

Особенности распространения эпифитной лишайнобиоты в условиях города

© 2021. Г. В. Кондакова, к. б. н., доцент,

Д. А. Ступин, магистр,

Ярославский государственный университет имени П. Г. Демидова,

150000, Россия, г. Ярославль, ул. Советская, д. 14,

e-mail: gvkondakova@mail.ru

Представлены данные по влиянию кислотности корки тополя (*Populus* sp.) и липы сердцевидной (*Tilia cordata* Mill.) на биоразнообразие и распространение эпифитных лишайников в черте г. Ярославля и его окрестностях. На тополях выявлено 26 видов лишайников из 14 родов и 7 семейств, на липах – 28 видов из 15 родов и 8 семейств. Преобладающие семейства Physciaceae, Lecanoraceae, Parmeliaceae. Наиболее распространёнными на тополях являлись *Phaeophyscia orbicularis* и *Xanthoria parietina*, на липах – *Parmelia sulcata*, *Hypogymnia physodes*, *Lecanora symmicta*. Анализ флористической общности показал низкое сходство видового состава лишайников в городских и фоновых условиях на обеих породах, что можно связать с изменением кислотности корки форофитов при загрязнении воздушной среды. Кислотность корки *Populus* sp. изменялась от 5,50 до 9,67 ед., *T. cordata* – от 4,11 до 6,55 в зависимости от условий обитания. В широком диапазоне pH субстрата встречались *Phaeophyscia orbicularis*, *Physcia aipolia*, *P. stellaris*, *X. parietina*. При подщелачивании субстрата происходило статистически достоверное уменьшение видового разнообразия лишайнобиоты за счёт исчезновения видов, предпочитающих низкие значения pH. Эти виды могут быть использованы в качестве индикаторных для выявления территорий, загрязнённых поллютантами щелочной природы.

Ключевые слова: эпифитные лишайники, форофит, кислотность корки, загрязнение воздушной среды, лишайноиндикация.

Features of the distribution of epiphytic lichens in the urban conditions

© 2021. G. V. Kondakova ^{ORCID: 0000-0002-2739-0980}

D. A. Stupin ^{ORCID: 0000-0002-2735-1877}

Demidov Yaroslavl' State University,

14, Sovetskaya St., Yaroslavl, Russia, 150000,

e-mail: gvkondakova@mail.ru

The present study investigates the effect of the acidity of poplar (*Populus* sp.) and linden (*Tilia cordata* Mill.) bark on the diversity and distribution of epiphytic lichens in the city of Yaroslavl and its surroundings. According to the obtained data, on *Populus* sp. 26 species from 14 genera and 7 families were identified; on *T. cordata*, 28 species from 15 genera and 8 families were revealed. The predominant families are Physciaceae, Lecanoraceae, Parmeliaceae. The most common species on *Populus* sp. were species resistant to pollution, such as *Phaeophyscia orbicularis* and *Xanthoria parietina*. *Parmelia sulcata*, *Hypogymnia physodes*, *Lecanora symmicta* were more common on *T. cordata*. The floristic commonality (K) of the species composition of lichens in urban and background conditions turned out to be low for both wood species (0.37 for poplar and 0.18 for linden). This can be attributed to the acidity change of the bark of forophytes under air pollution. The acidity of *Populus* sp. bark varied from 5.50 to 9.67, in case of *T. cordata* bark – from 4.11 to 6.55 depending on living conditions. *Phaeophyscia orbicularis*, *Physcia aipolia*, *P. stellaris*, *X. parietina* were found in a wide range of pH. With a pH change of the substrate to an alkaline state, a statistically significant decrease in the number of lichen species was noted for both wood species. The lichen species with low pH preferences disappeared. The data suggest that these species can be used as indicators of air pollution in cities with high levels of alkaline contamination.

Keywords: epiphytic lichens, forophyte, bark acidity, air pollution, lichen-indication.

Город Ярославль является крупным промышленным и транспортным центром, в связи с чем характеризуется высокой техногенной нагрузкой на окружающую среду [4]. Основными источниками загрязнения атмосферы являются выбросы предприятий топливной, химической, нефтехимической промышленности, энергетики, машиностроения, а также автотранспорта, количество которого в городе постоянно увеличивается. Поллютанты, поступающие в воздушную среду, воздействуют на лишайники как непосредственно, вызывая изменение их биохимических и физиологических характеристик, так и опосредованно, через изменение кислотно-щелочных свойств корки форофитов [2–8]. Происходящие в результате этого изменения качественных и количественных показателей эпифитной лишайнобиоты можно использовать при лишайноиндикации городской среды.

