

ISSN 0568-5435

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
БОТАНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ им. В. Л. КОМАРОВА

ACADEMIA SCIENTIARUM ROSSICA
INSTITUTUM BOTANICUM NOMINE V. L. KOMAROVII

**НОВОСТИ СИСТЕМАТИКИ
НИЗШИХ РАСТЕНИЙ**

ТОМ 43

NOVITATES SYSTEMATICAE
PLANTARUM NON VASCULARIUM

TOMUS XLIII



Товарищество научных изданий КМК
Санкт-Петербург — Москва ❖ 2009

ВЛИЯНИЕ КИСЛОТНОСТИ КОРКИ ДЕРЕВЬЕВ
НА ВСТРЕЧАЕМОСТЬ ЛИШАЙНИКОВ
(НА ПРИМЕРЕ Г. ГОМЕЛЯ)

INFLUENCE OF THE BARK ACIDITY ON FREQUENCY
OF LICHENS (ON AN EXAMPLE OF GOMEL TOWN)

Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины
Биологический факультет, кафедра ботаники и физиологии растений
246019, Беларусь, Гомель, ул. Советская, д. 104
tsurikov@front.ru; hramchenkova@gsu.by

На территории г. Гомеля обнаружено 47 видов листоватых и кустистых эпифитных лишайников, относящихся к 21 роду, 7 семействам; изучены особенности их распространения. Обнаружено отсутствие корреляции между количеством видов лишайников на дереве и его диаметром. Видовой состав лишайников различных видов деревьев в городских условиях отличается. Выделены группы форофитов, характеризующиеся специфическим составом лишайников. Определены значения pH корки 11 видов деревьев на территории г. Гомеля, выделены 3 группы форофитов по кислотности корки. Группу форофитов с pH корки 6.0–8.0 колонизируют *Physconia* sp.; корка с pH 4.5–6.5 является подходящим субстратом для большинства видов лишайников; группу с pH 4.0–5.5 избирают в качестве субстрата *Hypogymnia physodes*, *Evernia prunastri*, *Melanohalea exasperatula*. Показано, что видовой состав лишайников на стволе дерева зависит от значения кислотности его корки.

Ключевые слова: Гомель, лишайники, субстрат, корка, кислотность, экология, мониторинг.

47 lichen species of 21 genera and 7 families are determined in the town of Gomel. Some features of their distribution in Gomel were studied. No correlation has been found between the number of lichen species on a tree and its trunk diameter. Different tree species were found to have different sets of lichen species. Bark pH values were defined for 11 tree species in Gomel. Three groups of tree species have been distinguished by bark pH. The first group includes *Acer negundo* with the bark pH = 7.17, *Populus balsamifera* — 6.66, and *P. nigra* — 6.63; the second one: *Acer platanoides* — pH = 6.12, *Fraxinus excelsior* — 5.77, *Tilia cordata* — 5.53; the third: *Aesculus hippocastanum* — pH = 4.95, *Betula pubescens* — 4.89, *B. pendula* — 4.88, *Quercus robur* — 4.79, *Acer saccharinum* — 4.74. Certain species of lichens are confined to these groups: *Physconia* sp. colonizes trees of the first group (pH 6.0–8.0); *Hypogymnia physodes*, *Evernia prunastri*, *Melanohalea exasperatula* grow on trees of the third group (pH 4.0–5.5); trees of the second group (pH 4.5–6.5) provide a suitable substrate for the most lichen species.

Keywords: Gomel, lichens, substratum, bark, acidity, ecology, monitoring.

О причинах исчезновения лишайников в городах в литературе высказаны различные мнения. Большинство исследователей, начиная с W. Nylander (1866), признавали, что основной причиной является загрязнение воздуха. Развитие инструментальных методов мониторинга приземных слоев воздуха позволило идентифицировать вещества, лимитирующие развитие лишайников. Признается, что наибольшее отрицательное воздействие на лишайники оказывает диоксид серы (LeBlanc, Rao, 1966; Nash, 1973; Lerond, 1975; и др.).

Помимо прямого воздействия атмосферных поллютантов на талломы лишайников, имеют место и опосредованные механизмы. В присутствии влаги кислотные оксиды превращаются в кислоты, вызывающие закисление субстратов, на которых растут лишайники (Skye, 1968; Rao, LeBlanc, 1967).

Изменение pH субстрата происходит и в районах, подверженных влиянию известняковой, сланцевой или цементной пыли, вблизи магнетитовых предприятий. Здесь происходит не закисление, а защелачивание субстрата, что приводит к исчезновению в этих районах видов лишайников, предпочитающих субстрат с кислой реакцией (Pišút, 1974; Нильсон, Мартин, 1982).

Ввиду большого количества промышленных предприятий в современных городах и, как следствие, сложного состава атмосферных выбросов, большое значение имеет соотношение и сочетания загрязняющих атмосферу веществ (Scott et al., 1989). Как интегральный показатель комплексного воздействия всех ингредиентов выбросов традиционно рассматривается кислотность субстрата произрастания (Поташева, 1993).

pH корки деревьев является одной из важных характеристик места произрастания для эпифитных лишайников и изучается с середины XX века (Du Rietz, 1945; Barkman, 1958; Skye, 1968) по настоящее время (Степанова и др., 2000). Известно, что любое изменение кислотно-щелочных свойств субстрата произрастания отражается на расселении лишайников (Brodo, 1961). В результате антропогенного пресса лишайники могут переходить на несвойственные им субстраты (Gilbert, 1971; Мартин, Нильсон, 1983; Fałtynowicz, 1992).

