

**ЛИХЕНОБИОТА КАК ИНДИКАТОР СОСТОЯНИЯ ДУБРАВНЫХ
СООБЩЕСТВ В МОСКОВСКОМ РЕГИОНЕ***Е.Э. Мучник*

Институт лесоведения РАН
Россия, 143030, Московская область, Одинцовский район,
с. Успенское, ул. Советская, 21; eugenia@lichenfield.com

Резюме. В результате обследования 6 модельных сообществ с доминированием дуба черешчатого в московском регионе выявлены 66 видов лишайников четырех классов экобиоморф (накипные, листоватые, кустистые и чешуйчато-кустистые) из четырех эколого-субстратных групп (эпифиты, эпифито-эпиксилы, эпиксилы, эврисубстратные). Установлено снижение видового разнообразия в насаждениях, расположенных вблизи от автодорог. Разработана шкала для оценки антропогенной трансформации лишенобиоты, происходящей совокупно под влиянием загрязнения среды, рекреационной нагрузки, хозяйственных мероприятий в городских насаждениях. Шкала основана на количественных показателях видового разнообразия, полноте спектров экобиоморф и эколого-субстратных групп. В эпифитном лишайниковом покрове стволов дуба черешчатого выявлены 36 видов лишайников из различных экологических групп по отношению к кислотности субстрата (от ацидофитов до нитрофитов). Проведен отбор и анализ проб корки дуба черешчатого на водородный показатель (рН), показано, что средние показатели рН корки дуба в московском регионе несколько превышают таковые для фоновых условий. Разработана шкала азотного загрязнения, основанная на анализе экологических групп эпифитной лишенобиоты дуба черешчатого по отношению к кислотности субстрата. Обсуждается ограничение применения шкал в условиях сравнительно недавнего трансформирующего воздействия на лесное сообщество.

Ключевые слова. Лишайники, лишеноиндикация, городские леса, дубравы, антропогенная трансформация, загрязнение среды, азотное загрязнение, Москва, московская область.

**THE LICHEN BIOTA AS INDICATOR OF THE OAK FOREST
COMMUNITIESTATE IN THE MOSCOW REGION***E.E. Muchnik*

Institute of Forest Science of Russian Academy of Sciences (ILAN),
21, Sovetskaya, Uspenskoe, 143030, Moscow region, Russia; eugenia@lichenfield.com

Abstract. 66 lichen species have been discovered through observation of six pattern communities dominated by *Quercus robur* in Moscow region. These

species belong to four ecobiomorphs (crustose, foliose, fruticose and squamulose-fruticose) from four ecological groups: growing on bark (epiphytic), on wood (epixylic), on bark and wood (epiphyte-epixylic), and on different substrates. Species diversity decreased in sites located near roads. A special scale has been developed for the assessment of the anthropogenic transformation of lichen biota. The scale enables assessment of the anthropogenic transformation of lichen biota taking place under the influence of environmental pollution, recreational load, and park management (i.e. pruning, fertilizing, stump removal etc.). The scale is based on quantitative indices of species diversity, the completeness of the ecobiomorphs set and the substrate groups. Among epiphytic lichen species on the trunks of *Q. robur*, 36 species have been revealed, with different relations to substrate pH (the species ranging from acidophytes to nitrophytes). The pH analyses of the oaks bark showed that in Moscow region the average values of bark pH somewhat exceed those for the baselined conditions. The results of our studies allowed development of a scale of nitrogen pollution based on analyzing *Q. robur* lichen biota depending on the pH of the bark. Limitations on the use of the scales proposed here, especially in communities transformed by anthropogenic activities relatively recently (10 years or less), is discussed.

Keywords. Lichens, lichen indication, city forests, oak forests, anthropogenic transformation, environment pollution, nitrogen pollution, Moscow, Moscow region

Введение

Дубовые леса в московском регионе (г. Москве и на прилегающих территориях) встречаются нередко, но преимущественно небольшими участками, занимая повышенные и достаточно дренированные места с богатыми суглинистыми почвами (Савельева, Полякова, 2001). Как и другие городские и пригородные насаждения, участки дубняков находятся под воздействием техногенного загрязнения среды и интенсивной рекреации, следствием чего является антропогенная трансформация дубравных сообществ.

Лишайники рассматриваются в качестве индикаторов загрязнения воздушной среды уже более 100 лет, чувствительность к различным поллютантам (диоксиду серы, соединениям азота и др.) связаны с их биологическими особенностями (Nash III, 2008; и мн. др.). Однако лишайники, наряду с другими компонентами растительных сообществ, подвергаются и другим воздействиям: обрезка ветвей деревьев-форофитов, вывоз валежника и пней, рекреация или внесение удобрений и др., что приводит к антропогенной трансформации лишайнобиоты (Мучник, 2005). Это сопровождается, в частности, снижением видового богатства, изменениями в составе спектров экоморф и эколого-субстратных групп.

