

УДК 574.4 : 574.5 : 572.11.4

БРИО- И ЛИХЕНОИНДИКАЦИОННЫЕ ШКАЛЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА СРЕД ОБИТАНИЯ (НА ПРИМЕРЕ СРЕДНЕЙ РОССИИ)

Анищенко Л.Н.

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

Для территории г. Брянска с использованием методики непрямой ординации установлены брио- и лишеноиндикационные индексы, которые рекомендованы для работы по количественным методикам брио- и лишеноиндикации. Брио- и лишеноиндикационные районированные шкалы содержат значения индивидуальных коэффициентов полеотолерантности для 23 видов мохообразных и 37 видов лишайников. Сравнительная характеристика индивидуальных коэффициентов полеотолерантности для лишайников с аналогичными данными по городам Эстонии показала определенные различия в их значении. Несовпадение значений коэффициентов определяется составом общего атмосферного загрязнения, площадью и временем образования урбозкосистем, природно-климатическими условиями городов, а также толерантностью видов лишайников. Коэффициенты полеотолерантности для мохообразных представлены впервые для региона. Расчет индексов полеотолерантности с учетом индивидуальных коэффициентов полеотолерантности позволит проводить районирование территории урбозкосистем, оптимизировать биомониторинговые исследования.

Ключевые слова: брио- и лишеноиндикация, биоиндикационные шкалы, коэффициенты полеотолерантности, биомониторинг.

BRIO - AND LICHENOINDICATION SCALES FOR THE ESTIMATION OF QUALITY OF INHABITANCIES (ON THE EXAMPLE OF AVERAGE STRIP RUSSIA)

Anishchenko L.N.

Bryansk state university of acad. I.G.Petrovsky, Bryansk, Russia (241036, Bryansk, street Bezhitsky, 14), e-mail: eco_egf@mail.ru

For territory of of Bryansk with use of a technique indirect ordinations are established brio- and lichenoidication indexes which are recommended for work by quantitative techniques brio - both lichenoidication. Brio- and lichenoidication the zoned scales contain values of individual factors toxikotolerantions for 23 species mosses and 37 species of lichens. The comparative characteristic of individual factors toxikotolerantions for lichens with similar data on cities of Estonia has shown certain distinctions in their value. Discrepancy of values of factors is defined by structure of the general atmospheric pollution, the area and formation time urboecosystem, prirodno-climatic conditions of cities, and also tolerance of species of lichens. Factors toxikotolerantions for mosses are presented for the first time for region. Calculation of indexes toxikotolerantions taking into account individual factors toxikotolerantions will allow to spend territory division into districts urboecosystem, to optimise biomonitoring researches.

Key words: brio- and lichenoidication, bioindicator scales, factors toxikotolerantions, biomonitoring.

Введение

Биомониторинговые исследования как компонент комплексного мониторинга сред обитания любой территории предполагает использование биоиндикаторов и учет региональных особенностей их отклика на воздействие стрессовых факторов. Особенно важны такие сведения при расчете различных биоиндикационных индексов, позволяющих делать долгосрочные, объективные прогнозы экологической ситуации, провести экологическое районирование. В биомониторинговых исследованиях особенно перспективны брио- и лишеноиндикационные работы с расчетом синтетических индексов и обязательным установлением коэффициентов полеотолерантности для каждого вида-

индикатора [7; 10]. Такие количественные шкалы в брио- и лишеноиндикации позволят учитывать индивидуальные особенности биоиндикаторов, связать их состояние с концентрациями загрязнителей в средах обитания (атмосфере).

С 60-х годов XX века предложено не менее десяти шкал чувствительности видов, в основном лишайников, для диагностики общего состояния атмосферы [5; 9; 10]. Для территории Средней России (Брянской и сопредельных областей) предложены брио- и лишеноиндикационные шкалы, на основе которых рекомендовано вести расчет индексов полеотолерантности и осуществлять мониторинговые исследования общего состояния атмосферы любой экосистемы [1]. В связи с этим цель работы – представить брио- и лишеноиндикационные шкалы в виде коэффициентов полеотолерантности (a_i) с учетом региональных особенностей биоиндикаторов по отношению к общему состоянию атмосферы (на примере г. Брянска).

