

УДК 582.29 (470.341)

**ЛИХЕНОИНДИКАЦИОННЫЙ МОНИТОРИНГ
И РАЗРАБОТКА РЕГИОНАЛЬНОЙ ШКАЛЫ ТОКСИФОБНОСТИ
ЭПИФИТНЫХ ЛИШАЙНИКОВ
(на примере Нижегородской области)**

Д.Б. Гелашвили, Е.Ю. Кулябина, М.В. Сидоренко

*Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского
Россия, 603950, Нижний Новгород, пр. Гагарина, 23*

Поступила в редакцию 12.04.05 г.

Лихеноиндикационный мониторинг и разработка региональной шкалы токсифобности эпифитных лишайников (на примере Нижегородской области). – Гелашвили Д.Б., Кулябина Е.Ю., Сидоренко М.В. – Изложены региональные аспекты проведения лихеноиндикационного мониторинга. В ходе проведения исследований на урбанизированных и особо охраняемых природных территориях Нижегородской области выявлен 101 вид эпифитных лишайников. На основе алгоритма, предложенного Х.Х. Трассом, авторами статьи рассчитаны индексы токсифобности (чувствительности) эпифитных лишайников с учетом частоты их встречаемости в разных по степени нарушенности местообитаниях. В результате проведенных лихеноиндикационных исследований на территории Нижегородской области выделены 4 зоны, различающиеся по степени загрязненности атмосферного воздуха. Для ряда древесных пород выделены индикаторные группы эпифитных лишайников, характеризующиеся различной степенью чувствительности к атмосферному загрязнению.

Ключевые слова: лихеноиндикация, мониторинг, загрязнение атмосферы, эпифитные лишайники, Нижегородская область.

Lichen-indication monitoring and a regional epiphyte lichen sensitivity scale (with the Nizhny Novgorod region as an example). – Gelashvili D.B., Kulyabina E.Yu., Sidorenko M.V. – The paper treats regional aspects of lichen-indication monitoring. 101 species of epiphyte lichens were found during our survey of urban and nature-protected territories of the Nizhny Novgorod region. Epiphyte lichen sensitivity indices were calculated in terms of how often they grow in places polluted to a certain degree. The Trass method was employed. As a result, 4 zones of air pollution in the Nizhny Novgorod region were mapped. Indicator groups of epiphyte lichens were resolved for a number of tree species, which are characterized by various degrees of the sensitivity to atmospheric pollution.

Key words: lichen-indications, monitoring, air pollution, epiphyte lichens, Nizhny Novgorod region.

ВВЕДЕНИЕ

Чистота воздушного бассейна – существенный фактор сохранения экологического благополучия. В настоящее время масштабы загрязнения атмосферы весьма значительны, что представляет реальную угрозу для жизнедеятельности растительного и животного мира, в том числе и для человека. Существующая на сегодняшний день система экологического контроля, основанная на концепции предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ (ПДК), не является совершенной (Бязров, 1996 и др.). Для оценки качества воздушной среды с помощью организмов-биоиндикаторов широко используются методы лихеноиндикации, основанные на индивидуальной реакции эпифитных лишайников к действию поллю-

тантов атмосферы (Трасс, 1985; Малышева, 1978; Инсарова, Инсаров, 1989; Бязров, 1996; Шапиро, 1996; Пауков, 2001; Sloover, Blanc, 1968; Hawksworth, Rose, 1970). Результаты лишеноиндикационных исследований предоставляют интегральную оценку степени загрязненности воздушного бассейна за длительный промежуток времени и, таким образом, являются хорошим дополнением к санитарно-гигиенической оценке условий среды обитания. Степень чувствительности одного и того же вида эпифитного лишайника в значительной мере зависит от типа коры дерева-форофита, состава и концентрации атмосферных загрязнителей, климатических факторов (Инсарова, Инсаров, 1989, 1991; Пчелкин, 1991; Кулябина, Сидоренко, 2002). В связи с этим возникают трудности с внедрением методов лишеноиндикации на конкретных территориях, поскольку данные по чувствительности лишайников, полученные для одних районов, не всегда могут соответствовать реакции лишайников на климатические и экологические условия других районов. Поэтому при организации мониторинга важно не только изучить реакцию эпифитных лишайников в обследуемом районе, но и выбрать корректные методы для определения классов токсифобности и разработки региональных шкал чувствительности эпифитных лишайников к загрязнению атмосферы.

