

ЛИХЕНОФЛОРА КРУПНЫХ ГОРОДОВ НЕЧЕРНОЗЕМЬЯ: РАЗНООБРАЗИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В БИОИНДИКАЦИИ

Сафранкова Е.А., Анищенко Л.Н.

ФГБОУ ВПО «Брянский государственный университет им. акад. И.Г. Петровского», Брянск, Россия (241036, Брянск, ул. Бежицкая, 14), e-mail: eco_egf@mail.ru

В статье представлены лишенофлористические и лишеноиндикационные данные для гг. Брянска и Орла (Южное Нечерноземье России). Для гг. Брянска и Орла выявлено 58 и 52 эпифитных (и эпилитных) видов лишайников соответственно. 19 видов определены в качестве индикаторных, используемых для биодиагностики общего состояния атмосферы. Эпифитная лишенофлора центральной зоны городов насчитывает от 10 до 13 видов, периферической – от 26 до 30, парковой – 43 вида. Ведущими семействами являются *Parmeliaceae*, *Lecanoraceae*, *Physciaceae*, *Teloschistaceae*. Доминирующими по количеству видов родами являются *Lecanora* и *Physcia*. Число видов-эпифитов, описанных в крупных городах Нечерноземья, выше видового разнообразия лишенофлоры для малых городов Брянской области. Содержание тяжелых металлов в слоевищах эпифитных видов лишайников в городах, превышающее ориентировочно-допустимые концентрации, зарегистрировано для свинца, меди, никеля, цинка. *Xanthoria parietina* обладает аккумуляционными свойствами по отношению к свинцу, меди, хрому (коэффициент накопления больше 1) в г. Брянске, а в г. Орле аккумуляционными свойствами обладает по отношению к хрому, титану, ванадию, мышьяку, меди. На формирование лишенофлоры урбанизированной территории значительное влияние оказывает атмосферное загрязнение.

Ключевые слова: лишенофлора, лишеноиндикация, крупные города, эпифиты, Нечерноземье России

LICHENFLORA OF THE LARGE CITIES OF RUSSIA: BIODIVERSITY AND USE IN BIOINDICATION

Saphrankova E.A., Anishchenko L.N.

Bryansk State Academician I.G. Petrovsky University, Bryansk, Russia (241036, Bryansk, street Bezhitskaya, 14), e-mail: eco_egf@mail.ru

This article presents research works of lichenoflora and lichenoindications for Bryansk and Orel (Southern Non-Chernozem zone of Russia). For Bryansk and Orel have been identified 58 and 52 epiphytic lichen species respectively. 19 indicator species used for biodiagnostic the general condition of the atmosphere. Epiphytic lichen flora in the central part of the cities include from 10 to 13 species, the peripheral part - 26 to 30, the park zone - 43 species. Leading families are *Parmeliaceae*, *Lecanoraceae*, *Physciaceae*, *Teloschistaceae*. The dominant genera by number of species are *Lecanora* and *Physcia*. The number of species of epiphytes described in large cities Nechernozemie exceeds the species diversity of lichen flora for small towns of Bryansk region. The content of heavy metals in thalli of epiphytic lichen species in cities exceeding approximate permissible concentration registered for lead, copper, nickel, and zinc. *Xanthoria parietina* has accumulating properties with respect to lead, copper, chromium (accumulation ratio is greater than 1) in Bryansk, and in Orel accumulating properties it has in relation to chromium, titanium, vanadium, arsenic, copper. Air pollution considerably affects the formation of the lichen flora in urban territories.

Keywords: lichenoflora, lichenoindication, large cities, epiphytes, Non-Chernozem zone of Russia

Введение

В последние десятилетия лишеноиндикационные исследования в урбоэкосистемах набирают темп. В Южном Нечерноземье России и на территории Брянской области фрагментарно изучены лишеноиндикационные показатели г. Брянска [1, 6], работ по исследованию лишенофлоры и её биоиндикационного значения в г. Орле нет. Цель исследования – описать биоразнообразие лишенофлоры и оценить её биоиндикационное значение для оценки общего состояния атмосферы на примере городов староосвоенного региона Нечерноземья – Брянска и Орла.