Целью данной работы было изучить распространение эпифитных лишайников в черте г. Ярославля и его окрестностях и выявить особенности их распределения по древесным породам в зависимости от кислотно-щелочных свойств корки субстрата.

Объекты и методы исследования

Изучали эпифитные лишайники на двух породах деревьев, преобладающих в составе зелёных насаждений города: на тополе (*Populus* sp.) и липе сердцевидной (*Tilia cordata* Mill.). Материал отбирали в 2014–2017 гг. на участках, отличающихся по степени антропогенного воздействия: 1 группа – участки, располо-

женные вдоль четырёхполосных автотрасс; 2 – участки, отделённые от автотрасс многоэтажной жилой застройкой и расположенные внутри жилых кварталов (зелёные зоны); 3 – участки, находящиеся в лесопарках и вдали от города (фон). Всего было обследовано 15 участков. На каждом участке учитывали по 10 деревьев, не имеющих каких-либо внешних признаков повреждений. На каждом дереве закладывали пробные площадки размером 10 × 10 см на основании стволов и высоте 1,2–1,5 м со стороны максимального развития лишайникового покрова. Частоту встречаемости рассчитывали как долю площадок, на которых встретился вид, от общего числа исследованных площадок. Отбор проб и определение pH корки форофитов проводили по [9]. Для оценки флористической общности лишайнобиоты использовали коэффициент Жакара (K_j) [10]. Названия видов лишайников приведены согласно [11]. Значения частоты встречаемости указаны по [12]: I – единично, II – редко (2–20%), III – обычно (21–60%), IV – часто (> 61%). Статистическую обработку результатов проводили с использованием пакетов программ Microsoft Excel и Statistica 7.0.

Результаты и обсуждение

На тополях было выявлено 26 видов лишайников из 14 родов и 7 семейств, на липах – 28 видов из 15 родов и 8 семейств. На обеих породах преобладали семейства Physciaceae, Lecanoraceae, Parmeliaceae (рис. 1, 2).

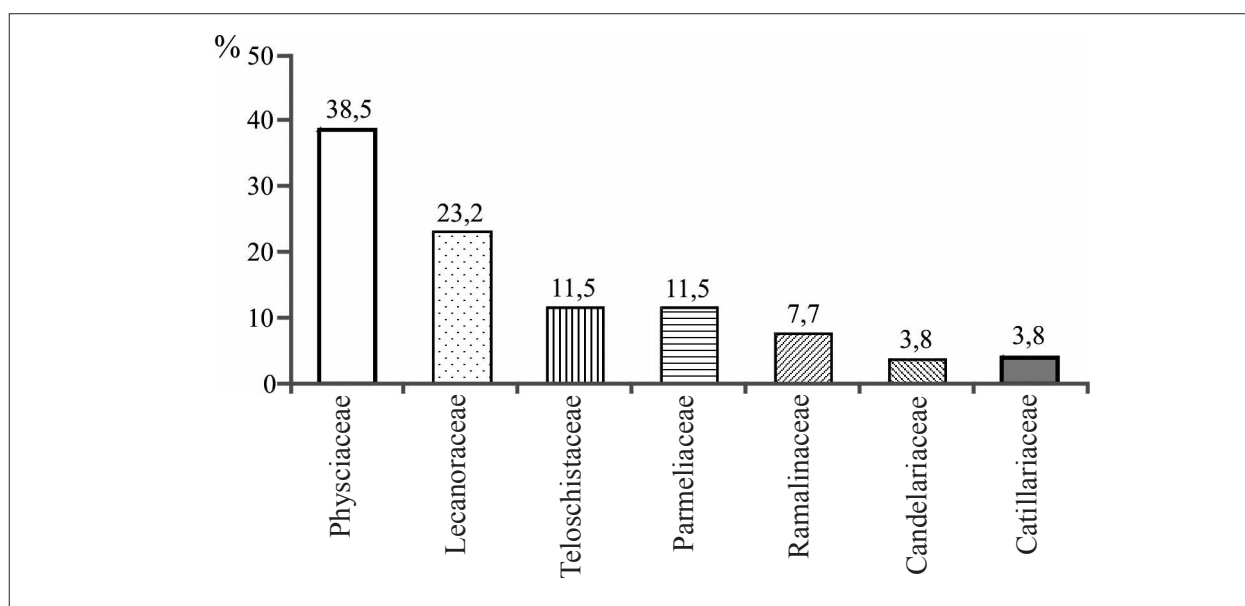


Рис. 1. Семейственный спектр лишайников, выявленных на *Populus* sp.
Fig. 1. Lichen families identified on *Populus* sp.