На примере Нижегородской области проведена оценка возможности и ограничения использования методов лишеноиндикации для определения качества атмосферного воздуха на примере урбанизированных и особо охраняемых природных территорий (ООПТ). С этой целью были решены следующие задачи: выявлен видовой состав эпифитной лишенофлоры и определено влияние на него техногенной нагрузки, разработаны региональные шкалы классов токсифобности эпифитных лишайников и проведено зонирование территории пунктов исследования на основании лишеноиндикационной характеристики степени загрязненности атмосферного воздуха.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проводили на территории Нижегородской области в течение 1998 – 2003 гг. Лишеноиндикационный мониторинг степени загрязненности атмосферного воздуха осуществляли на основании методики Х.Х. Трасса (1985). Пробные площади закладывали в пунктах исследования с различной степенью антропогенной трансформации и располагающихся на обобщенной трансекте «урбанизированные – особо охраняемые природные территории». Всего было обследовано с разной степенью детальности 20 географических пунктов. Качественная характеристика эпифитной лишенофлоры Нижегородской области дана на основании закладки 95 пробных площадей, на которых было обследовано 4560 деревьев. Анализировали эпифитную лишенофлору сосны обыкновенной, дуба черешчатого, липы мелколистной, березы повислой, тополя черного, осины, клена ясенелистного. Количественная характеристика была дана для эпифитной лишенофлоры сосны обыкновенной, дуба черешчатого, липы мелколистной, березы повислой на основании анализа 28080 учетных площадок, заложенных на 3510 деревьях, обследованных на 74 пробных площадях. Проективное покрытие эпифитных лишайников на стволах деревьев оценивали при помощи квадрат-сетки 20×20 см². Измерения проводили по четырём сторонам света на двух высотах: 1.3 и 0.3 м (Трасс, 1985).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате исследований эпифитной лишайной флоры выявлен 101 вид из 44 родов, 16 семейств, 4 порядков сумчатых лишайников. Ведущими по числу видов эпифитной лишайной флоры пунктов исследований в Нижегородской области являются семейства Parmeliaceae (25), Physciaceae (19) и Lecanogaceae (19). Наибольшее видовое богатство эпифитной лишайной флоры отмечено для государственного природного заповедника (ГПЗ) «Керженский» – 75 видов. В крупных промышленных центрах – городах Н. Новгороде и Дзержинске – обнаружены соответственно 33 и 19 видов.

В качестве основы для создания региональной шкалы чувствительности эпифитных лишайников был использован алгоритм, разработанный Х.Х. Трассом (1985) для шкалы классов полеотолерантности. В основе расчета индекса полеотолерантности (ИП), предложенного Х.Х. Трассом, лежит использование классов полеотолерантности эпифитных лишайников, значения которых изменяются в диапазоне от 1-го до 10-го. ИП является средневзвешенным значением классов полеотолерантности эпифитных лишайников, встречающихся на анализируемой пробной площади, вес класса определяется величиной среднего проективного покрытия вида. 1-й класс присваивается наиболее чувствительным видам, произрастающим в антропогенно ненарушенных местообитаниях, 10-й класс – толерантным к высокому уровню атмосферного загрязнения. Значение «0» присваивается индексу при полном отсутствии лишайников-эпифитов на исследуемой территории и характеризует очень высокую степень загрязненности атмосферного воздуха. В диапазоне значений ИП от 1-го до 10-го низкие значения индекса характеризуют более благоприятную экологическую ситуацию по состоянию атмосферного воздуха. По нашему мнению, такое построение шкалы несколько неудобно и нелогично. Поэтому, вслед за рядом исследователей (Инсарова, Инсаров, 1989 и др.), мы заменили класс полеотолерантности классом токсифобности (чувствительности). Таким образом, шкала оказалась обращенной: максимально устойчивый вид получил значения 1-го класса, а самый чувствительный – 10-го. Интегральный индекс, рассчитанный на основании классов токсифобности, мы предлагаем называть индексом токсифобности (ИТ), а формула его расчета аналогична формуле расчета ИП:

$$\text{ИТ} = \frac{\sum_{i=1}^n a_i \times c_i}{c_n},$$

где a_i – класс токсифобности вида, c_i – величина среднего проективного покрытия вида, %, c_n – общее проективное покрытие видов, %, n – число видов.