Материалы и методы исследования

Лихенофлористические работы осуществлялись маршрутным методом в пределах административных границ городов, описывалась эпифитная и эпилитная лишенофлора для последующего использования видов при расчете синтетических лишеноиндикационных индексов. Видовую принадлежность лишайников устанавливали с помощью определителя Н.С. Голубковой (1979) [3]. Номенклатура видов лишайников указана согласно «Списку лишенофлоры России» (2010) [7]. В городах эпифитную лишенофлору изучали на следующих видах деревьев: *Picea abies* (L.) Karst., *Tilia cordata* Mill., *Betula pendula* Roth, *Ulmus glabra* Huds., *Acer platanoides* L., *Pinus sylvestris* L., *Populus pyramidalis* Borkh., *P. tremula* L., *P. nigra* L., *P. balsamifera* L., *Quercus robur* L., *Q. rubra* L., *Aesculus hippocastanum* L., *Fraxinus excelsior* L., *F. pennsylvanica* MARSH. *Salix babylonica* L., *S. triandra* L., *Larix* MILL., *Juglans mandshurica* Maxim, *Sorbus aucuparia* L., *Alnus glutinosa* (L.) Gaerth, *Cerasus vulgaris* Mill., *Pyrus communis* L.

План-схему городов разбивали на сеть квадратов (1 км²), в каждом из которых проводили геоботаническое описание лишайниковых группировок, в основном эпифитных как наиболее чувствительных к воздействию атмосферных загрязнителей. На основании геоботанических описаний лишеносинузий по Л.Г. Раменскому (1938) в модификации Х.Х. Трасса (1968) рассчитывался синтетический индекс полеотолерантности (ИП) [8, 9]. Размер пробной площадки ограничивался прозрачной плёнкой (10x10 см), которая накладывалась на изучаемые участки с лишайниковой растительностью. На деревьях закладывались как минимум три пробных площадки с различных сторон ввиду неравномерности покрытия ствола лишайниками, на камнях, бетонных плитах, опорах линии электропередач – для максимального охвата площади. Использовались установленные ранее методом не прямой линейной ординации коэффициенты полеотолерантности (a_i) для условий г. Брянска [2]. Часть экологических характеристик лишенофлоры указана с учетом работ V. Wirth (1991) и собственных исследований [2, 10].

Химический состав лишайников по отношению к группе тяжелых металлов (ТМ) по валовому содержанию определялся с применением спектрометра «Спектроскан Макс» [4]. Определялись ориентировочно-допустимые концентрации (ОДК) ТМ по ГН 2.1.7.2041-06, ГН 2.1.2042-06 [5].

Результаты исследования

Территория городов была разбита на сеть квадратов. В г. Брянске общее число учетных квадратов составило 147, в г. Орле – 80. Характеристика эпифитной (и эпиксилльной) лишенофлоры крупных экосистем представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Биоразнообразие и экологическая характеристика лишенофлоры