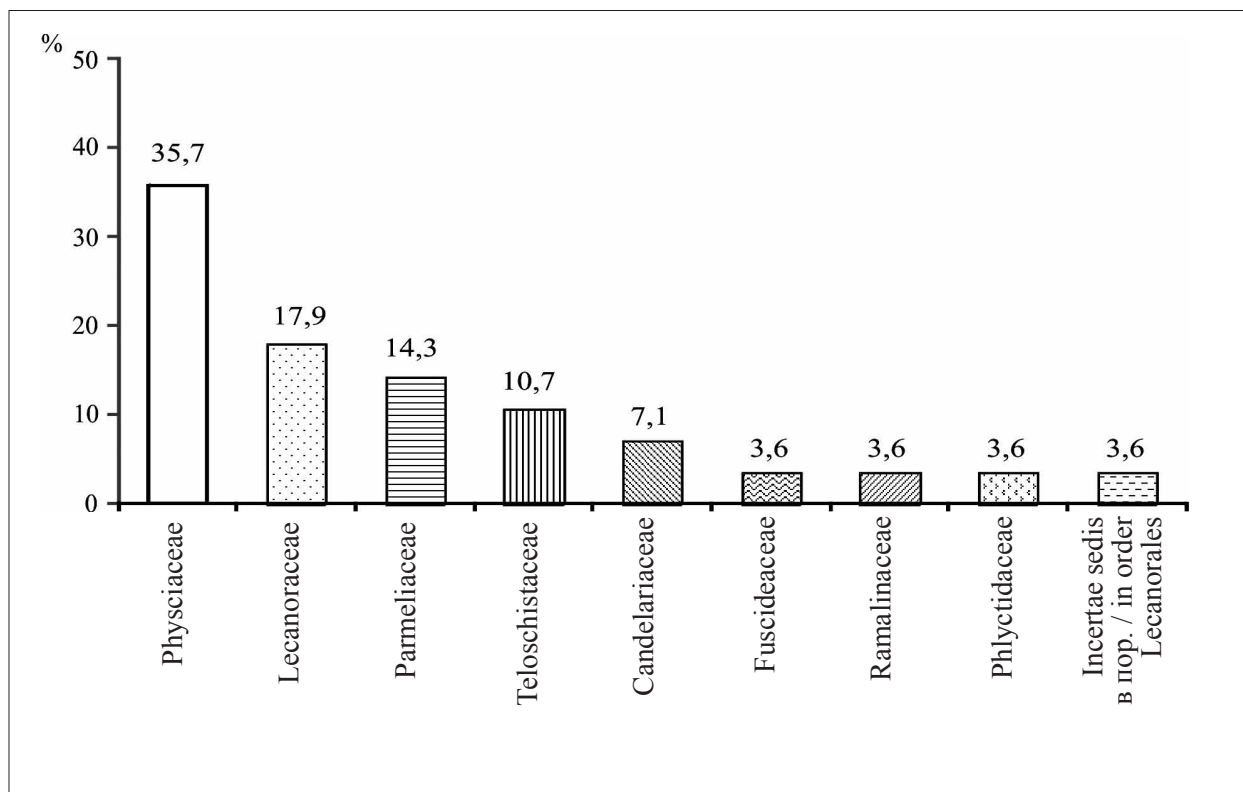


Рис. 2. Семейственный спектр лишайников, выявленных на *Tilia cordata*
 Fig. 2. Lichen families identified on *Tilia cordata*

Наибольшее видовое разнообразие лишайнобиоты отмечено в фоновых участках: на тополях 22 вида, на липах – 14. Вдоль автотрасс и в зелёных зонах жилых кварталов число видов уменьшалось в 2 и более раза. Список видов и частота встречаемости представлены в таблице 1.