На основании полученных значений ИТ проводили зонирование территории пунктов исследования Нижегородской области по степени загрязненности атмосферного воздуха. В отличие от методики Х.Х. Трасса мы выделили и статистически обосновали 3 категории частоты встречаемости эпифитных лишайников.

«Оптимум» – диапазон значений частот, с которыми вид встречается на территориях, практически не подверженных антропогенному воздействию. Величина диапазона определяется границами доверительного интервала, рассчитанного для

среднего значения частоты встречаемости данного вида. «Оптимум» для каждого вида определяется его экологическими особенностями, а также природно-климатической характеристикой его местообитаний (пунктов исследования).

«Редко» – диапазон значений частот встречаемости данного вида, «лежащий» ниже определенного для него оптимума на исследуемой территории.

«Часто» – диапазон значений частот встречаемости данного вида, «лежащий» выше определенного для него оптимума на исследуемой территории.

В том случае, когда лишайник произрастает только на сильно антропогенно трансформированных (техногенно загрязненных) территориях и оптимальную для него частоту встречаемости определить невозможно, приводится экспертная оценка.

Для оценки региональной принадлежности вида лишайника-эпифита к конкретному классу токсифобности необходимо определить по табл. 1 диагностические признаки всех его местообитаний (пунктов исследования), а затем воспользоваться данными, приведенными в табл. 2.

Таблица 1

Диагностические признаки пунктов лишеноиндикационных исследований

Уровень антропогенного воздействия	Степень антропогенной трансформации	Критерий оценки частоты встречаемости эпифитных лишайников
Допустимый	Практически неизменные	Оптимум
Предельно допустимый	Слабоизмененные	Редко
		Оптимум
Критический (пороговый)	Умеренноизмененные	Редко
		Оптимум
		Часто
Кризисный	Сильноизмененные	Редко
		Оптимум
		Часто
Катастрофический	Катастрофически измененные	Редко
		Оптимум
		Часто

Классификация токсифобности эпифитных лишайников, приведенная в табл. 2, построена следующим образом: по мере возрастания степени антропогенной трансформации пунктов исследования уменьшается степень чувствительности (токсифобность) произрастающих там лишайников и соответственно значение класса токсифобности также уменьшается. Каждому КТ соответствует определенная комбинация пунктов исследования по степени антропогенной трансформации и категорий частот встречаемости эпифитных лишайников, принадлежащих данному КТ. Для соблюдения приемственности с классификацией классов полеотолерантности (КП) Х.Х. Трасса (1985) мы включили в рассмотрение, как теоретически возможные, следующие комбинации: «практически неизменные – оптимум» и «слабоизмененные – редко», соответствующие 1-му и 2-му классам полеотолерантности Х.Х. Трасса, а в нашей интерпретации – 10-му и 9-му КТ. Однако общеизвестно, что в настоящее время абсолютно незагрязненных территорий практически не существует. Даже ООПТ являются слабоизмененными, так как подвержены антропогенному воздействию (испытывают влияние поллютантов атмосферы вследствие трансграничного переноса воздушных масс).

Таблица 2

Классы токсифобности (КТ) эпифитных лишайников
и соответствующие им диагностические признаки местообитаний

↑ Токсифобность (чувствительность эпифитных лишайников) ↑ возрастает	Диагностические признаки местообитания		КТ	↓ Токсифобность (чувствительность эпифитных лишайников) ↓ убывает
	Степень антропогенной трансформации	Критерий частоты встречаемости эпифитных лишайников		
	Практически неизменные	Оптимум	X	
	Практически неизменные	Оптимум	IX	
	Слабоизмененные	Редко		
	Практически неизменные	Оптимум	VIII	
	Слабоизмененные	Оптимум		
	Слабоизмененные	Оптимум	VII	
	Умеренноизмененные	Редко		
	Слабоизмененные	Оптимум	VI	
	Умеренноизмененные	Редко		
	Сильноизмененные	Оптимум	V	
	Слабоизмененные	Часто		
	Сильноизмененные	Оптимум	IV	
	Слабоизмененные	Оптимум		
	Умеренноизмененные	Часто	III	
	Сильноизмененные	Экспертная оценка		
	Умеренноизмененные	Экспертная оценка	II	
	Сильноизмененные	Экспертная оценка		
	Катастрофически измененные	Экспертная оценка	I	
	Катастрофически измененные	Экспертная оценка		

В связи с вышеизложенным при проведении лишеноиндикационного мониторинга на территории Нижегородской области за «оптимум» мы приняли диапазон значений частот встречаемости видов эпифитных лишайников на ООПТ государственный природный заповедник (ГПЗ) «Керженский». Сделанное допущение обусловило отсутствие в табл. 2 сочетания «слабоизмененные – часто», так как полученные диапазоны значений частоты встречаемости видов на территории ГПЗ «Керженский» служили отправной точкой для определения категорий частот встречаемости видов в других пунктах исследования Нижегородской области.

