

УДК 574:634.928.53

UDC 574:634.928.53

ИНДИКАТОРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЛИХЕНОБИОТЫ РЕСПУБЛИКАНСКОГО ЛАНДШАФТНОГО ЗАКАЗНИКА «ПРИЛЕПСКИЙ»

INDICATOR FEATURES OF LICHENOBIOTA OF THE REPUBLICAN LANDSCAPE PRESERVE “PRILEPSKIY”

В. В. Маврищев,
*кандидат биологических наук,
доцент кафедры общей
биологии и ботаники Белорусского
государственного педагогического
университета имени Максима Танка;*

А. В. Гавриленко,
*аспирант кафедры общей
биологии и ботаники Белорусского
государственного педагогического
университета имени Максима Танка*

V. Mavrishchev,
*PhD in Biology, Associate Professor
of the Department of General
Biology and Botany, Belarusian
State Pedagogical University
named after Maxim Tank;*

A. Haurylenka,
*Postgraduate Student of the
Department of General Biology and
Botany, Belarusian State Pedagogical
University named after Maxim Tank*

Поступила в редакцию 15.10.20.

Received on 15.10.20.

Приведены результаты изучения степени чистоты воздушного бассейна в Республиканском ландшафтном заказнике «Прилепский» при помощи метода лишеноиндикации. Проведено картирование территории с выделением зон слабого, умеренного и относительного загрязнения.

Ключевые слова: эпифитные лишайники, лишенобиота, форофит, индикаторы, картирование.

The article presents the results of studying the degree of cleanliness of the air basin in the republican landscape preserve “Prilepskiy” with the help of methods of licheno-indication. It conducts the mapping of the territory with singling out the zones of weak, moderate and relative pollution.

Keywords: epiphytic lichens, lichenobiota, phorophyt, indicators, mapping.

Введение. Загрязнение воздуха – одна из наиболее острых экологических проблем Беларуси. В ситуации постоянного ухудшения экологического состояния промышленных центров и примыкающих к ним территориях большое значение приобретает выяснение основных направлений изменения природных систем, поиск характеристик, имеющих индикационное значение и позволяющих оценивать степень происходящих антропогенных изменений.

Непосредственная оценка загрязнения техническими приборами не отражает характера воздействия техногенных систем на природную среду. Действенным методом контроля и управления состоянием окружающей среды является экологический мониторинг, одним из элементов которого является лишеноиндикация – эффективный метод комплексной диагностики состояния окружаю-

щей (воздушной) среды с помощью лишайников. Данный метод способен выявить наличие в окружающей природной среде комплекса загрязнителей и оценить ее состояние в целом. В условиях хронической антропогенной нагрузки лишенобиота может реагировать на очень слабые воздействия в силу аккумуляции дозы. Лишайники фиксируют скорость происходящих в окружающей среде изменений, указывают пути и места скопления различного рода загрязнений в экологических системах и возможные пути попадания этих веществ в организм человека.

Во многих странах мира в качестве организмов-индикаторов более пятидесяти лет используются лишайники для мониторинга воздействия загрязнения газообразными поллютантами [4, 5, 13, 15–18]. Следует отметить, что лишайники включены в список

приоритетных тест-объектов для фонового экологического мониторинга [7].

Актуальность такого рода исследований несомненна: разработка методов, позволяющих оценить соответствие качества среды условиям, необходимым для нормальной жизнедеятельности живых организмов, является важнейшей задачей современной системы экологического мониторинга окружающей среды.

Основная часть. Для получения репрезентативных данных для оценки степени загрязнения того или иного региона необходимо проведение мониторинговых исследований в объектах, кардинально отличающихся друг от друга по степени антропогенной трансформации с целью сравнения полученных показателей.

Настоящие исследования проводились в пределах Республиканского ландшафтного заказника «Прилепский», расположенного на территории Минского района Минской области и созданного в целях сохранения в естественном состоянии уникального ландшафтного комплекса в 2000 г. Он характеризуется распространением естественных высоковозрастных хвойных лесов, а также редких и исчезающих видов растений и животных, занесенных в Красную книгу Республики Беларусь. Площадь заказника составляет 3242 га.