Анализ флористической общности лишайнобиоты показал низкое сходство видового состава лишайников в городских и фоновых условиях на обеих породах (для тополя $K_j = 0,37$, для липы – 0,18). На всех участках, независимо от их расположения, были встречены *Phaeophyscia orbicularis* и *Xanthoria parietina*, которые считаются достаточно устойчивыми к загрязнению воздушной среды [4]. При сравнении видового разнообразия двух пород отмечено, что такие виды, как *Lecanora allophana*, *Physcia adscendens*, *P. aipolia*, *P. stellaris*, *Physconia distorta* были обычными на тополях, однако на липах встречались единично, редко, либо отсутствовали. На липах чаще, чем на тополях, встречались *Hypogymnia physodes*, *Lecanora symmicta*, *Parmelia sulcata*. Коэффициент флористической общности двух пород составил $K_j = 0,42$.

При исследовании кислотно-щелочных свойств корки форофитов нами было уста-

новлено, что у тополя на городских участках рН корки составлял 6,01–9,67, а в фоновых условиях 5,50–6,29; у липы – от 4,14 до 6,55 ед. с наиболее высокими значениями на участках, прилегающих к источникам загрязнения. Кислотность корки носит преимущественно видоспецифичный характер, однако может изменяться под влиянием различного рода факторов [2–7]. На примере тополя была проанализирована зависимость рН корки от возраста дерева (диаметра). Для зелёных зон установлено увеличение рН с возрастом (рис. 3; $r = 0,58$), для участков вдоль автотрасс такая зависимость оказалась слабой (рис. 4; $r = 0,32$).

В фоновых условиях изменение кислотности корки тополя происходит в большей степени под влиянием естественных факторов, а при загрязнении воздушной среды наибольший вклад в этот процесс вносит присутствие в воздухе различного рода поллютантов.

Анализируя видовой состав лишайников обеих пород можно отметить, что на тополях в городских условиях чаще встречались виды, способные развиваться в широком диапазоне кислотности субстрата, либо виды-нитрофиты, приуроченные к эвтрофицированному субстрату. На липах присутствовали виды, предпочитающие кислый

Таблица 1 / Table 1

Видовое разнообразие и экологическая характеристика эпифитных лишайников, произрастающих на *Populus* sp. и *Tilia cordata* в обследованных точках / Species diversity and ecological characterization of epiphytic lichens growing on *Populus* sp. and *Tilia cordata* at the studied points