В связи с вышесказанным представляется актуальным оценить значения pH корки форофитов и связь этого параметра со встречаемостью эпифитных лишайников в условиях г. Гомеля.

Гомель располагается на Полесской низменности в пойме р. Сож и является вторым по численности населения городом в Республике

Беларусь — 480.4 тыс. человек (Гомель..., 1990). В настоящее время в Гомеле и ближайших пригородах действует более 100 промышленных предприятий, среди которых 21 предприятие с объемом выбросов загрязняющих веществ в атмосферу более 100 т/год. Основными загрязнителями атмосферы города являются формальдегид и фенол (среднесуточная концентрация в воздухе более 1 ПДК). Концентрации оксида углерода, диоксида и оксида азота, диоксида серы в атмосфере Гомеля крайне низки (Храмченкова, Будов, 2001, 2002, 2003).

В настоящее время Гомель — развитый промышленный центр с интенсивным ведением пригородного сельского хозяйства, крупный транспортный узел, находящийся в зоне с невысоким уровнем радиационного загрязнения. Таким образом, имеет место сочетание разнообразных факторов, воздействующих на живые объекты.

Изучение видового состава лишайников проводили в 2007 г. маршрутным методом в сочетании с методом сеточного картирования на всей территории г. Гомеля в пределах административных границ за исключением новостроек, где отсутствуют деревья, и территорий промышленных объектов, закрытых для осмотра. Территория, пригодная для изучения, была разделена на 140 площадок исследования около 0.33 кв. км каждая. Контурами площадок служили улицы города. В пределах каждой площадки осматривали разновозрастные деревья различных видов. Для описания выбирали 10 деревьев с наиболее развитым покровом лишайников, для каждого из которых устанавливали видовой состав листоватых и кустистых лишайников и вид форофита. Деревья обследовали от основания до высоты 2.5 м, как пряморастущие, так и искривленные и наклоненные, наличие лишайников фиксировали на всей видимой поверхности ствола (Бязров, 2002). Было описано 1400 деревьев, относящихся к 32 видам: *Acer negundo* L., *A. platanoides* L., *A. pseudoplatanus* L., *A. rubrum* L., *A. saccharinum* L., *A. tataricum* L., *Aesculus hippocastanum* L., *Alnus glutinosa* (L.) Gaerth., *Betula pendula* Roth, *B. pubescens* Ehrh., *Carpinus betulus* L., *Cerasus vulgaris* Mill., *Fraxinus excelsior* L., *Juglans regia* L., *Malus domestica* Borkh., *Populus alba* L., *P. balsamifera* L., *P. euamericana* Guinier, *P. nigra* L., *P. tremula* L., *Prunus avium* L., *P. divaricata* Ledeb., *P. domestica* L., *Pyrus communis* L., *Quercus robur* L., *Robinia pseudoacacia* L., *Salix alba* L., *S. caprea* L., *Sorbus aucuparia* L., *S. torminalis* (L.) Crantz, *Tilia cordata* Mill., *Ulmus glabra* Huds. (Ан-типов, Гуняженко, 1994).

Определение лишайников проводили с использованием морфологического, анатомического и биохимического методов с помощью микроскопов МБС-1 и Nikon Eclipse 80i и определительных ключей (Определитель..., 1971, 1978, 1996, 2004; Горбач, 1973; Moberg, 1982; Hale, 1987). Видовая принадлежность некоторых образцов была уточнена в лабораториях Ботанического института им. В. Л. Комарова (БИН) РАН, а также на кафедре ботаники факультета биологии и экологии Гродненского государственного университета им. Я. Купалы. Названия лишайников приводятся по Т. Л. Esslinger (2006).

В пределах административной границы г. Гомеля было найдено 47 видов листоватых и кустистых эпифитных лишайников, относящихся к 21 роду и 7 семействам.

Наибольшее число видов лишайников обнаружено на *Tilia cordata* — 41 вид. Несколько меньше видов лишайников найдено на *Acer platanoides* — 32 вида, *Betula pendula* и *Quercus robur* — по 31 виду, *Fraxinus excelsior* — 27, *Acer saccharinum* и *Aesculus hippocastanum* — 22, *Betula pubescens* — 21, *Alnus glutinosa* — 20, *Populus balsamifera* — 19, *Populus nigra* и *Sorbus aucuparia* — 17, *Prunus domestica* — 16, *Carpinus betulus*, *Salix alba* и *Ulmus glabra* — 15, *Robinia pseudoacacia* — 14, *Acer negundo*, *Cerasus vulgaris* и *Salix caprea* — 13, *Acer pseudoplatanus* и *Malus domestica* — 12, *Acer tataricum*, *Juglans regia* и *Prunus divaricata* — 11, *Populus alba* и *P. tremula* — 10, *Acer rubrum*, *Populus euamericana* и *Sorbus torminalis* — 9, *Prunus avium* и *Pyrus communis* — 8 видов лишайников.