Таким образом, максимальное значение КТ, которое присваивалось эпифитным лишайникам Нижегородской области, равно 8-ми. С 7-го по 4-й КТ происходит пошаговый переход выделенных категорий частот встречаемости для представленных степеней антропогенной трансформации пунктов исследований. С 3-го по 1-й КТ присваивается лишайникам только на основании комбинации пунктов исследований соответствующих степеней антропогенной трансформации, а частоты встречаемости видов оцениваются экспертно (в терминах «присутствие» и «отсутствие»). Табл. 2 удобна при практическом использовании, выделение категории частот встречаемости эпифитных лишайников статистически обосновано. Однако данная таблица определения классов токсифобности не лишена недостатков:

1) в ней представлены не все возможные комбинации степеней антропогенной трансформации пунктов исследования и категорий частот встречаемости эпифитных лишайников;

2) на практике возможны ситуации, когда в пунктах исследования, характеризующихся одинаковым уровнем антропогенной трансформации, категории частот встречаемости одного и того же вида различны.

При возникновении вышеописанной ситуации мы предлагаем класс токсифобности (КТ) определять как средневзвешенное арифметическое всех классов, к которым может быть отнесен данный вид:

$$КТ_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^n КТ_i \times b_i}{\sum_{i=1}^n b_i},$$

где $КТ_i$ – класс токсифобности, b_i – весовой коэффициент, который определяется числом повторения $КТ_i$, n – число классов токсифобности.

Для примера рассчитаем класс токсифобности вида *Evernia prunastri* (L.) Ach. Согласно данным, приведенным в табл. 1, определим диагностические признаки пунктов исследований в Нижегородской области, в которых был обнаружен данный вид, и занесем их в табл. 3.

Таблица 3

Диагностические признаки пунктов исследований в Нижегородской области, где был обнаружен вид *Evernia prunastri*

Название пункта	Диагностические признаки		
	Степень антропогенной трансформации	Значения частот встречаемости	Категория частоты встречаемости
ГПЗ «Керженский»	Слабоизмененные	0.21 – 0.39	Оптимум
д. Шинино	Умеренноизмененные	0.26	Оптимум
Окрестности ж.-д. ст. Зименки	Умеренноизмененные	0.42	Часто
Окрестности ж.-д. ст. Суроватиха	Умеренноизмененные	0.80	Часто
Окрестности с. Ичалки	Умеренноизмененные	0.70	Часто
Окрестности ж.-д. ст. Соловейка	Умеренноизмененные	0.70	Часто

На основании информации, представленной в табл. 3, можно заключить, что сочетания «слабоизмененные – оптимум» (ГПЗ «Керженский») и «умеренноизмененные – оптимум» (д. Шинино) составляют одну комбинацию. Данная комбинация повторяется 1 раз и, согласно табл. 2, соответствует 6-му КТ. Для остальных пунктов исследования (см. табл. 3) характерны сочетания «слабоизмененные – оптимум» » (ГПЗ «Керженский») и «умеренноизмененные – часто» (окрестности ж.-д. ст. Зименки, окрестности ж.-д. ст. Суроватиха, окрестности с. Ичалки, окрестности ж.-д. ст. Соловейка), составляющие вторую комбинацию. Данная комбинация повторяется 4 раза и, согласно табл. 2, соответствует 5-му и 4-му КТ. Так как анализируемый вид вообще не был обнаружен на сильно антропогенно измененных территориях, мы присваиваем ему 5-й КТ. Используя формулу расчета $КТ_{\text{ср}}$, получаем:

$$КТ_{\text{ср}} (Evernia prunastri) = \frac{6 \times 1 + 5 \times 4}{1 + 4} = 5.2.$$

Предложенная модификация алгоритма представляет промежуточный результат, поскольку сохраняет основные, ценные идеи предыдущих исследователей

(Трасс, 1985; Инсаров, Инсарова, 1989 и др.), позволяет рассчитывать КТ на основе статистически обоснованных критериев, а выявленные недостатки открывают возможность для дальнейшей доработки и совершенствования.