Материалы и методы исследований

Региональные шкалы для брио- и лишеноиндикаторов разрабатывались с 1994 года в местообитаниях урбоэкосистемы г. Брянска с последующим расчетом индексов полеотолерантности [1–3]. Площадь города составляет около 230 км². Это крупный промышленный центр с густой транспортной сетью, имеет многоядерную структуру, сформированную вокруг нескольких территориально сближенных крупных объектов. Он расположен на стыке двух природных зон – хвойно-широколиственных и широколиственных лесов. Наибольшая плотность застройки (55-60%) – в административных центрах четырех районов, наименьшая (20-23%) – в юго-западной части. Основным источником загрязнения атмосферного воздуха является автотранспорт и АО «Мальцовский портландцемент».

На первом этапе исследования велись маршрутным методом для учета полного брио- и лишенофлористического состава обследуемых территорий.

Для установления индикаторной информативности мохообразных и лишайников был использован метод непрямой ординации, примененный Л. Мартином (1978), Х.Х. Трассом (1968) для оценки коэффициентов полеотолерантности лишайников [7; 9]. За ось был принят градиент загрязнения воздуха от центральных районов города до окраинных. Таким образом, определение индивидуальных a_i проводилось на ключевых участках с различным уровнем загрязнения воздуха. Отбор участков велся с учетом данных по степени загрязненности воздуха г. Брянска (материалы Областного комитета по охране окружающей среды (1994-1996 гг.)), современных данных по состоянию окружающей среды в городе. Ключевые участки (250×100 м) располагали вдоль автотрасс от центральной части города до окраин. На каждом участке регистрировали все виды мохообразных и лишайников, проводили геоботаническое описание моховых и лишайниковых группировок методом пробных

площадок по Л.Г. Раменскому (1938) в модификации Х.Х. Трасса (1968) на наиболее характерных, часто повторяющихся участках. Размер пробной площадки ограничивали прозрачной пленкой (10×20 см), которую накладывали на изучаемые участки с группировками брио- и лишенофитов. На деревьях закладывали как минимум три пробные площадки с различных сторон ввиду неравномерности покрытия ствола мхами и лишайниками. Эпифитные группировки описывали на высоте 1,3 м с 10 деревьев. Основные виды деревьев – *Tilia cordata*, *Acer platanoides*, *Populus tremula*, *P. deltoides*, *Betula pendula*.

Эпилитные группировки изучали также методом пробных площадок на фундаментах домов, каменных оградах, столбах на высоте от 0,5 м до 1,3 м. Всего было описано 28 ключевых участков. Для определения a_i обследованные участки были упорядочены по возрастанию числа видов. Всего 8 групп видов, при этом каждая группа оказалась индивидуальной по набору видов (табл. 1). Каждой группе присваивался коэффициент, соответствующий той зоне чистоты воздуха (при движении по градиенту концентрации загрязняющих веществ), в которой этот вид встречен впервые. Мохообразным и лишайникам в зоне наибольшего загрязнения присваивался максимальный балл полеотолерантности – 10. Виды каждого последующего участка получали на один балл меньше предыдущего. Так как естественные ландшафты не были исследованы, коэффициенты 2 и 1 не присваивались.

Номенклатура видов лишайников указана согласно «Списку лишенофлоры России» (2010), мохообразных – по списку мохообразных Восточной Европы и Северной Азии [4; 8].

Результаты исследования

Индивидуальные коэффициенты полеотолерантности установлены для 23 видов мохообразных, 37 видов лишайников, зарегистрированных на учетных площадках города в основном в эпифитных и эпилитных местообитаниях. Шкала для брио- и лишеноиндикаторов по a_i представлены ниже.

Таблица 1 – Брио- и лишеноиндикационные шкалы для Южного Нечерноземья России

Виды мохообразных	Виды лишайников	a_i
<i>Bryum argenteum</i> Hedw., <i>Funaria hygrometrica</i> Hedw.	<i>Rusavskia elegans</i> (Link) S.Y.Kondr.,	10
<i>Orthotrichum obtusifolium</i> * Brid., <i>Pseudoleskeella nervosa</i> * (Brid.) Nyh., <i>Platygyrium repens</i> * (Brid.) B.S.G.	<i>Candelariella vitellina</i> (Hoffm.) Müll. Arg., <i>Candelariella xanthostigma</i> (Ach.) Lettau, <i>Opegrapha rufescens</i> Pers., <i>Arthonia atra</i> (Pers.)A.Schneid., <i>Lecanora hagenii</i> (Ach.) Ach., <i>Scoliosporum chlorococcum</i> (Graewe ex Stenh.) Vezda, <i>Flavoparmelia caperata</i> (L.) Hale.	9
<i>Bryum caespiticium</i> Hedw., <i>Sanionia uncinata</i> * (Hedw.) Loeske, <i>Ceratodon purpureus</i> (Hedw.) Brid., <i>Dicranella heteromalla</i> (Hedw.) Schimp., <i>Serpoleskea subtilis</i> * (Hedw.) Loeske	<i>Xanthoria parietina</i> (L.) Th. Fr., <i>X. polycarpa</i> (Hoffm.) Th. Fr. ex Rieber, <i>Lepraria incana</i> (L.) Ach., <i>Caloplaca decipiens</i> (Arn.) Blomb&Forssell, <i>Phaeophyscia orbicularis</i> (Neck.) Moberg, <i>Parmeliopsis ambigua</i> (Wulf.) Nyl., <i>Physconia grisea</i> (Lam.) Poelt, <i>Caloplaca cerina</i> (Ehrh. ex Hedwig) Th. Fr.	8