гг. Орла и Брянска

Виды	Встречаемость*		КП**	рН/Н***
	в г. Брянске	в г. Орле		
<i>Arthonia atra</i> (Pers.) A. Schneid.	3	4	9	5/3
<i>Biatora helvola</i> Körb. ex Hellb.	3	3	7	5/1
<i>Caloplaca cerina</i> (Ehrh. ex Hedwig) Th. Fr.	3	3	8	7/5
C. decipiens (Arn.) Blomb & Forssell	3	3	8	9/8
<i>C. holocarpa</i> (Hoffm. ex Ach.) Wade	2	2	6	8/5
<i>Candelariella efflorescens</i> R.C. Harris & W.R. Buck	2	3	7	6/5
<i>C. vitellina</i> (Hoffm.) Müll. Arg.	3	3	9	5/5
<i>C. xanthostigma</i> (Ach.) Lettau	3	3	9	5/4
<i>Cladonia cenotea</i> (Ach.) Schaer.	5	5	3	2/1
<i>C. coniocraea</i> (Flörke) Spreng.	5		5	4/2
<i>C. fimbriata</i> (L.) Fr.	5		5	4/1
<i>Evernia mesomorpha</i> Nyl.	5		3	
<i>E. prunastri</i> (L.) Ach.	3	3	4	3/3
<i>Flavoparmelia caperata</i> (L.) Hale.	3	4	9	4/3
<i>Graphis scripta</i> (L.) Ach.	5	5	6	5/3
<i>Hypogymnia physodes</i> (L.) Nyl.	5	5	3	3/2
<i>H. tubulosa</i> (Schaer.) Hav.	4	4	7	3/3
<i>Lecanora allophana</i> Nyl.	5	5	3	6/4
<i>Lecanora carpineae</i> (L.) Vain.	3	3	6	5/3
L. hagenii (Ach.) Ach.	2	2	9	8/6
<i>Lecanora dispersa</i> (Pers.) Sommerf.	3	3	6	8/6
<i>L. symmicta</i> (Ach.) Ach.	2	2	5	5/4
<i>Lecanora varia</i> (Hoffm.) Ach.	2	2	7	3/3
<i>Lecidea erythrophaea</i> Flörke ex Sommerf.	3	3	7	5/2
<i>Lecidella elaeochroma</i> (Ach.) M. Choisy	3	3	7	6/4
<i>L. euphorea</i> (Flörke) Hertel	3	3	7	
<i>Lepraria incana</i> (L.) Ach.	4	5	8	3/3
<i>Melanelia elegantula</i> (Zahlbr.) Essl.	4		6	4/3
<i>M. olivacea</i> (L.) Essl.	4	5	6	2/3
<i>M. subargentifera</i> (Nyl.) Essl.	5	5	6	7/6
<i>Opegrapha rufescens</i> Pers.	3	3	9	6/3
<i>Parmelia sulcata</i> Taylor	2	2	5	5/4
<i>Parmeliopsis ambigua</i> (Wulf.) Nyl.	1	1	8	2/2
<i>P. hyperopta</i> (Ach.) Arnold	5	5	6	2/2
<i>Pertusaria albescens</i> (Hudson) M. Choisy & Werner	4	4	7	6/4
<i>P.</i> (Weigel) Tuck.	4	4	4	5/3
<i>Phaeophyscia ciliata</i> (Hoffm.) Moberg	2	2	7	5/4
Ph. orbicularis (Neck.) Moberg	1	1	8	7/7
<i>Phlyctis argena</i> (Spreng.) Flot.	5		8	5/3
<i>Physcia adscendens</i> (Fr.) H. Oliver	2	2	8	7/6
<i>P. aipolia</i> (Ehrh. ex Humb.) Fürnr.	1	1	5	7/5
Ph. caesia (Hoffm.) Fürnr.	1	1	8	8/8
Ph. stellaris (Ach.) Nyl.	1	1	5	6/5
P. tenella (Scop.) DC.	3	3	7	6/6
<i>Physconia enteroxantha</i> (Nyl.) Poelt	3	3	7	6/5
<i>Ph. distorta</i> (With.) J.R. Laundon	2	2	4	7/6
Ph. grisea (Lam.) Poelt	2	2	8	7/7

<i>Platismatia glauca</i> (L.) W.L. Culb&C.F.Culb.	5		4	2/2
<i>Pseudeveria furfuracea</i> (L.) Zopf	5	5	3	2/1
<i>Ramalina farinacea</i> (L.) Ach.	4	4	5	5/3
<i>R. pollinaria</i> (Westr.) Ach.	4	4	5	4/4
<i>Rusavskia elegans</i> (Link) S.Y.Kondr.	2	2	10	8/7
<i>Scoliciosporum chlorococcum</i> (Graewe ex Stenh.) Vezda	3	3	9	3/5
<i>Vulpicida pinastri</i> (Scop.) J.-E. Mattsson & M. J. Lai	4	4	4	2/1
<i>Usnea hirta</i> (L.) Weber ex F.U. Wigg.	5	5	4	3/2
<i>Xanthoria candelaria</i> (L.) Th. Fr.	1	1	6	3/7
<i>X. parietina</i> (L.) Th. Fr.	1	1	8	7/6
<i>X. polycarpa</i> (Hoffm.) Th. Fr. ex Rieber	1	2	8	6/6

