M.E., Jovan, S., Hutten, M.A., Ahuja, S., Dillman, K., Schirokauer, D., Berryman, S., Roota, T., Geiserb, H.L., Jovanc, S., Neitlich, P. (2015). Epiphytic macrolichen indication of air quality and climate in interior forested mountains of the Pacific Northwest, USA. *Heather. Ecological Indicators*, 53, (2015) 95-105
- Sigal L.L., Nash T.H. III. (1983). Lichen communities on conifers in southern California mountains: an ecological survey relative to oxidant air pollution. *Ecology*, 64, 1343-1354.
- Shershova, N.V. (2016). Distribution of sensitive to air pollution lichens in small towns of Kiev Region. *Ukr. Bot. J.*, 73(1), 56-60. <https://doi.org/10.15407/ukrbotj73.01.056> (in Ukrainian)
- Sparrius, L.B. (2007). Response of epiphytic lichen communities to decreasing ammonia air concentrations in a moderately polluted area of The Netherlands. *Environmental Pollution*, 146(2), 375-379.
- van Dobben, H.F., ter Braak, C.J.F. (1999). Ranking of epiphytic lichen sensitivity to air pollution using survey data: a comparison of indicator scales. *Lichenologist*, 31(1), 27- 39.
- van Herk, C.M., Mathijssen-Spiekman, E.A.M., de Zwart, D. (2003). Long distance nitrogen air pollution effects on lichens in Europe. *Lichenologist*, 35, 347-359.
- Vilsholm, L.R., Wolseley P.A., Søchting U., Chimonides P.J. (2009). Biomonitoring with lichens on twigs. *Lichenologist*, 41, 189-202.

### Citation:

Kachinskaya, V.V. (2017). Lichen diversity in anthropogenically transformed environment of Krivyi Rig basin. *Ukrainian Journal of Ecology*, 7(2), 31-36.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0. License