Далее к рассмотрению принимали 11 видов деревьев, число описаний которых превысило 15: *Acer negundo*, *A. platanoides*, *A. saccharinum*, *Aesculus hippocastanum*, *Betula pendula*, *B. pubescens*, *Fraxinus excelsior*, *Populus balsamifera*, *P. nigra*, *Quercus robur*, *Tilia cordata*. Для них была определена кислотность корки.

Пробы корки толщиной до 1 см отбирали на высоте 1–2 м со средневозрастных деревьев по 2 образца с одного дерева (с южной и северной сторон), высушивали до воздушно-сухого состояния и измельчали с помощью лабораторной мельницы. К навеске измельченной корки 1.5 г приливали 25 мл ультрачистой воды, полученной в результате многостадийной очистки методами дистилляции, ионного обмена и УФ-облучения на лабораторной системе Millipore Elix + Milli-Q A10 Synthesis. Через сутки измеряли pH во взвеси корки без предварительной фильтрации с использованием pH-метра pH 150M. Было проанализировано 330 проб — по 30 для каждого вида дерева.

Полученные данные обрабатывали методами дисперсионного и корреляционного анализов, в том числе с использованием методов ранговой корреляции. Нормальность распределения выборок проверяли стандартными статистическими методами (Колмогорова — Смирнова, Шапиро, хи-квадрат, тестами асимметрии и эксцесса) (Лакин, 1990).

Среднее число видов лишайников на стволе различно для разных видов деревьев: *Acer negundo* — 6.4 вида, *Populus balsamifera* — 7.5, *P. nigra* — 7.6, *Aesculus hippocastanum* и *Betula pendula* — 8.9, *B. pubescens* и *Fraxinus excelsior* — 9.0, *Quercus robur* — 9.5, *Acer platanoides* — 9.7, *Tilia cordata* — 10.1, *Acer saccharinum* — 10.8 (рис. 1).

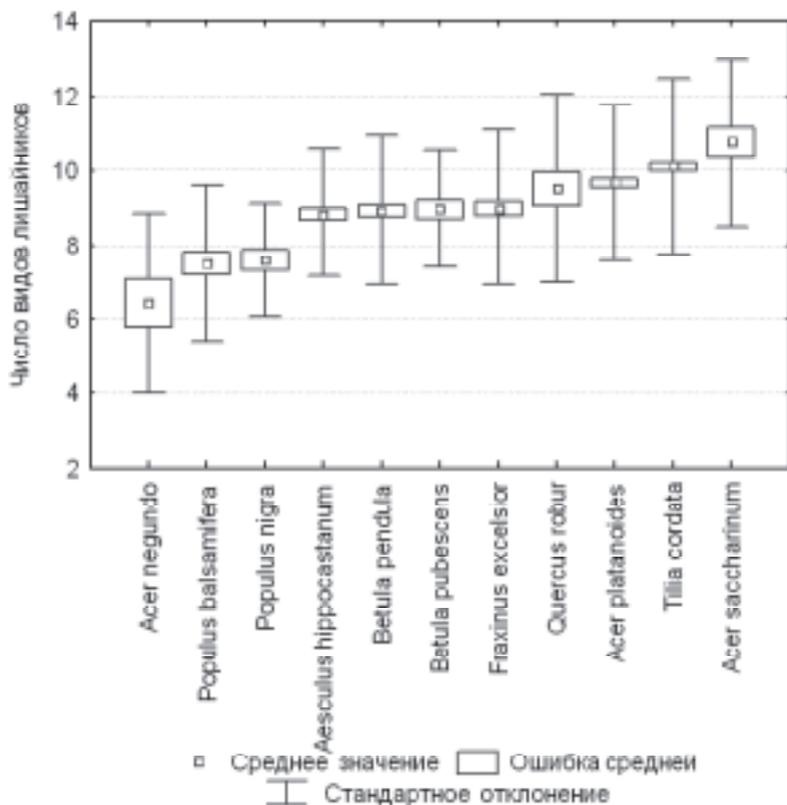


Рис. 1. Среднее число видов листоватых и кустистых лишайников на стволах деревьев на территории г. Гомеля

Было обнаружено отсутствие корреляции между количеством видов лишайников на дереве и его диаметром (в зависимости от вида форофита, коэффициент корреляции r составляет от $-0,48$ до $0,45$).

Методом однофакторного дисперсионного анализа установлено, что разнообразие лишайников на *Acer negundo*, *Populus balsamifera* и *P. nigra* ниже (6,4–7,6 вида), чем на остальных видах деревьев. *Aesculus hippocastanum*, *Betula pendula*, *B. pubescens*, *Fraxinus excelsior* и *Quercus robur* составляют промежуточную группу деревьев, характеризующуюся средним видовым разнообразием лишайников (8,9–9,5 вида). На стволах *Acer platanoides* и *Tilia cordata* отмечено высокое разнообразие лишайников (9,7–10,1). Для *Acer saccharinum* характерно максимальное видовое разнообразие лишайников, произрастающих на 1 стволе — 10,8 вида.