Коренные древостои хвойных пород сосны и ели занимают 91 % площади заказника, причем сосняки и ельники почти равновелики по удельному весу, то есть участие ели в составе лесов здесь значительно шире, чем в целом в геоботаническом районе. Такая особенность состава лесов заказника обусловлена широким распространением почв с моренным подстиланием.

К настоящему времени для лишайников выяснена схема улавливания элементов из окружающей среды и однозначно принят механизм накопления ими питательных веществ. Однако существует ряд нерешенных проблем, связанных с методологией использования лишайников для оценки атмосферного загрязне-

ния, особенно применительно к различным природно-климатическим условиям [2]. По внешнему строению лишайники разделяют на 3 группы: корковые (или накипные), листоватые и кустистые. Корковые лишайники представлены наибольшим разнообразием. Представители этой группы лишайников имеют вид корочек или налетов, плотно срастающихся с субстратом, на котором они живут и от которого отделяются с большим трудом. Листоватые лишайники имеют вид рассеченных пластинок, срастающихся с субстратом не очень плотно при помощи пучков гиф (ризин). Кустистые лишайники имеют слоевища в виде ветвящихся кустиков; такие лишайники срастаются с субстратом только своим основанием.

Лихенобиота изучалась на стволах однокостящих средневозрастных деревьев на высоте от 130 до 150 см на северной, западной и южной экспозиции ствола при помощи сетки 20 × 10 см с площадью ячейки 1 см² согласно общепринятой методике лихенологических исследований [14]. На участках отбирались 8–10 форофитов различных пород нормального вида (без механических повреждений, аномалий развития, прямостоячие) среднего возраста. Фиксировались порода форофита, высота, диаметр ствола, степень угнетения коры и кроны.

Лишайниковые сообщества рассматриваются нами как самостоятельные сообщества, являющиеся по сути группировками синузий (лихеносинузий) [3, 4, 6, 8–10].

Эстонский геоботаник Х. Х. Трасс одним из первых рассматривал лишайниковые группировки в качестве синузий. Он предложил специальную программу исследования синузий лишайников и разработал их классификацию [11].

На территории заказника «Прилепский» выбрано 6 площадок, на которых собрано 197 образцов лишайников, произрастающих на сосне обыкновенной, березе бородавчатой и ели европейской. Всего на территории заказника было зарегистрировано 15 видов лишайников (таблица 1).

Таблица 1. – Флористический состав лишайниковых синузий, зарегистрированных на учетных площадках

№	Виды лишайников	1	2	3	4	5	6	Класс полеотолерантности
1	<i>Cladonia cornuta</i> (L.) Hoffm.	+						II–III
2	<i>Cladonia bacillaris</i> (Ach.) Nyl.	+		+		+		II–III

№	Виды лишайников	1	2	3	4	5	6	Класс полеотолерантности
3	<i>Cladonia novochlorophaea</i> (Sipman) Brodo & Ahti	+		+		+	+	II–III
4	<i>Cladonia homosekikaica</i> Nuno			+	+		+	II–III
5	<i>Cladonia macilenta</i> Hoffm.		+			+		II–III
6	<i>Cladonia coniocraea</i> (Flk.) Spreng.		+					II–III
7	<i>Cladonia fimbriata</i> (L.) Fr.			+	+		+	II–III
8	<i>Hypocenomyce scalaris</i> (Ach. Ex Lilj.) M. Choisy		+					VI
9	<i>Hypogymnia physodes</i> (L.) Nyl.	+	+	+		+	+	VI
10	<i>Parmelia sulcata</i> Taylor	+						VII
11	<i>Lecanora varia</i> (Hoffm.) Ach.		+		+			VII
12	<i>Xanthoria candelaria</i> (L.) Th. Fr.		+		+			VIII
13	<i>Lepraria incana</i> (L.) Ach.	+	+	+	+	+	+	VIII
14	<i>Xanthoria parietina</i> (L.) Th. Fr.	+						IX–X
15	<i>Phaeophyscia orbicularis</i> (Neck.) Moberg	+			+		+	X