Примечание. *Встречаемость: 1 – более чем в 75 % учетных квадратов (широко распространенные, фоновые), 2 – встречаемость в 50 до 74 % учетных квадратов, 3 – встречаемость в 25-49 % учетных квадратов, 4 – встречаемость менее чем в 24 % учетных квадратов, 5 – встречаемость менее чем в 5 % учетных квадратов.** КП – коэффициенты полеотолерантности.***Шкала кислотности субстрата (pH): 1 – субстрат экстремально кислый и очень кислый, pH<4,0; 2 – очень кислый субстрат, pH 3,4-4,0; 3 – субстрат довольно кислый, pH 4,1-4,8; 4 – между 3 и 5; 5 – субстрат умеренно кислый, pH 4,9-5,6; 6 – между 5 и 7; 7 – субстрат полунейтральный, pH 5,7-6,5; 8 – нейтральный субстрат, pH 6,6-7,5; 9 – субстрат нейтральный или слабощелочной, pH>7,0 [10].

Шкала отношения вида к богатству субстрата элементами питания (N) – 1 – очень бедная минеральными элементами (Mg, Ca, K, Na, N) кора деревьев, как у ели, лиственницы, березы; 2 – между 1 и 3, 3 – умеренно богатая минеральными элементами кора деревьев с очень малой эвтрофикацией; 4 – между 3 и 5, 5 – кора богата минеральными элементами или умеренно покрыта пылью; 6 – между 5 и 7, 7 – богатая минеральными элементами кора, часто покрыта густым слоем пыли [10]. Жирным шрифтом выделены нитрофильные виды лишайников.

По данным маршрутных обследований, только городских территорий для г. Брянска установлено 58 видов лишенофлоры, для г. Орла – 52. Различия по числу видов городских лишенофлора статистически недостоверно. В результате эковиоморфологического анализа выявлено 6 групп жизненных форм лишайников, среди них преобладают группы плагиотропных листоватых рассеченнолопастных ризоидальных, плагиотропных однообразно-накипных зернисто-бородавчатых жизненных форм. Эпифитная лишенофлора центральной зоны городов насчитывает от 10 до 13 видов, периферической – от 26 до 30, парковой – 43 вида. Для центральной и периферической зон Брянска и Орла характерны 2-видовые лишеносинусии. Таксономическая характеристика флоры лишайников представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Таксономическая характеристика лишенофлоры городов

Семейство	Род	Число видов	Ранг семейства
<i>Candelariaceae</i>	<i>Candelariella</i>	3	5
<i>Cladoniaceae</i>	<i>Cladoniaceae</i>	3	5
<i>Lecanoraceae</i>	<i>Lecanora</i>	6	3
	<i>Lecidella</i>	2	
	<i>Scoliciosporum</i>	1	
<i>Lecideaceae</i>	<i>Lecidea</i>	1	7
<i>Parmeliaceae</i>	<i>Evernia</i>	2	1
	<i>Flavoparmelia</i>	1	
	<i>Hypogymnia</i>	2	
	<i>Melanelia</i>	3	
	<i>Parmelia</i>	1	
	<i>Parmeliopsis</i>	2	
	<i>Pseudevernia</i>	1	
	<i>Platismatia</i>	1	
	<i>Usnea</i>	1	
	<i>Vulpicida</i>	1	
<i>Graphidaceae</i>	<i>Graphis</i>	1	7
<i>Physciaceae</i>	<i>Phaeophyscia</i>	2	2
	<i>Physcia</i>	5	
	<i>Physconia</i>	3	
<i>Roccellaceae</i>	<i>Arthonia</i>	1	6
	<i>Opegrapha</i>	1	
<i>Teloschistaceae</i>	<i>Caloplaca</i>	3	4
	<i>Rusavskia</i>	1	
	<i>Xanthoria</i>	3	
<i>Ramalinaceae</i>	<i>Ramalina</i>	2	6
<i>Pertusariaceae</i>	<i>Pertusaria</i>	2	6
<i>Phlyctidiaceae</i>	<i>Phlyctis</i>	1	7
<i>Bacidiaceae</i>	<i>Biatora</i>	1	7
<i>Lichens imperfecti</i>	<i>Lepraria</i>	1	7