<i>Pohlia nutans</i> (Hedw.) Lindb., <i>Amblystegium serpens</i> * (Hedw.) G. Roth B.S.G.	<i>Phaeophyscia ciliata</i> (Hoffm.) Moberg, <i>Hypogymnia tubulosa</i> (Schaer.) Hav., <i>Physcia tenella</i> (Scop.) DC.	7
<i>Leskea polycarpa</i> * Hedw.	<i>Xanthoria candelaria</i> (L.) Th. Fr., <i>Graphis scripta</i> (L.) Ach., <i>Melanelia olivacea</i> (L.) Essl., <i>Parmeliopsis hyperopta</i> (Ach.) Arnold, <i>Melanelia subargentifera</i> (Nyl.) Essl.	6
<i>Orthotrichum speciosum</i> * Nees. in Sturm., <i>Sciurohypnum reflexum</i> (Starke.) Ignatov et Huttunen, <i>Brachythecium salebrosum</i> (Web. et Mohr) B.S.G.	<i>Physcia stellaris</i> (Ach.) Nyl., <i>P. aipolia</i> (Ehrh.ex Humb.) Fürnr., <i>Lecanora symmicta</i> (Ach.) Ach., <i>Melanelia elegantula</i> (Zahlbr.) Essl., <i>Parmelia sulcata</i> Taylor	5
<i>Hypnum cupressiforme</i> * Hedw.	<i>Physconia distorta</i> (With.) J.R.Laundon, <i>Vulpicida pinastri</i> (Scop.) J.-E. Mattsson & M. J. Lai, <i>Usnea hirta</i> (L.) Weber ex F.U. Wigg., <i>Evernia prunastri</i> (L.) Ach.	4
<i>Anomodon longifolius</i> * (Brid.) Hartm., <i>Anomodon viticulosus</i> * (Hedw.) Hook.et Tayl., <i>Stereodon pallescens</i> * (Hedw.) Mitt., <i>Dicranum montanum</i> * Hedw.	<i>Cladonia cenotea</i> (Ach.) Schaer, <i>Hypogymnia physodes</i> (L.) Nyl., <i>Lecanora allophana</i> Nyl., <i>Evernia mesomorpha</i> Nyl.	3

Знаком * выделены виды листостебельных мхов, часто встречающихся на коре деревьев (эпифиты).

Наибольшие коэффициенты полеотолерантности (от 10 до 7) получили виды мохообразных и лишайников, широко распространенные в урбоэкосистемах. Коэффициент полеотолерантности 10 присвоен только эпигейным бриофитам, типичным космополитам по широтно-долготной группе ареалов, а также эвритошному в отношении субстрата лишайнику *Rusavskia elegans*. Коэффициент полеотолерантности 9 у зеленых мхов получили эпифиты, лишайники эпилитной и эпифитной группы. Наиболее чувствительны ($a_i = 3$) эпифитные мхи и лишайники, кроме эпиксильного *Cladonia cenotea*.