В качестве основы для оценки степени загрязнения атмосферного воздуха были приняты шкала чувствительности (полеотолерантности) эпифитных лишайников, разработанная Х. Х. Трассом [12], и шкала, предложенная для Средней России Л. Анищенко [1]. В основе работы Трасса лежит использование классов полеотолерантности эпифитных лишайников, значения которых изменяются в диапазоне от 1-го до 10-го. 1-й класс соответствует антропогенно ненарушенным местообитаниям (чувствительные к загрязнению виды лишайников), 10-й класс – толерантным (устойчивым) к высокому уровню атмосферного загрязнения. Низкие значения индекса характеризуют более благоприятную экологическую ситуацию по состоянию атмосферного воздуха. Распределение лишайников на территории заказника по степени их антропоотолерантности представлено в таблице 1. Анализируя таблицу, можно отметить достаточную представленность в лишенобиоте заповедника лишеносинузий с представительством видов со 2–3-й степенью толерантности. Это говорит о том, что состояние воздушного бассейна здесь вполне благоприятное.

Данный тезис подтверждает присутствие большой группы лишеносинузий с наличием кустистых лишайников. Следует отметить, что минеральные и органические вещества проникают в слоевище лишайников через

всю их поверхность. В связи с этим наиболее чувствительными к действию поллютантов оказываются лишайники кустистой жизненной формы, имеющие наибольшую по отношению к массе площадь таллома. Их присутствие указывает на относительно чистую воздушную среду. Вслед за ними следуют лишайники листоватых форм, и далее наиболее устойчивыми к загрязнению являются лишайники, принадлежащие к накипной жизненной форме. Их слоевище часто погружено в субстрат или имеет вид слабой корочки. В таблице 2 представлено распределение лишайников по жизненным формам.

Таблица 2. – Жизненные формы лишайников на территории заказника

Кустистые	Листоватые	Накипные
<i>Cladonia cornuta</i>	<i>Parmelia sulcata</i>	<i>Lepraria incana</i>
<i>Cladonia coniocraea</i>	<i>Phaeophyscia orbicularis</i>	<i>Cladonia macilenta</i>
<i>Cladonia homosekikaica</i>	<i>Xanthoria parietina</i>	<i>Hypocenomyce scalaris</i>
<i>Cladonia novochlorophaea</i>	<i>Hypogymnia physodes</i>	<i>Lecanora varia</i>
<i>Cladonia fimbriata</i>	<i>Xanthoria candelaria</i>	
<i>Cladonia bacillaris</i>		

С целью проведения лишеноиндикационного картирования территории заказника была

проведена оценка состояния загрязнения атмосферного воздуха. Для этого использовались данные частоты встречаемости и степени покрытия лишайносинузиями субстрата (таблица 3) и формула для определения относительной чистоты атмосферы (ОЧА) [2, 3]:

$$\text{ОЧА} = (N + 2Л + 3К) / 30,$$

где ОЧА – относительная чистота атмосферы; N – число накипных лишайников; Л – листоватых; К – кустистых. Чем выше показатель ОЧА (ближе к единице), тем чище воздух местообитания.

Для каждого вида лишайников была проведена оценка частоты встречаемости и степени покрытия субстрата накипными, листоватыми и кустистыми лишайниками в соответствии с таблицей 3.

Таблица 3. – Оценка частоты встречаемости и степени покрытия лишайниками субстрата (Бязров, 1993)

Частота встречаемости		Степень покрытия		Балл
очень редко	Менее 5 %	очень низкая	менее 5 %	
редко	5–20 %	низкая	5–20 %	2
редко	20–40 %	средняя	20–40 %	3
часто	40–60 %	высокая	40–60 %	4
очень часто	60–100 %	очень высокая	60–100 %	5

Установлено, что наибольшим баллом (высокое покрытие) характеризуются такие антропоотолерантные виды, как *Hypogymnia physodes*, *Lepraria incana* и *Phaeophyscia orbicularis*. Покрытие форофита составляет для них более 60 %. Эти виды характерны для зоны относительного загрязнения. В зонах слабого и умеренного загрязнения часто встречаются виды из рода *Cladonia* (*Cl. bacillaris*, *Cl. novochlorophaea*, *Cl. homosekikaica*, *Cl. fimbriata*) – баллы 2–3.