Вид лишайника Lichen species	<i>Populus</i> sp.		<i>Tilia cordata</i>	
	диапазон рН pH range	встречаемость occurrence*	диапазон рН pH range	встречаемость occurrence*
<i>Athallia pyracea</i> (Ach.) Arup, Frödén et Søchting	5,50–9,03	II	4,14	I
<i>Caloplaca cerina</i> (Ehrh. ex Hedw.) Th. Fr.	5,50–6,29	II	–	–
<i>Candelariella efflorescens</i> R.C. Harris et W.R. Buck	–	–	4,14	I
<i>Candelariella vitellina</i> (Hoffm) Mull. Arg.	–	–	4,14	I
<i>Candelariella xanthostigma</i> (Ach.) Lettau	5,55–6,29	II	–	–
<i>Catillaria nigroclavata</i> (Nyl.) Schuler	5,85–6,29	II	–	–
<i>Fuscidea arboricola</i> Coppins et Tønsberg	–	–	4,71–4,75	II
<i>Hypogymnia physodes</i> (L.) Nyl.	6,01–7,65	II	4,49–4,75	III
<i>Lecania cyrtella</i> (Ach.) Th. Fr.	5,50–6,29	II	–	–
<i>Lecania fuscella</i> (Schaer.) A. Massal.	6,66	I	5,31	I
<i>Lecanora albellula</i> (Nyl.) Th. Fr.	–	–	4,71–5,57	III
<i>Lecanora allophana</i> Nyl.	5,50–9,20	III	–	–
<i>Lecanora cf. conizaeoides</i> Nyl. ex Cromb.	–	–	4,72	I
<i>Lecanora intumescens</i> (Rebent.) Rabenh.	–	–	4,49	I
<i>Lecanora leptyroides</i> (Nyl.) Degel.	5,61	I	4,49	I
<i>Lecanora populicola</i> (DC.) Duby	5,55–6,29	II	–	–
<i>Lecanora pulicaris</i> (Pers.) Ach.	5,79–6,28	II	–	–
<i>Lecanora symmicta</i> (Ach.) Ach.	5,50–8,12	II	4,49–4,75	III
<i>Lecidella euphorea</i> (Flörke) Hertel	5,50–6,29	II	–	–
<i>Melanohalea olivacea</i> (L.) O. Blanco et al.	5,79	I	4,49	I
<i>Melanohalea exasperata</i> (De Not.) O. Blanco et al.	–	–	4,14	I
<i>Parmelia sulcata</i> Taylor	5,55–8,19	III	4,11–5,57	IV
<i>Phaeophyscia ciliata</i> (Hoffm.) Moberg	5,55–5,61	II	6,55	I
<i>Phaeophyscia nigricans</i> (Flörke) Moberg	6,93–7,64	II	4,11–4,16	I
<i>Phaeophyscia orbicularis</i> (Neck.) Moberg	5,50–9,67	IV	4,11–5,57	III
<i>Phlyctis argena</i> (Spreng.) Flot.	–	–	4,11–4,52	III
<i>Physcia adscendens</i> (Fr.) H. Olivier	5,50–9,63	III	4,11–5,34	II
<i>Physcia aipolia</i> (Ehrh. ex Humb.) Fürnr.	5,55–9,63	III	–	–
<i>Physcia stellaris</i> (L.) Nyl.	5,61–9,62	III	4,11–4,16	II
<i>Physcia tenella</i> (Scop.) DC.	5,50–8,73	II	5,31–5,34	II
<i>Physcia tribacia</i> (Ach.) Nyl.	6,14–8,11	II	4,11–5,57	III
<i>Physconia detersa</i> (Nyl.) Poelt	5,5	I	–	–
<i>Physconia distorta</i> (With.) J.R. Laundon	5,55–9,63	III	4,49	I
<i>Physconia enteroxantha</i> (Nyl.) Poelt	–	–	4,11–4,52	III
<i>Rinodina pyrina</i> (Ach.) Arnold	–	–	4,11–4,16	I
<i>Scoliciosporum sarothamni</i> (Vain.) Vězda	–	–	4,71–4,75	II
<i>Xanthoria parietina</i> (L.) Th. Fr.	5,50–9,67	IV	5,31–6,55	III
<i>Xanthoria polycarpa</i> (Hoffm.) Th. Fr.	–	–	4,14	I

Примечание: * I – единично, II – редко (2–20%), III – обычно (21–60%), IV – часто (> 61%); прочерк означает отсутствие вида.

Note: * I – once, II – rarely (2–20%), III – usually (21–60%), IV – often (> 61%); a dash means absence of the species.

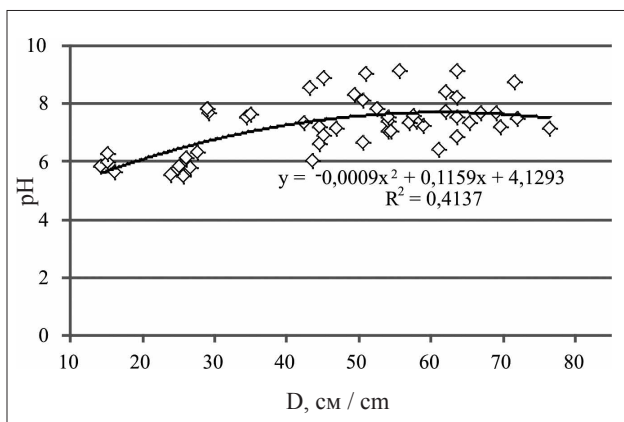


Рис. 3. Зависимость pH корки *Populus* sp. от диаметра ствола в зелёных зонах
Fig. 3. The dependence of pH of *Populus* sp. bark on the trunk diameter in green zones