При анализе встречаемости видов лишайников на деревьях было установлено, что 9 видов являются «сквозными» (встречаемость более 70%): *Parmelia sulcata* Tayl., *Phaeophyscia nigricans* (Floerke) Moberg, *P. orbicularis* (Neck.) Moberg, *Physcia adscendens* (Fr.) H. Olivier, *P. dubia* (Hoffm.) Lettau, *P. stellaris* (Ach.) Nyl., *P. tenella* Bitter., *Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr., *X. polycarpa* (Hoffm.) Rieber. 31 вид лишайников — редкие или единичные (встречаемость менее 10%): *Anaptychia ciliaris* Koerb., *Candelaria concolor* (Dicks.) Stein., *Cladonia carneola* (Fr.) Fr., *C. chlorophaea* (Floerke ex Sommerf.) Spreng., *C. coniocraea* (Floerke) Spreng., *C. fimbriata* (L.) Fr., *Evernia mesomorpha* Nyl., *Flavoparmelia caperata* (L.) Hale, *Hypocenomyce scalaris* (Ach.) M. Choisy, *H. tubulosa* (Schaer.) Hav., *Melanelixia fuliginosa* (Fr. ex Duby) O. Blanco et al., *M. glabra* (Schaer.) O. Blanco et al., *M. subargentifera* (Nyl.) O. Blanco et al., *Melanohalea exasperata* (De Not.) O. Blanco et al., *M. olivacea* (L.) O. Blanco et al., *Parmelina tiliacea* (Hoffm.) Hale, *Phaeophyscia ciliata* (Hoffm.) Moberg, *Physcia aipolia* (Ehrh.) Hampe., *Physconia detersa* (Nyl.) Poelt, *P. grisea* (Lam.) Poelt, *Pleurosticta acetabulum* (Neck.) Elix et Lumbsch, *Pseudevernia furfuracea* (L.) Zopf., *Ramalina farinacea* (L.) Ach., *R. fraxinea* (L.) Ach., *R. pollinaria* (Westr.) Ach., *Tuckermannopsis chlorophylla* (Willd.) Hale, *T. sepincola* (Ehrh.) Hale., *Usnea hirta* (L.) Wigg., *Vulpicida pinastri* (Scop.) J.-E. Mattsson et M. J. Lai, *Xanthoria fallax* (Hepp) Arnold, *X. candelaria* (L.) Th. Fr.

Встречаемость от 10 до 70% отмечена для 7 видов: *Evernia prunastri* (L.) Ach., *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl., *Melanelixia subaurifera* (Nyl.) O. Blanco et al., *Melanohalea exasperatula* (Nyl.) O. Blanco et al.,

**Встречаемость (в %) 7 видов лишайников
на исследуемых древесных видах**

Виды лишайников \ Виды деревьев	Виды деревьев										
	<i>Acer negundo</i>	<i>Populus balsamifera</i>	<i>Populus nigra</i>	<i>Fraxinus excelsior</i>	<i>Acer platanoides</i>	<i>Aesculus hippocastanum</i>	<i>Quercus robur</i>	<i>Tilia cordata</i>	<i>Acer saccharinum</i>	<i>Betula pendula</i>	<i>Betula pubescens</i>
<i>Evernia prunastri</i>	0	6	0	13	19	18	25	22	32	20	22
<i>Hypogymnia physodes</i>	0	2	0	8	15	15	18	17	28	33	33
<i>Melanohalea exasperatula</i>	0	2	6	27	21	19	21	19	13	11	18
<i>Melanelixia subaurifera</i>	0	0	0	6	9	12	9	12	15	6	7
<i>Physcia caesia</i>	0	8	0	6	8	14	5	8	4	12	13
<i>Physconia entheroxantha</i>	67	31	29	27	23	20	21	17	6	12	7
<i>Physconia distorta</i>	33	50	65	13	5	2	2	5	2	5	0

Physcia caesia (Hoffm.) Furnr., *Physconia distorta* (With.) J. R. Laundon и *Physconia entheroxantha* (Nyl.) Poelt. Они были выбраны для анализа качественных отличий видового состава лишайников различных видов деревьев (Braun-Blanquet, 1964).

Для каждого вида дерева рассчитали встречаемость каждого вида лишайников (суммарная встречаемость всех анализируемых видов лишайников на 1 виде дерева была принята за 100%). Результаты представлены в табл. 1. Полученные ранговые ряды встречаемости лишайников подвергали корреляционному анализу.

Установлено, что видовой состав лишайников различных видов деревьев достоверно отличается (табл. 2). *Acer negundo*, *Populus balsamifera* и *P. nigra* образуют группу форофитов, для которых наиболее характерными видами лишайников являются *Physconia distorta* и *P. entheroxantha*. Другую группу деревьев составляют *Acer saccharinum*, *Betula pendula* и *B. pubescens*, для которых доминирующими видами из рассматриваемой группы являются *Evernia prunastri*, *Hypogymnia physodes* и *Melanohalea exasperatula*.

Промежуточная группа деревьев: *Acer platanoides*, *Aesculus hippocastanum*, *Quercus robur* и *Tilia cordata* — является одинаково привлекательным субстратом для всех видов лишайников. *Fraxinus excelsior* по видовому составу лишайников сходен только с *Acer platanoides*.