При сравнении зависимости между видовым составом лишайников и типами местообитаний (коэффициентами полеотолерантности) для территории г. Брянска и городов Эстонии [9; 10] установлено, что видовой состав групп и, соответственно, a_i различается. Виды лишенофлоры *Hypogymnia tubulosa*, *Graphis scripta*, *Parmeliopsis ambigua*, *Melanelia olivacea*, *Candelariella vitellina*, *Candelariella xanthostigma*, *Xanthoria polycarpa* для территории г. Брянска менее чувствительные виды, чем для городов Эстонии. Меньший коэффициент полеотолерантности и большая чувствительность определена для *Hypogymnia physodes* ($a_i=3$), *Evernia prunastri* ($a_i=4$), *Usnea hirta* ($a_i=4$), *Parmelia sulcata* ($a_i=5$), *Physcia stellaris* ($a_i=5$), *Xanthoria candelaria* ($a_i=6$), *Xanthoria parietina* ($a_i=8$), *Lepraria incana* ($a_i=8$), *Phaeophyscia orbicularis* ($a_i=8$), *Scoliciosporum chlorococcum* ($a_i=9$), *Lecanora hagenii* ($a_i=9$). Совпадают по коэффициентам полеотолерантности, чувствительности в шкале лишеноиндикации виды *Physcia aipolia* ($a_i=5$), *Melanelia subargentifera* ($a_i=6$), *Physcia tenella* ($a_i=7$), *Caloplaca cerina* ($a_i=8$), *Physconia grisea* ($a_i=8$).

В целом полученные результаты связаны с разнокачественностью составляющих атмосферного загрязнения, площадью и временем образования урбоэкосистем, природно-климатическими условиями городов. В урбоэкосистемах Эстонии основной загрязнитель атмосферы – оксид серы (IV), г. Брянске – смешанное загрязнение (аэрозоли свинца, окислы азота, оксид серы (IV)); вероятно, распределение загрязнителей в воздушной среде различается также значительно. Площадь г. Брянска значительно превышает размеры каждого из исследованных городов Эстонии.

Для мохообразных провести подобное сравнение не представляется возможным.

Заключение

В целом для геоботанических исследований и расчета синтетических индексов в городах на территории Брянской области использованы только эпифитные виды – индикаторы общего загрязнения атмосферы (аэрозолями свинца, окислами азота, оксидами серы). Брио- и лишеноиндикационные шкалы, учитывающие индивидуальный отклик биосистем на стрессовые факторы, позволят проводить количественные биоиндикационные и биомониторинговые работы на региональном уровне. Проведенные исследования подтвердили необходимость региональных биомониторинговых изысканий для поиска чувствительных видов и разработки биоиндикационных шкал.

Список литературы

1. Анищенко Л.Н. Бриофлора и синтаксономия моховой растительности Юго-Западного Нечерноземья России : автореф. дисс. ... канд. биол. наук. – Брянск, 2001. – 23 с.
2. Анищенко Л.Н. Бриоиндикация общего состояния атмосферы городской экосистемы (на примере г. Брянска) // Экология. – 2009. – № 4. – С. 264-270.
3. Анищенко Л.Н. Биоразнообразие мохового покрова и перспективы его использования в фитоиндикации экосистем района хвойно-широколиственных лесов европейской части РФ : автореф. дисс. ... докт. с.-х. наук. – Брянск, 2009. – 33 с.
4. Игнатов М.С., Афонина О.М., Игнатова Е.А. Список мхов Восточной Европы и Северной Азии (The check-list of mosses of East Europe and North Asia) // Arctoa. – 2006. – Т. 15. – С. 1-130.
5. Инсарова И.Д., Инсаров Г.Э. Сравнительные оценки чувствительности эпифитных лишайников различных видов к загрязнению воздуха // Проблемы экологического мониторинга и моделирование экосистем. – Л. : Гидрометеиздат, 1989. – Т. 12. – С. 113-175.
6. Красногорская Н.Н., Журавлёва С.Е., Миннуллина Г.Р. Лишеноиндикационные шкалы оценки качества атмосферного воздуха // Успехи современного естествознания. – 2004. – № 5. – С. 38-42

7. Мартин Л., Трасс Х. Лихеноиндикационное картирование г. Таллина // Лихеноиндикация состояния окружающей среды. Материалы Всесоюзн. конф. 3-5 окт. 1978. – Таллин, 1978. – С. 134-139.
8. Список лишенофлоры России. – СПб., 2010. – 194 с.
9. Трасс Х.Х. Анализ лишенофлоры Эстонии : автореф. дис. ... докт. биол. наук. – Л. : БИН АН СССР, 1968. – 80 с.
10. Трасс Х.Х. Классы полеотолерантности лишайников и экологический мониторинг // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. – Л., 1985. – Т. 7. – С. 122-137.

Рецензенты

Булохов Алексей Данилович, доктор биологических наук, профессор, зав. кафедрой ботаники ФГБОУ ВПО «Брянский государственный университет им. акад. И.Г. Петровского», г. Брянск.

Любимов Валерий Борисович, доктор биологических наук, профессор, зав. кафедрой экологии и рационального природопользования ФГБОУ ВПО «Брянский государственный университет им. акад. И.Г. Петровского», г. Брянск.