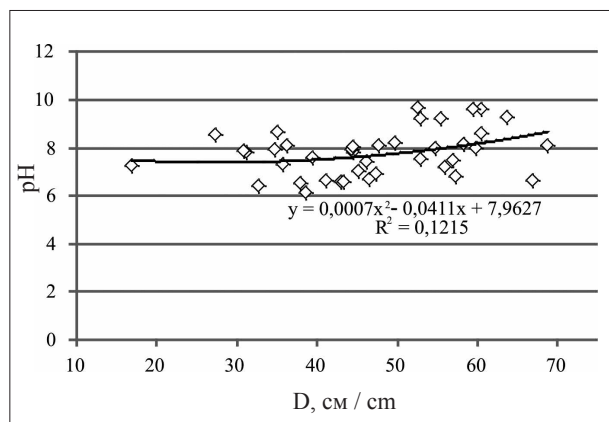


Рис. 4. Зависимость pH корки *Populus* sp. от диаметра ствола на участках вблизи автомобильных трасс
Fig. 4. The dependence of pH of *Populus* sp. bark on the trunk diameter in areas close to highways

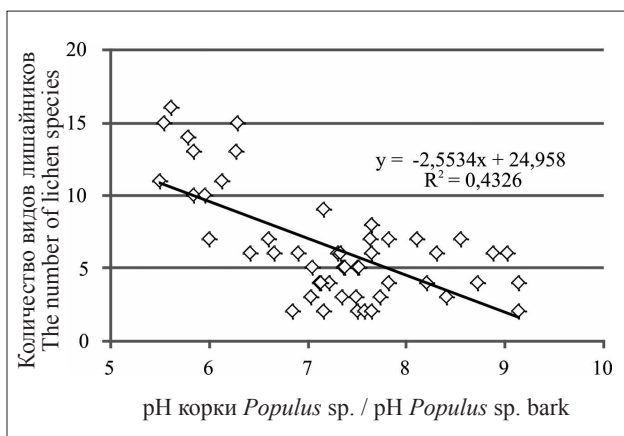


Рис. 5. Зависимость числа видов лишайников от pH корки *Populus* sp. в зелёных зонах
Fig. 5. The dependence of the lichen species number on pH of *Populus* sp. bark in green zones

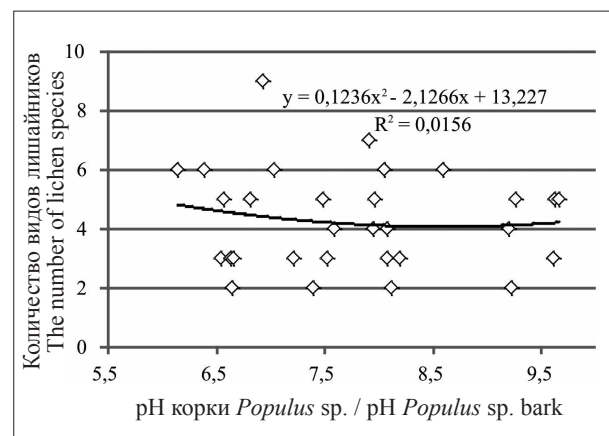


Рис. 6. Зависимость числа видов лишайников от pH корки *Populus* sp. на участках вблизи автомобильных трасс
Fig. 6. The dependence of the lichen species number on pH of *Populus* sp. bark in areas close to highways

и субнейтральный субстрат. При увеличении pH корки происходило статистически достоверное уменьшение видового разнообразия лишайников. Для лип коэффициент корреляции между количеством видов и кислотностью корки показал сильную обратную пропорциональную зависимость ($r = 0,95$). Для тополей умеренная отрицательная связь между этими показателями выявлена в зелёных зонах ($r = 0,66$; рис. 5), на участках вдоль автотрасс зависимость числа видов от pH корки не обнаружена ($r = 0,02$; рис. 6).

Защелачивание корки тополей в большей степени отмечено на участках, расположенных вдоль автотрасс. Здесь на тополях чаще встречались нитрофитные виды *Phaeophyscia orbicularis*, *Physcia adscendens*, *Physconia distorta* [13, 14] и в то же время уменьшалась встречаемость таких видов, как *Hypogymnia*

physodes, *Lecanora symmicta*, *Parmelia sulcata*, относимых к ацидофитам [15].

Заклучение

Установлено, что распространение лишайников на территории г. Ярославля и его окрестностях зависит от породы дерева и изменяется в зависимости от кислотности корки форофита. Наибольший диапазон pH корки отмечен для тополей. В фоновых условиях изменение кислотности корки тополей происходит в большей степени под влиянием естественных факторов, а при загрязнении воздуха – под влиянием различного рода поллютантов. На тополях чаще встречаются виды, способные развиваться в широком диапазоне кислотности субстрата, либо нитрофиты, на липах – виды, предпочитающие кислый и суб-

нейтральный субстрат. При повышении рН корки видовое разнообразие лишенобиоты снижается на обеих породах за счёт исчезновения ацидофитных видов. Полученные данные можно использовать в целях лишеноиндикации для выявления территорий, загрязнённых поллютантами щелочной природы.