Коэффициенты корреляции (r) видового состава лишайников древесных видов

	<i>Acer negundo</i>	<i>Populus balsamifera</i>	<i>Populus nigra</i>	<i>Fraxinus excelsior</i>	<i>Acer platanoides</i>	<i>Aesculus hippocastanum</i>	<i>Quercus robur</i>	<i>Tilia cordata</i>	<i>Acer saccharinum</i>	<i>Betula pendula</i>	<i>Betula pubescens</i>
<i>Acer negundo</i>	–	0.78	0.69	–0.56	0.23	–0.18	0.02	–0.14	–0.51	–0.29	–0.55
<i>Populus balsamifera</i>	0.78	–	0.97	0.27	–0.25	–0.57	–0.40	–0.53	–0.60	–0.43	–0.68
<i>Populus nigra</i>	0.69	0.97	–	0.28	–0.29	–0.65	–0.43	–0.54	–0.59	–0.47	–0.68
<i>Fraxinus excelsior</i>	–0.56	0.27	0.28	–	0.77	0.47	0.56	0.44	–0.19	–0.19	–0.13
<i>Acer platanoides</i>	0.23	–0.25	–0.29	0.77	–	0.87	0.95	0.88	0.38	0.33	0.42
<i>Aesculus hippocastanum</i>	–0.18	–0.57	–0.65	0.47	0.87	–	0.85	0.82	0.39	0.41	0.54
<i>Quercus robur</i>	0.02	–0.40	–0.43	0.56	0.95	0.85	–	0.98	0.65	0.50	0.60
<i>Tilia cordata</i>	–0.14	–0.53	–0.54	0.44	0.88	0.82	0.98	–	0.75	0.54	0.67
<i>Acer saccharinum</i>	–0.51	–0.60	–0.59	–0.19	0.38	0.39	0.65	0.75	–	0.75	0.81
<i>Betula pendula</i>	–0.29	–0.43	–0.47	–0.19	0.33	0.41	0.50	0.54	0.75	–	0.92
<i>Betula pubescens</i>	–0.55	–0.68	–0.68	–0.13	0.42	0.54	0.60	0.67	0.81	0.92	–

Примечание. Серым цветом выделены значения коэффициентов корреляции с уровнем значимости $p < 0.05$.

Выявленные группы встречаемости лишайников на определенных древесных видах совпали с аналогичными группировками деревьев по показателю кислотности корки (Skye, 1968; Бязров, 2002).

Для значений pH корки выбранных 11 видов форофитов были получены преимущественно нормальные распределения. Это свидетельствует о гомогенности среды произрастания как форофитов, так и лишайников. Средние значения кислотности корки составили (в скобках приведены минимальные и максимальные значения): для *Acer negundo* — 7.17 (6.68–8.09), *Populus balsamifera* — 6.66 (5.51–7.91), *P. nigra* — 6.63 (5.36–7.47), *A. platanoides* — 6.12 (5.47–6.78), *Fraxinus excelsior* — 5.77 (5.24–6.46), *Tilia cordata* — 5.53 (4.84–6.43), *Aesculus hippocastanum* — 4.95 (4.35–5.96), *Betula pubescens* — 4.89 (4.27–5.93), *B. pendula* — 4.88 (4.33–5.88), *Quercus robur* — 4.79 (4.13–5.24), *Acer saccharinum* — 4.74 (4.21–5.32). Поскольку значения pH корки с южной и северной сторон ствола дерева достоверно не отличались, их анализировали как единую выборку.

Полученные нами значения pH корки деревьев существенно отличаются от приводимых в литературе (табл. 3). Следует отметить, что в Западной Европе в 1950–1960-е гг. отмечали сильное закисление осадков в связи с бурным развитием промышленности. Наличие кислотных дождей отмечает и Skye (1968: 105–107) для Швеции. По-

Таблица 3

Кислотность корки некоторых видов деревьев

Вид дерева	pH корки			
	Гомель, 2008 г.	Стокгольм, конец 1950-х – начало 1960-х гг. (по: Skye, 1968)		Подмосковье, 1970 г. (по: Коротков и др., 1973)
		загрязненные территории	близкие к естественным	
<i>Populus sp.*</i>	5.51–7.91	–	–	3.55
<i>Fraxinus excelsior</i>	5.24–6.46	2.8–4.8	5.3–6.0	–
<i>Acer platanoides</i>	5.47–6.87	2.8–4.5	5.0–5.8	–
<i>Tilia cordata</i>	4.84–6.43	2.4–3.3	4.1–4.6	3.20–3.50
<i>Quercus robur</i>	4.13–5.24	2.4–3.3	3.7–4.5	–
<i>Betula sp.**</i>	4.27–5.93	2.6–4.2	3.3–4.5	2.80–3.75

Примечание. * — Для Гомеля приводятся значения pH корки *Populus balsamifera*, для Подмосковья *P. tremula*; ** — для Гомеля приводятся значения pH корки *Betula pubescens*, для Стокгольма *B. verrucosa*, для Подмосковья вид не указан.