Поскольку степень чувствительности эпифитных лишайников к атмосферному загрязнению зависит от свойств коры дерева-форофита (Инсарова, Инсаров, 1989; Blanc, Sloover, 1970 и др.), нами были разработаны четыре шкалы классов токсифобности для эпифитной лишайнофлоры сосны обыкновенной, березы повислой, дуба черешчатого, липы мелколистной.

На четырех вышеперечисленных форофитах было обнаружено 93 вида эпифитных лишайников, из них 65 произрастают на липе, 57 – на сосне, 51 – на березе, 38 – на дубе. 19 из 93 обнаруженных видов являются эвритопами, однако они демонстрируют существенные различия по степени чувствительности к атмосферному загрязнению в зависимости от субстрата произрастания, что подтверждает необходимость такого дифференциального подхода при разработке КТ. Например, для *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl., произрастающей на разных древесных породах, получены следующие значения КТ: 4.0 – в случае, если вид произрастает на липе мелколистной, 5.9 – для березы повислой, 6.6 – для сосны обыкновенной, 8.0 – для дуба черешчатого.

На основании установленных КТ и средних значений проективного покрытия (%) видов на пробных площадях, были рассчитаны ИТ. Диапазон полученных значений ИТ (отдельно для эпифитной лишайнофлоры каждого вида дерева-форофита) был разбит на классы на основании формулы расчета классового интервала (c) (Зайцев, 1990).

Так, например, в ходе исследования эпифитной лишайнофлоры дуба обыкновенного получили: $ИТ_{\max} = 7.8$, $ИТ_{\min} = 4.0$, а величина классового интервала c равна 1.2. Возможно, что в насаждениях дуба на территории Нижегородской области, нами не обследованных, ИТ будет равен 0 (при полном отсутствии эпифитных лишайников на данном форофите – «лишайниковая пустыня»), также ИТ может быть меньше 4.0 и больше 7.8. Учитывая это, мы представляем в качестве примера 6 возможных диапазонов ИТ и соответствующие им лишайноиндикационные характеристики степени загрязненности воздушного бассейна для эпифитной лишайнофлоры дуба обыкновенного: 0 – катастрофическая, 0.1 – 4.0 – кризисная, 4.1 – 5.3 – критическая, 5.4 – 6.6 – напряженная, 6.7 – 7.9 – относительно удовлетворительная, более 8.0 – нормальная. Аналогично было проведено выделение диапазонов ИТ для эпифитной лишайнофлоры остальных анализируемых форофитов.

Зонирование обследованной территории Нижегородской области проводили на основании лишайноиндикационной характеристики степени загрязненности атмосферного воздуха по выборке пробных площадей. Критерием отбора пробных площадей служили наиболее жесткие лишайноиндикационные оценки степени загрязненности атмосферного воздуха в данном пункте исследования. В табл. 4 в качестве примера представлено зонирование некоторых пунктов исследований.

При отборе пунктов исследований руководствовались двумя критериями: отобранные пункты должны представлять весь анализируемый спектр природно-климатических условий Нижегородской области и различаться по степени антропогенной трансформации; в данных пунктах должна быть исследована эпифитная лишайнофлора не менее двух видов деревьев-форофитов.

Таблица 4

Зонирование территории пунктов исследований в Нижегородской области по лихеноиндикационным характеристикам степени загрязненности атмосферного воздуха (на высоте 1.3 м)

Пункт исследования	Дерево-форофит			
	Сосна обыкновенная	Береза повислая	Липа мелколистная	Дуб черешчатый
Пустынский заказник	Относительно удовлетворительная	-	Относительно удовлетворительная	-
д. Шинино	Относительно удовлетворительная	Относительно удовлетворительная	-	-
ГПЗ «Керженский»	Напряженная	Относительно удовлетворительная	Напряженная	Напряженная
Окрестности ж.-д. ст. Осинки	Относительно удовлетворительная	Напряженная	-	-
Окрестности с. Ичалки	Напряженная	Напряженная	-	-
Окрестности ж.-д. ст. Соловейка	Напряженная	Напряженная	-	-
Окрестности ж.-д. ст. Сейма	Критическая	Напряженная	-	Критическая
Окрестности ж.-д. ст. 429-й км	Напряженная	Критическая	-	-
г. Чкаловск	-	Критическая	Критическая	-
г. Н. Новгород	Кризисная	Критическая	Кризисная	Кризисная

Примечание. Прочерк означает, что эпифитная лихенофлора данного форофита в этом пункте не исследовалась.