Ведущими по количеству видов семействами в лишенофлоре города являются: *Parmeliaceae* (15), *Lecanoraceae* (9), *Physciaceae* (10), *Teloschistaceae* (7). Доминирующими по количеству видов родами являются *Lecanora* (6), *Physcia* (5). На территории двух крупных городов наиболее распространены виды, которые зарегистрированы в 25-49 % всех учетных квадратов. Видовой состав лишайников-эпифитов обоих городов включают 19 индикаторных видов (1 и 2 группы встречаемости по баллам), используемых для расчетов ИП и химического мониторинга. Эпифитная лишенофлора, учитываемая в индикации среды обитания городов, имеет сходство в фоновых видах – *Xanthoria parietina*, *Parmeliopsis ambigua*, *Physcia pulverulenta*, *Ph. ciliata*, *Ph. tenella*, *Ph. stellaris*, *Physconia distorta*, *Phaeophyscia ciliata*, *Candelariella vitellina*. Лишайники рода *Cladonia* в обоих урбоэкосистемах найдены в нижних частях стволов деревьев или как факультативные геоплезные виды. Наиболее часто встречаемые (фоновые) виды в местообитаниях городов принадлежат к экологической группе нитрофитов: *Caloplaca cerina*, *C. holocarpa*, *Lecanora hagenii*, *Phaeophyscia orbicularis*, *Physcia adscendens*, *P. stellaris*, *Xanthoria parietina* и др. О

повышенной экологической активности этих видов и расширении спектра занятых ими местообитаний сообщают лишенологии значительного числа городов Европы, что указывает на возрастание трофности субстратов и их защелачивании.

Число видов-эпифитов, описанных в крупных городах Нечерноземья, превышает видовое разнообразие лишенофлоры для малых городов Брянской области [6]. Вероятно, этот факт связан с большим разнообразием местообитаний в крупных урбоэкосистемах. Для г. Брянска описано больше редких видов (встречаемость – балл 5), так как город обладает крупнейшим лесным массивом непосредственно в городской черте.

Наименьшее проективное покрытие лишайниковых группировок характерно для центральной зоны городов, а также вдоль оживленных автотрасс. Наибольшие значения проективного покрытия наблюдаются в пригородной зоне, а также в крупном лесопарке Соловьи, который находится в центре г. Брянска.

Лишеноиндикация общего состояния атмосферы по синтетическим индексам показала следующее. В г. Брянске число квадратов с ИП от $4,4 \pm 0,56$ до $7 \pm 0,87$ – 69, с ИП от $7,1 \pm 0,89$ до $9,8 \pm 0,94$ – 78. Лишеноиндикационные индексы в г. Орле по учетным квадратам распределились так: число квадратов с ИП – от $4,4 \pm 0,53$ до $7 \pm 0,75$ – 34, с ИП от $7,1 \pm 0,76$ до $9,8 \pm 0,93$ 46. Чистой зоны не выявлено даже на периферии.

В г. Брянске определены следующие валовые концентрации ТМ в слоевищах лишайников: стронция – 100,89 мг/кг, свинца – 54,38 мг/кг, мышьяка – 16,05 мг/кг, цинка – 211,03 мг/кг, меди – 40,45 мг/кг, никеля – 23,88 мг/кг, кобальта – 0,49 мг/кг, железа – 10309,66 мг/кг, марганца – 262,74 мг/кг, хрома 57, 90 мг/кг, ванадия – 8,60 мг/кг, титана – 334,39 мг/кг. Содержание ТМ в слоевищах эпифитных видов лишайников в г. Брянске, превышающее ОДК, зарегистрировано для свинца, меди, никеля, цинка.