Таблица 4

Сравнение корки древесных видов по показателю кислотности (результаты дисперсионного анализа)

	<i>Acer negundo</i>	<i>Populus balsamifera</i>	<i>Populus nigra</i>	<i>Acer platanoides</i>	<i>Fraxinus excelsior</i>	<i>Tilia cordata</i>	<i>Aesculus hippocastanum</i>	<i>Betula pubescens</i>	<i>Betula pendula</i>	<i>Quercus robur</i>	<i>Acer saccharinum</i>
<i>Acer negundo</i>	–	16.06	22.92	193.66	305.1	303.16	744.5	550.3	577.5	937.7	1075
<i>Populus balsamifera</i>	16.06	–	0.03	18.56	48.44	67.73	177.5	162.2	167.0	219.6	240.5
<i>Populus nigra</i>	22.92	0.03	–	22.56	59.89	81.50	224.4	196.6	203.3	281.4	311.9
<i>Acer platanoides</i>	193.7	18.56	22.56	–	21.85	42.96	235.5	175.2	185.3	337.2	406.2
<i>Fraxinus excelsior</i>	305.1	48.44	59.89	21.85	–	6.40	102.7	82.60	87.70	160.2	195.7
<i>Tilia cordata</i>	303.2	67.73	81.50	42.96	6.40	–	38.03	35.11	37.22	65.59	80.60
<i>Aesculus hippocastanum</i>	744.5	177.5	224.3	235.5	102.7	38.03	–	0.37	0.49	4.00	7.91
<i>Betula pubescens</i>	550.4	162.2	196.6	175.2	82.60	35.11	0.37	–	0.01	1.07	2.74
<i>Betula pendula</i>	577.5	167.0	203.3	185.3	87.70	37.22	0.49	0.01	–	0.94	2.56
<i>Quercus robur</i>	937.7	219.6	281.4	337.2	160.2	65.59	4.00	1.07	0.94	–	0.58
<i>Acer saccharinum</i>	1075	240.5	311.9	406.2	195.7	80.60	7.91	2.74	2.56	0.58	–

Примечание. Указаны значения критерия Фишера (F); серым цветом выделены значения с уровнем значимости $p < 0.05$.

видимому, в зависимости от региона и времени исследования значения кислотности корки одних и тех же видов форофитов сильно отличаются.

Методом однофакторного дисперсионного анализа выделены группы видов деревьев, отличающиеся по значениям рН корки: *Populus balsamifera* и *P. nigra*; *Aesculus hippocastanum*, *Betula pubescens*, *B. pendula*, *Quercus robur* и *Acer saccharinum*. *Acer negundo*, *Fraxinus excelsior*, *Acer platanoides* и *Tilia cordata* имеют значения рН корки, отличные от других видов деревьев (табл. 4). Статистически идентичные значения кислотности корки были отмечены для *Populus balsamifera* и *P. nigra*, а также для *Betula pubescens* и *B. pendula*.

Методом однофакторного дисперсионного анализа выделены группы видов деревьев, отличающиеся по значениям рН корки (табл. 4). Статистически идентичные значения кислотности корки были отмечены для *Populus balsamifera* и *P. nigra*, которые составляют первую группу. Вторая группа: *Aesculus hippocastanum*, *Betula pubescens*, *B. pendula* (значения рН корки двух видов берез также статистически идентичны), *Quercus robur* и *Acer saccharinum*. Виды *Acer negundo*, *Fraxinus excelsior*, *Acer platanoides* и *Tilia cordata* имеют значения рН корки, отличные от видов двух выделенных групп.

Из данных табл. 2 и 4 следует, что по признакам значений рН корки и встречаемости определенных видов лишайников выделенные группы видов деревьев в основном совпадают (табл. 5). Можно предположить, что встречаемость лишайников связана с кислотностью корки форофитов. На рис. 2 приведены регрессионные зависимости для *Hypogymnia physodes* ($y = -7.76x + 52.94$; $r = -0.78$; $p < 0.01$) и *Physconia distorta* ($y = 9.38x - 43.89$; $r = 0.81$; $p < 0.01$).

Изменение рН корки форофитов является результатом изменения кислотности окружающей среды (из-за изменения структуры и объемов промышленных выбросов). Это хорошо показано в серии работ Т. Н. Отнюковой и О. П. Секретенко (Отнюкова, 2007; Отнюкова, Секретенко, 2008; Отнюкова, Секретенко, 2008) по лишайникам лесных массивов Алтае-Саянской провинции. Дальние переносы загрязняющих веществ способны изменять кислотность корки деревьев в лесах. Можно ожидать, что для деревьев, произрастающих в городских условиях, процесс изменения рН корки под воздействием атмосферных поллютантов выражен намного сильнее.