На основании метода лихеноиндикационного картирования на обследованной территории Нижегородской области выделены 4 зоны, отличающиеся по степени загрязненности атмосферного воздуха: относительно удовлетворительная, напряженная, критическая, кризисная. Зоны с крайними характеристиками («нормальная» и «катастрофическая») на территории пунктов лихеноиндикационных исследований не выявлены. Наименьшая степень загрязненности атмосферного воздуха по результатам лихеноиндикационных исследований отмечена для Пустынского заказника и д. Шинино, территории которых характеризуются слабой степенью антропогенной трансформации, расположены на достаточном удалении от промышленных комплексов Нижегородской области и вне зоны их влияния по розе ветров. Наиболее высокий уровень атмосферного загрязнения («кризисная» зона) отмечен для ряда пробных площадей заречной части г. Н. Новгорода, где сосредоточена основная часть промышленных предприятий города, а также для одной из улиц нагорной части, являющейся оживленной автомобильной трассой. Кроме того, к «кризисной» зоне относится территория окрестностей железнодорожной станции 429-й км. Данный пункт исследования испытывает существенное влияние со стороны центра химической промышленности г. Дзержинска, так как расположен между ним и г. Н. Новгородом по направлению розы ветров.

Анализ распространения эпифитных лишайников на территории Нижегородской области позволил выделить для каждого вида дерева-форофита группы видов-индикаторов, которые легко идентифицируются и произрастают преимущественно в пунктах с определенным уровнем атмосферного загрязнения.

Индикаторные группы эпифитных лишайников липы мелколистной: чувствительные – *Cetrelia olivetorum* (Nyl.) W.L. Culb., C.F. Culb., *Evernia mesomorpha* Nyl., *Menegazzia terebrata* (Hoffm.) A. Massal., *Pseudevernia furfuracea* (L.) Zopf, *Usnea hirta* (L.) Weber ex F.H. Wigg.; умеренно устойчивые – *Phaeophyscia nigricans* (Flörke) Moberg, *Physcia adscendens* (Fr.) H. Olivier, *P. aipolia* (Ehrh. ex Humb.) Fűrnr., *P. stellaris* (L.) Nyl.; устойчивые – *Arthonia apatetica* (A. Massal.) Th. Fr., *Caloplaca holocarpa* (Hoffm. ex Ach.) A.E. Wade, *Phaeophyscia orbicularis* (Neck.) Moberg.

Индикаторные группы эпифитных лишайников березы повислой: чувствительные – *Bryoria capillaris* (Ach.) Brodo, D. Hawksw., *Melanelia exasperatula* (Nyl.) Essl., *Phaeophyscia ciliata* (Hoffm.) Moberg, *P. furfuracea*; умеренно чувствительные – *Bryoria implexa* (Hoffm.) Brodo, D. Hawksw., *Evernia mesomorpha*, *Graphis scripta* (L.) Ach., *Usnea filipendula* Stirt., *U. hirta*; умеренно устойчивые – *P. orbicularis*, *P. aipolia*, *P. tribacea* (Ach.) Nyl., *Physconia distorta* (With.) J.R. Laundon, *Xanthoria candelaria* (L.) Th. Fr.; устойчивые – *Lecanora sarcopisodes* (A. Massal.) A.L. Sm.

Индикаторные группы эпифитных лишайников сосны обыкновенной: чувствительные – *B. capillaris*, *M. terebrata*, *Usnea subfloridana* Stirt., *U. filipendula*; умеренно чувствительные – *B. implexa*, *E. prunastri*, *P. aipolia*, *Physconia detersa* (Nyl.) Poelt, *Ramalina pollinaria* (Westr.) Ach., *Ramalina farinacea* (L.) Ach.; умеренно устойчивые – *P. nigricans*, *P. adscendens*, *Hyperphyscia adglutinata* (Flörke) H. Mayrhofer, Poelt.