На основании проведенных исследований были определены показатели относительной чистоты воздушного бассейна в реперных точках исследования (таблица 4).

Таблица 4. – Показатель относительной чистоты воздуха на площадках заказника

Площадки	1	2	3	4	5	6
Показатели ОЧА	0,83	0,78	0,88	0,83	0,93	0,85

Лишеноиндикационные исследования на территории заказника «Прилепский» позво-



Рисунок. – Схема размещения учетных площадок на территории Прилепского заказника и зонирование территории заказника на основании величины индекса полеотолерантности:

I – зона слабого загрязнения, II – зона умеренного загрязнения, III – зона относительного загрязнения. (Учетные площадки: № 1 – деревья у дороги заказника со стороны школьной гимназии; № 2 – в 2 км от главной дороги; № 3 – вдоль дороги по направлению к пос. Узборье; № 4 – насаждения со стороны спального района «Зеленый бор»; № 5 – деревья в глубине заказника; № 6 – площадка в 1 км от областного тубдиспансера.)

лили провести его картирование с выделением нескольких зон с различным уровнем загрязнения воздушного бассейна. На рисунке показано размещение зон загрязнения на территории заказника. Следует отметить, что проведенные исследования показывают, что в целом состояние атмосферного воздуха в пределах заказника «Прилепский» вполне благополучно и изменяется в сторону относительного загрязнения от центра заказника к его периферии.

В пределах заказника выявлено 3 зоны, различающиеся по степени загрязнения.

1. Зона слабого загрязнения. Характерной особенностью является присутствие видов с наименьшим индексом полеотолерантности (II–III), индицирующих слабое загрязнение воздушного бассейна. Это синузии, представленные видами кустистых лишайников из рода *Cladonia*.

Площадь зоны слабого загрязнения, расположенная в глубине заказника, составляет около 2 км².

2. Зона умеренного загрязнения охватывает большую часть заказника. Здесь довольно часто встречаются чувствительные виды лишайников, но в целом видовое разнообразие существенно ниже. Появляются

виды, развивающиеся в условиях умеренного загрязнения воздуха, такие, как *Xanthoria candelaria*, *Lecanora varia*.

3. В зоне относительного загрязнения отмечены устойчивые к атмосферному загрязнению нитрофильные виды с индексом полеотолерантности IX–X – *Xanthoria parietina* и *Phaeophyscia orbicularis*. Эта зона расположена вдоль дороги, связывающей Боровляны и Острошицкий Городок.

Заключение. Впервые для территории заказника «Прилепский» были проведены лишеноиндикационные исследования степени загрязнения воздушной среды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анищенко, Л. Н. Брио- и лишеноиндикационные шкалы для оценки качества сред обитания (на примере Средней России) [Электронный ресурс] / Л. Н. Анищенко // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 5. – Режим доступа: <http://www.science-education.ru/105-7080>. – Дата доступа: 10.09.2020.
2. Бученков, И. Э. Спецпрактикум по биоэкологии : учеб. пособие : в 2 ч. / И. Э. Бученков, Е. Р. Грицкевич. – Ч. 1 : Растения. – Минск : МГЭУ им. А. Д. Сахарова, 2014. – 94 с.
3. Бязров, Л. Г. Эпифитные лишайниковые синузии в березовых лесах Восточно-уральского радиоактивного следа / Л. Г. Бязров // Экологические последствия радиоактивного загрязнения на Южном Урале. – М. : Наука, 1993. – С. 134–155.
4. Бязров, Л. Г. Лишайники в экологическом мониторинге / Л. Г. Бязров. – М. : Научный мир, 2002. – С. 200–237.
5. Бязров, Л. Г. Лишайники – индикаторы радиоактивного загрязнения / Л. Г. Бязров. – М. : Изд-во КМК, 2005. – 476 с.
6. Голубкова, Н. С. Жизненные формы лишайников и лишеносинузии / Н. С. Голубкова, Л. Г. Бязров // Ботан. журн. – 1989. – Т. 74, № 6. – С. 794–805.
7. Теоретические и прикладные аспекты фоновой экологического мониторинга состояния биоты / Ю. А. Израэль [и др.] // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. – Л. : Гидрометеоздат. – 1980. – Т. 3. – С. 7–23.
8. Пристяжнюк, С. А. Синузии напочвенных лишайников субарктических тундр полуострова Ямал / С. А. Пристяжнюк // Ботан. журн. – 2001 а. – Т. 86. – № 5. – С. 30–38.
9. Пристяжнюк, С. А. Сравнительный анализ напочвенных лишайниковых синузий в субарктических тундрах полуострова Ямал / С. А. Пристяжнюк // Ботан. журн. – 2001 б. – Т. 86. – № 7. – С. 15–25.
10. Седельникова, Н. В. Роль лишайниковых синузий в высокогорных фитоценозах северной части Алтае-Саянской горной области / Н. В. Седельникова, В. П. Седельников // Ботан. журн. – 1979. – Т. 64. – № 5. – С. 671–679.