По-видимому, изменение видового состава лишайников на конкретном виде форофита является показателем изменения (увеличения

Таблица 5

Приуроченность разных видов лишайников к деревьям с разными значениями рН корки на территории г. Гомеля

Вид дерева	Среднее значение рН корки дерева	Основные виды лишайников
<i>Acer negundo</i>	7.17	<i>Physconia distorta</i> <i>Physconia enteroxantha</i>
<i>Populus balsamifera</i>	6.66	
<i>Populus nigra</i>	6.63	
<i>Acer platanoides</i>	6.12	<i>Evernia prunastri</i> <i>Hypogymnia physodes</i> <i>Melanelixia subaurifera</i> <i>Melanohalea exasperatula</i>
<i>Fraxinus excelsior</i>	5.77	
<i>Tilia cordata</i>	5.53	
<i>Aesculus hippocastanum</i>	4.95	
<i>Betula pubescens</i>	4.89	<i>Physcia caesia</i> <i>Physconia distorta</i> <i>Physconia enteroxantha</i>
<i>Betula pendula</i>	4.88	
<i>Quercus robur</i>	4.79	
<i>Acer saccharinum</i>	4.74	

или уменьшения) значений рН корки в пределах изучаемой территории. Эта гипотеза косвенно подтверждается сведениями шведских исследователей (Skye, 1968), где отмечается, что *Hypogymnia physodes* часто встречается на представителях рода *Populus*. Для Гомеля установлено, что *H. physodes* встречается на *Populus* sp. в единичных случаях. Skye также отмечает, что *Xanthoria parietina* не встречается на *Quercus robur*, а *Betula* sp. вообще лишены лишайникового покрова. Для Гомеля же установлено, что *X. parietina*, доминант лишайникового покрова *Populus* sp., произрастает на *Quercus robur* в 81.3% случаев.

Таким образом, видовой состав лишайников различных видов деревьев достоверно отличается и зависит от значений кислотности корки. Для г. Гомеля отмечена субстратная приуроченность *Evernia prunastri*, *Hypogymnia physodes*, *Melanelixia subaurifera*, *Melanohalea exasperatula*, *Physcia caesia*, *Physconia distorta* и *Physconia entheroxantha*.

Авторы выражают глубокую благодарность доктору биологических наук, профессору Ю. М. Жученко за неоценимую консультативную поддержку при статистической обработке результатов.

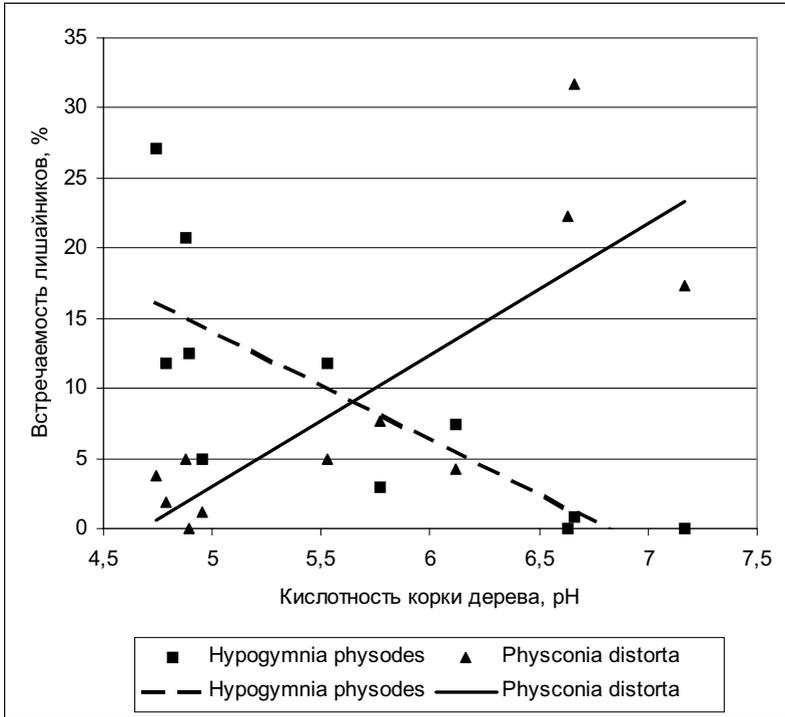


Рис. 2. Зависимость встречаемости видов лишайников на стволах деревьев от значений кислотности корки.

Литература

Антипов В. Г., Гуняженко И. В. Определитель древесных растений: Справочное пособие. Минск, 1994. 486 с. — Бязров Л. Г. Лишайники в экологическом мониторинге. М., 2002. 336 с. — Гомель: Энциклопедический справочник. Минск, 1990. 527 с. — Горбач Н. В. Лишайники Белоруссии. Определитель. Минск, 1973. 368 с. — Коротков К. О., Солдатенкова Ю. П., Шахов Ю. А. О приуроченности *Hypogymnia physodes* к древесным породам и о ее фитомассе в разных типах леса // Вестн. МГУ. 1973. № 1. С. 55–59. — Лакин Г. Ф. Биометрия. М., 1990. 244 с. — Мартин Л. Н., Нильсон Э. М. Распространение эпифитных лишайников в городе Кохтла-Ярве // Человек, растительность, почва. Тарту, 1983. С. 62–80. — Нильсон Э. М., Мартин Л. Н. Эпифитные лишайники в условиях кислого и щелочного загрязнения // Взаимодействие лесных экосистем и атмосферных загрязнителей. Ч. 2. Таллин, 1982. С. 88–100. — Оп-