Индикаторные группы эпифитных лишайников дуба обыкновенного: чувствительные – *B. implexa*, *E. mesomorpha*, *M. exasperata*, *P. furfuracea*, *U. hirta*, *U. subfloridana*; умеренно устойчивые – *Physcia dubia* (Hoffm.) Lettau, *P. stellaris*, *Scoliciosporum chlorococcum* (Graewe ex Stenh.) Vězda.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе модифицированного алгоритма Х.Х. Трасса разработаны 4 региональные шкалы классов токсифобности эпифитных лишайников. Для ряда видов выявлены существенные различия по степени чувствительности к атмосферному загрязнению в зависимости от субстрата произрастания. В результате проведенных лишеноиндикационных исследований на территории Нижегородской области выделены 4 зоны по степени загрязненности атмосферного воздуха: относительно удовлетворительная, напряженная, критическая, кризисная. Для каждого вида дерева-форофита представлены индикаторные группы эпифитных лишайников, характеризующиеся различной степенью чувствительности к атмосферному загрязнению. Полученные данные позволили оценить уровень загрязнения атмосферного воздуха как фоновых участков, так и территорий Нижегородской области, подверженных импактному загрязнению: улиц г. Н. Новгорода, административных районов, населенных пунктов, водоохраных зон водных объектов и т.д.

В целом разработанные и апробированные методы могут быть использованы в дальнейшем для проведения лишеноиндикационного мониторинга качества атмосферного воздуха на территории Нижегородской области. Полученные результаты позволяют обосновать выбор видов эпифитной лишенофлоры и ее количественных

характеристик в качестве индикаторов атмосферного загрязнения. Изменения, внесенные в алгоритм Х.Х. Трасса (1985), облегчают разработку региональных шкал чувствительности эпифитных лишайников, а классы токсифобности, полученные для видов эпифитной лишайной флоры Нижегородской области, могут быть использованы в других регионах с учетом иерархической системы флористического районирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бязров Л.Г. Видовое разнообразие лишайников Москвы // Бюл. МОИП. Отд. Биол. 1996. Т. 101, вып. 3. С. 68 – 77.
- Зайцев Г.Н. Математика в экспериментальной ботанике. М.: Наука, 1990. 296 с.
- Инсаров Г.Э., Инсарова И.Д. Сравнительные оценки чувствительности эпифитных лишайников различных видов к загрязнению воздуха // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. Л.: Гидрометеиздат, 1989. Т. 12. С. 113 – 175.
- Инсаров Г.Э., Инсарова И.Д. Система районирования земли для целей мониторинга эпифитных лишайников // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. Л.: Гидрометеиздат, 1991. Т. 13. С. 112 – 130.
- Кулябина Е.Ю., Сидоренко М.В. Лишайноиндикационный мониторинг качества воздушной среды Нижегородской области // Изв. Самар. науч. центра РАН. 2002. Т. 4, №2. С. 216 – 222.
- Малышева Н.В. Влияние некоторых антропогенных факторов на лишайники // Вестн. ЛГУ. Сер. Биол. 1978. №9. С. 43 – 47.
- Пауков А.Г. Лишайнофлора урбоэкосистем: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Екатеринбург, 2001. 18 с.
- Пчелкин А.В. Использование принципа сопряженности флоры сосудистых растений и лишайников для флористического районирования // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. Л.: Гидрометеиздат, 1991. Т. 13. С. 176 – 188.
- Трасс Х.Х. Классы полевотолерантности лишайников и экологический мониторинг // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. Л.: Гидрометеиздат, 1985. Т. 7. С. 122 – 137.
- Шатило И.А. Физиолого-биохимические изменения у лишайников под влиянием атмосферного загрязнения // Успехи современной биологии. 1996. Т. 116, вып. 2. С. 158 – 169.
- Sloover J. de, Blanc F. le. Mapping of atmospheric pollution on the basis of lichens sensitivity // Proceedings of the Symposium on Recent Advances in Tropical Ecology. Vagrancy, 1968. P. 42 – 58.
- Hawksworth D.L., Rose F. Qualitative scale for estimating sulphur dioxide air pollution in England and Wales using epiphytic lichens // Nature. 1970. Vol. 227, №5254. P. 38 – 76.
- Blanc F. le, Sloover J. de. Relation between industrialization and the distribution and growth of epiphytic lichens and mosses in Montreal // Can. J. Bot. 1970. Vol. 48. P. 1485 – 1496.