На территории заказника выявлено 15 видов лишайников, среди которых преобладают кустистые и листоватые жизненные формы.

Зонирование территории на основании величины индекса полеотолерантности отдельных видов лишайников показало, что загрязнение воздушной среды заказника вполне удовлетворительно, а уровень загрязнения – незначительный.

Рассчитанный коэффициент относительной чистоты воздуха в заказнике составил от 0,78 до 0,96, что говорит о чистоте воздуха.

REFERENCES

1. Anishchenko, L. N. Brio- i lihenoidikacionnye shkaly dlya ocenki kachestva sred obitaniya (na primere Srednej Rossii) [Elektronnyj resurs] / L. N. Anishchenko // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. – 2012. – № 5. – Rezhim dostupa: <http://www.science-education.ru/105-7080>. – Data dostupa: 10.09.2020.
2. Buchenkov, I. E. Specpraktikum po bioekologii : ucheb. posobie : v 2 ch. / I. E. Buchenkov, E. R. Grickevich. – Ch. 1 : Rasteniya. – Minsk : MGEU im. A. D. Saharova, 2014. – 94 s.
3. Byazrov, L. G. Epifitnye lishajnikovye sinuzii v berezovyh lesah Vostochno-ural'skogo radioaktivnogo sleda / L. G. Byazrov // Ekologicheskie posledstviya radioaktivnogo zagryazneniya na Yuzhnom Urale. – M. : Nauka, 1993. – S. 134–155.
4. Byazrov, L. G. Lishajniki v ekologicheskom monitoringe / L. G. Byazrov. – M. : Nauchnyj mir, 2002. – S. 200–237.
5. Byazrov, L. G. Lishajniki – indikatory radioaktivnogo zagryazneniya / L. G. Byazrov. – M. : Izd-vo KMK, 2005. – 476 s.
6. Golubkova, N. S. Zhiznennye formy lishajnikov i lihenosinuzii / N. S. Golubkova, L. G. Byazrov // Botan. zhurn. – 1989. – T. 74, № 6. – С. 794–805.
7. Teoreticheskie i prikladnye aspekty fonovogo ekologicheskogo monitoringa sostoyaniya bioty / Yu. A. Izrael' [i dr.] // Problemy ekologicheskogo monitoringa i modelirovaniya ekosistem. – L. : Gidrometeoizdat. – 1980. – T. 3. – S. 7–23.
8. Pristyazhnyuk, S. A. Sinuzii napochvennyh lishajnikov subarkticheskikh tundr poluostrova Yamal / S. A. Pristyazhnyuk // Botan. zhurn. – 2001 a. – T. 86. – № 5. – S. 30–38.
9. Pristyazhnyuk, S. A. Sravnitel'nyj analiz napochvennyh lishajnikovyyh sinuzij v subarkticheskikh tundrah poluostrova Yamal / S. A. Pristyazhnyuk // Botan. zhurn. – 2001 b. – T. 86. – № 7. – S. 15–25.
10. Sedel'nikova, N. V. Rol' lishajnikovyyh sinuzij v vysokogornyyh fitocenozah severnoy chasti Altae-Sayanskoj gornoj oblasti / N. V. Sedel'nikova, V. P. Sedel'nikov // Botan. zhurn. – 1979. – T. 64. – № 5. – S. 671–679.