В г. Орле определены следующие валовые концентрации ТМ в слоевищах лишайников: стронция – 110,78 мг/кг, свинца – 51,20 мг/кг, мышьяка – 6,44 мг/кг, цинка – 201,39 мг/кг, меди – 44,09 мг/кг, никеля – 24,08 мг/кг, кобальта – не обнаружен, железа – 14230,68 мг/кг, марганца – 285,09 мг/кг, хрома 79,99 мг/кг, ванадия – 15,33 мг/кг, титана – 571,20 мг/кг. Для эпифитной лишенофлоры г. Орла превышение ОДК зарегистрировано также для свинца, меди, никеля, цинка. Для характеристики процессов накопления загрязнителей в лишайниках используют не только абсолютные содержания ТМ в слоевищах, но и значение коэффициента накопления элементов. Коэффициент накопления элемента – это величина, которая рассчитывается как отношение концентрации элемента в слоевище лишайников к его содержанию в субстрате (коре деревьев): $K_n = C_{л./C_{с.}}$. $K_n > 1$ в слоевищах *Xanthoria parietina* (г. Брянск) свидетельствует о накоплении таких металлов, как

свинец, медь, хром. В г. Орле по K_n можно судить о кумуляции в слоевищах эпифита *Xanthoria parietina* хрома, титана, ванадия, мышьяка, меди.

Заключение

Информативны в биоиндикационной оценке состояния урбоэкосистем следующие показатели: распределение по территории лишеноиндикаторов, значения ИП, доминирование нитрофильных видов и видов с высокими коэффициентами полеотолерантности, коэффициенты накопления по различным группам тяжелых металлов. На формирование лишенофлоры урбанизированной территории значительное влияние оказывает атмосферное загрязнение, что выявляется при исследовании металлоаккумулирующей способности и валовому содержанию тяжелых металлов в их слоевищах.

Список литературы

1. Анищенко Л.Н., Азарченкова Е.А. Лишенофлора урбоэкосистемы г. Брянска в биомониторинге показателей экологической безопасности // Сб.ст. IV Междунар. науч.-практ. конф. естеств.-геогр. факультета. – Брянск: РИО БГУ, 2011. – С. 13-21.
2. Анищенко Л.Н. Брио- и лишеноиндикационные шкалы для оценки качества сред обитания (на примере Средней России) // Современные проблемы науки и образования. – 2012. - № 5; URL: <http://www.science-education.ru/105-7080> (дата обращения: 04.10.2012).
3. Голубкова Н.С. Определитель лишайников. – М.-Л.: Наука, 1966. – 256 с.
4. Методика выполнения измерений массовой доли металлов и оксидов металлов в порошкообразных пробах почв методом рентгенофлуоресцентного анализа. М 049-П/04. – СПб.: ООО НПО «Спектрон», 2004. – 20с.
5. ПДК и ОПДК химических веществ в почве (ГН 2.1.7.2041-06, ГН 2.1.2042-06).
6. Сафранкова Е.А., Анищенко Л.Н. Лишенобиота урбоэкосистем Брянской области: биоразнообразие и фитоиндикационные аспекты использования// Мониторинг биоразнообразия экосистем степной и лесостепной зон: мат. Всерос. науч.-практич. конф. / Под ред. А.И. Золотухина.– Балашов: Николаев, 2012. – С. 148-156.
7. Список лишенофлоры России. – СПб, 2010. – 194 с.
8. Трасс Х.Х. Анализ лишенофлоры Эстонии: Автореф.дисс. ...докт.биол.наук. – Л.: БИН АН СССР, 1968. 80 с.
9. Трасс Х.Х. Классы полеотолерантности лишайников и экологический мониторинг // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. – Л.,1985. – Т.7. – С. 122-137.
10. Wirth V.Zeigewerte von Flechten // Scripta Geobotanica.1991.Bd.18. – P. 215-237.

Рецензенты:

Булохов А.Д., д.б.н., профессор, зав. кафедрой ботаники ФГБОУ ВПО «Брянский государственный университет им. акад. И.Г. Петровского», г. Брянск.

Любимов В.Б., д.б.н., профессор, зав. кафедрой экологии и рационального природопользования ФГБОУ ВПО «Брянский государственный университет им. акад. И.Г. Петровского», г. Брянск.