ределитель лишайников СССР. Вып. 1. Л., 1971. 412 с.; Вып. 5. Л., 1978. 304 с. — Определитель лишайников России / Под ред. Н. С. Голубковой. Вып. 6. СПб., 1996. 203 с.; Вып. 9. СПб., 2004. 339 с. — Отнюкова Т. Н., Секретенко О. П. Лишайники на ветвах пихты сибирской (*Abies sibirica* Ledeb.) как индикаторы атмосферного загрязнения в лесах // Изв. РАН. Сер. биол. 2008. № 4. С. 479–490. — Поташева М. А. Эпифитные лишайники в зоне воздействия выбросов Костомукшского ГОКА // Растительный мир Карелии и проблемы его охраны. Петрозаводск, 1993. С. 169–177. — Степанова В. И., Тарасова В. Н., Горшков В. В. Кислотность корки *Picea abies* (L.) Karst. как показатель степени увлажнения субстрата эпифитных лишайников в еловых лесах Южной Карелии // Материалы 1-й Рос. лихенол. шк. и междунар. симп. молодых лихенологов. Петрозаводск, 2001. С. 192–207. — Храменкова О. М., Будов А. М. К вопросу о содержании SO_2 , NO и NO_2 в воздухе г. Гомеля // Проблемы экологии Белорусского Полесья. Гомель, 2001. С. 174–185. — Храменкова О. М., Будов А. М. Кислотность и анионный состав атмосферных осадков в г. Гомеле // Изв. Гомельского гос. ун-та им. Ф. Скорины. 2002. № 4. С. 3–11. — Храменкова О. М., Будов А. М. Содержание анионов в снежном покрове Гомельской городской агломерации в 2001–2003 гг. // Изв. Гомельского гос. ун-та им. Ф. Скорины. 2003. № 5. С. 67–76. — Barkman J. J. Phytosociology and ecology of cryptogamic epiphytes. Assen, 1958. 628 p. — Braun-Blanquet J. Pflanzensociologie. Wien; New York, 1964. 865 S. — Brodo I. M. A study of lichen ecology in central Long Island, New York // Amer. Midl. Naturalist. 1961. Vol. 65, N 2. P. 290–310. — Du Rietz G. E. Om fattigbark — och rikbarsamhällen // Svensk Bot. Tidskr. 1945. Vol. 39, N 1. P. 147–150. — Esslinger T. L. A cumulative checklist for the lichen-forming, lichenicolous and allied fungi of the continental United States and Canada (Electronic source). 2006. Mode of access: <http://www.ndsu.nodak.edu/instruct/esslinge/chcklst7.htm> (05.11.2006). — Fałtynowicz W. The lichens of Western Pomerania (NW Poland) an ecogeographical study // Polish Bot. Stud. 1992. Vol. 4. P. 1–182. — Gilbert O. L. Studies along the edge of a lichen desert // Lichenologist. 1971. Vol. 5, N 1/2. P. 11–17. — Hale M. E. A monograph of the lichen genus *Parmelia* Acharius sensu stricto (Ascomycotina: Parmeliaceae) // Smithsonian Contrib. Bot. 1987. N 66. P. 1–55. — LeBlanc F., Rao D. N. Réaction de quelques lichens et mousses épiphytiques a l'anhydride sulfureux dans la région de Sudbury, Ontario // Bryologist. 1966. Vol. 69, N 3. P. 338–346. — Lerond M. Les lichens epiphytes du Parc naturel régional de Brotonne. Intérêt pratique pour la mise en évidence des zones de pollution atmosphérique // Rev. Soc. Savantes Haute Normandie. 1975. N 78. P. 5–32. — Moberg R., Holmesen I. Lavar. En fälthandbok. Stockholm, 1982. 240 s. — Nash T. H. Sensitivity of lichens to sulfur dioxide // Bryologist. 1973. Vol. 76, N 3. P. 333–339. — Nylander W. Les lichens du jardin du Luxembourg // Bull. Soc. Bot. France. 1866. Vol. 13, N 1. P. 1–19. — Отнюкова Т.

Epiphytic lichen growth abnormalities and element concentrations as early indicators of forest decline // *Environmental pollution*. 2007. Vol. 146. P. 359–365. — O t n y u k o v a T. N., S e k r e t e n k o O. P. Spatial distribution of lichens on twigs in remote Siberian silver fir forests indicates changing atmospheric conditions // *Lichenologist*. 2008. Vol. 40. P. 243–256. — P i š ú t I. Einflüsse der Magnesiumimmissionen im Bereich zweier Magnesitwerke (Süd-ostslowakei) auf die epiphytische Flechtenflora // *Preslia*. 1974. Bd 46, N 3. S. 259–263. — R a o D. N., L e B l a n c F. Influence of an iron-sintering plant on corticolous epiphytes in Wawa, Ontario // *Bryologist*. 1967. Vol. 70, N 2. P. 141–157. — S c o t t M. G., H u t c h i n s o n g T. C., F e t h M. J. A comparison of the effects on Canadian boreal forest lichens of nitric and sulphuric acids as sources of rain acidity // *New Phytol.* 1989. Vol. 111, N 4. P. 663–671. — S k y e E. Lichens and air pollution. A study of cryptogamic epiphytes and environment in the Stockholm region // *Acta Phytogeogr. Suecica*. 1968. Vol. 52. P. 1–123.