11. *Trass, X. X.* Вопросы теоретического обоснования метода синузий в фитоценологии / X. X. Trass // Изучение растительного покрова острова Сааремаа. – Тарту : Изд-во АН Эстон. ССР, 1964. – С. 82–111.
12. *Trass, X. X.* Классы полеотолерантности лишайников и экологический мониторинг / X. X. Trass // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. – Л. : Гидрометеоиздат, 1985. – Т. 7. – С. 122–137.
13. *Cameron, R. P.* Habitat associations of epiphytic lichens in managed and unmanaged forest stands in Nova Scotia / R. P. Cameron // *Northeastern Naturalist*. – 2002. – V. 9. – №. 1. – P. 27–46.
14. Comparison of standart and differencial biomonitring using transplants / M. C. Freitas [et al.] // *Environmental Pollution*. – 1999. – Vol.106. – P. 229–235.
15. Lichens as biomonitors around a coal-fired power station in Israel / J. S. Gartya [et al.] // *Environmental Research*. – Vol. 91 (3). – 2003. – P. 186–198.
16. *Nimis, P. L.* Monitoring lichens as indicators of pollution: An introduction / P. L. Nimis, O. W. Purvis // *Monitoring with Lichens Monitoring Lichens*. – Dordrecht : Kluwer Academic Publishers, 2002. – P. 7–10.
17. *Ślaby, A.* Epiphytic lichen recolonization in the centre of Cracow (southern Poland) as a result of air quality improvement / A. Ślaby, M. Lisowska // *Pol. J. Ecol*, 2012. – Vol. 60. Nr. 2. – P. 225–240.
18. Flechten als Bioindikatoren der Luftgute in Bayern / U. Windisch [et al.]. – München, 1996. – 62 s.
11. *Trass, H. H.* Voprosy teoreticheskogo obosnovaniya metoda sinuzij v fitocenologii / H. H. Trass // *Izuchenie rastitel'nogo pokrova ostrova Saaremaa*. – Tartu : Izd-vo AN Eston. SSR, 1964. – S. 82–111.
12. *Trass, H. H.* Klassy poleotolerantnosti lishajnikov i ekologicheskij monitoring / H. H. Trass // *Problemy ekologicheskogo monitoringa i modelirovaniya ekosistem*. – L. : Gidrometeoizdat, 1985. – T. 7. – S. 122–137.
13. *Cameron, R. P.* Habitat associations of epiphytic lichens in managed and unmanaged forest stands in Nova Scotia / R. P. Cameron // *Northeastern Naturalist*. – 2002. – V. 9. – №. 1. – P. 27–46.
14. Comparison of standart and differencial biomonitring using transplants / M. C. Freitas [et al.] // *Environmental Pollution*. – 1999. – Vol.106. – P. 229–235.
15. Lichens as biomonitors around a coal-fired power station in Israel / J. S. Gartya [et al.] // *Environmental Research*. – Vol. 91 (3). – 2003. – P. 186–198.
16. *Nimis, P. L.* Monitoring lichens as indicators of pollution: An introduction / P. L. Nimis, O. W. Purvis // *Monitoring with Lichens Monitoring Lichens*. – Dordrecht : Kluwer Academic Publishers, 2002. – P. 7–10.
17. *Ślaby, A.* Epiphytic lichen recolonization in the centre of Cracow (southern Poland) as a result of air quality improvement / A. Ślaby, M. Lisowska // *Pol. J. Ecol*, 2012. – Vol. 60. Nr. 2. – P. 225–240.
18. Flechten als Bioindikatoren der Luftgute in Bayern / U. Windisch [et al.]. – München, 1996. – 62 s.