References

1. State report "On the state of the sanitary-epidemiological well-being of the population in the Yaroslavl region in 2017". Yaroslavl: Upravlenie Rospotrebnadzora по Yaroslavskoy oblasti, 2018. 188 p. (in Russian).
2. Gilbert O. An alkaline dust effect on epiphytic lichens // *Lichenologist*. 1976. V. 8. No. 2. P. 173–178. doi: 10.1017/S0024282976000248
3. Otnyukova T.N., Sekretenko O.P. Spatial distribution of lichens on twigs in remote Siberian silver fir forests indicates changing atmospheric conditions // *Lichenologist*. 1999. V. 40. No. 3. P. 243–256. doi: 10.1017/S0024282908006828
4. Byazrov L.G. Lichens in the ecological monitoring. Moskva: Nauchnyy mir, 2002. 336 p. (in Russian).
5. Mežaka A., Brūmelis G., Piterans A. The distribution of epiphytic bryophyte and lichen species in relation to phorophyte characters in Latvian natural old-growth broad leaved forests // *Folia Cryptogamica Estonica*. 2008. V. 44. P. 89–99.
6. Öztürk S., Seyhan O., Üniversitesi U., Fakülesi F.-E., Biyoloji B. Investigations on the bark pH and epiphytic lichen diversity of *Quercus* taxa found in Marmara Region // *Journal of Applied Biological Sciences*. 2011. No. 5 (13). P. 27–33.
7. Insarov G.E., Moutchnik E.E., Insarova I.D. Epiphytic lichens under air pollution stress in Moscow: methodology for long-term monitoring // *Problemy ekologicheskogo monitoringa i modelirovaniya ekosistem*. Moskva: IGCE, 2010. V. 23. P. 276–295 (in Russian).
8. Farkhutdinov R.G., Saitova Z.R., Kuluev B.R., Grigoriadi A.S., Fedyaev V.V., Garipova M.I., Novoselova E.I., Yamaleeva A.A. Physiological, biochemical, and genetic parameters of the lichen *Physcia stellaris* Nyl. populations depending on the level of pollution // *Theoretical and Applied Ecology*. 2020. No. 1. P. 77–83 (in Russian). doi: 10.25750/1995-4301-2020-1-077-083
9. Irzhigitova D.M., Korchikov E.S. Some chemical characteristics of bark as a substrate for lichen's developing (Krasnosamarsky forest as an example) // *Vestnik SamGU. Estestvennonauchnaya seriya*. 2011. No. 5 (86). P. 144–152 (in Russian).
10. Schmidt V.M. Mathematical methods in botany. Leningrad: Izd-vo Leningradskogo universiteta, 1984. 228 p. (in Russian).
11. A checklist of the lichen flora of Russia / Comp. G.P. Urbanavichus. Sankt-Peterburg: Nauka, 2010. 194 p. (in Russian).
12. Malysheva N.V. Lichens of St. Petersburg. Sankt-Peterburg: Izdatelstvo Sankt-Peterburgskogo universiteta, 2003. 95 p. (in Russian).
13. Van Herk C.M. Bark pH and susceptibility to toxic air pollutants as independent causes of changes in epiphytic lichen composition in space and time // *Lichenologist*. 2001. V. 33. No. 5. P. 419–441. doi: 10.1006/lich.2001.0337
14. Wolseley P.A., James P.W., Theobald M.R., Sutton M.A. Detecting changes in epiphytic lichen communities at sites affected by atmospheric ammonia from agricultural sources // *Lichenologist*. 2006. V. 38. No. 2. P. 161–176. doi: 10.1017/S0024282905005487
15. Wolseley P.A., Pryor K.V. The potential of epiphytic twig communities on *Quercus petraea* in a Welsh woodland site (Tycanol) for evaluating environmental Changes // *Lichenologist*. 1999. V. 31. No. 1. P. 41–61. doi: 10.1006/lich.1998.0182