Кроме того, ранее отмечалось (Инсаров и др., 2010; и др.), что видовое разнообразие эпифитных лишайников можно рассматривать и в качестве показателя загрязнения среды соединениями азота. В фоновых условиях различных регионов Земли средние значения pH корки дуба черешчатого составляют 4,3–4,5 (Инсарова, Инсаров, 1989, с. 168). При таких значениях pH корки в

эпифитном лишайниковом покрове дуба преобладают виды группы ацидофитов. Однако загрязнение воздуха соединениями азота (а также рекреация, в частности, массовый выгул собак) вызывает защелачивание и, таким образом, эвтрофикацию корки, способствуя росту нетипичных для нее видов-нитрофитов (van Herk, 2002; Root et al., 2015; и др.).

Исследование проводилось в период 2012–2014 гг. в рамках выполнения комплексного проекта по разработке методологии оценки состояния дубрав в условиях антропогенных воздействий на примере московского региона (Мучник и др., 2014). Основная цель лихенологической части работы – оценка антропогенной трансформации лишенобиоты и азотного загрязнения насаждений с доминированием дуба черешчатого.

В качестве задач рассматривались: сбор и идентификация лихенологических материалов на нескольких модельных объектах; выявление общего разнообразия, биоморфологический и эколого-субстратный анализ лишенобиоты; определение водородного показателя («кислотности») корки и видового состава эпифитных лишайников на стволах дуба черешчатого; разработка шкал с оценками показателей в баллах для определения уровней антропогенной трансформации лишенобиоты и азотного загрязнения среды в парковых и лесопарковых насаждениях с доминированием дуба черешчатого.

Методы и материалы

Модельными объектами для комплексного обследования выбраны следующие участки (Мучник и др., 2014):

1. Природно-исторический парк «Измайлово» (южная часть, 55°46' с.ш., 37°48' в.д.): 1.1 – на расстоянии до 50 м от шоссе Энтузиастов, средняя сомкнутость крон (далее СК_{ср.}) 0.6, подлесок из рябины, бузины, калины, клена американского, несомкнутый, травяной покров средней нарушенности (уровень нарушения приводится по шкале, основанной на соотношении эколого-ценотических групп, по: Мучник и др., 2014); 1.2 – на расстоянии более 100 м от этого же шоссе, в Терлецком лесопарке, СК_{ср.} 0.6; подлесок из рябины, свидины белой, боярышника, жимолости татарской, не сомкнутый, травяной покров средней нарушенности.

2. Участок с доминированием дуба в Серебряноборском опытном лесничестве Института лесоведения РАН (вблизи ул. Осенняя и Рублевского шоссе, 55°45' с. ш., 37°23' в. д.): 2.1 – на расстоянии до 50 м от Рублевского шоссе; СК_{ср.} 0.55, подлесок из лещины, рябины, бузины, калины, черемухи, почти сомкнутый, травяной покров мало нарушенный; 2.2 – на расстоянии более 100 м от этого же шоссе, внутри лесного массива, СК_{ср.} 0.65, подлесок из лещины, рябины, жимолости, сомкнутый, травяной покров не нарушенный.

3. Парк «Дубки» (55°49' с. ш., 37°34' в. д.): 3.1 – на расстоянии до 50 м от Ивановского проезда, СК_{ср.} 0.45, подлесок из свидины белой, жимолости татарской, акации желтой, несомкнутый, травяной покров сильно нарушенный; 3.2 – на расстоянии более 100 м от этого же проезда, СК_{ср.} 0.4, подлесок из сирени обыкновенной и венгерской, несомкнутый, травяной покров сильно нарушенный.

4. Воронцовский парк (55°40'с.ш., 37°32' в. д.): 4.1 – на расстоянии до 50 м от ул. Воронцовские пруды, СК_{ср.} 0.55, подлесок из лещины (преимущественно), кленов остролистного и американского, рябины, калины, жимолости татарской, несомкнутый, травяной покров сильно нарушенный; 4.2 – на расстоянии более 100 м от этой же улицы, СК_{ср.} 0.7, подлесок из лещины (преимущественно), кленов остролистного и американского, рябины, свидины белой, яблони домашней, несомкнутый, травяной покров сильно нарушенный.

5. В качестве контроля обследован участок с доминированием дуба в Пушкинском районе Московской области, 99 кв. Пушкинского участкового лесничества Правдинского лесхоза-техникума (56°07' с. ш., 37°59' в. д.): 5.1– на расстоянии до 50 м от Ярославского шоссе, СК_{ср.} 0.3, подлесок из калины, черемухи, несомкнутый, травяной покров мало нарушенный; 5.2 – на расстоянии более 100 м от этого же шоссе, внутри лесного массива, СК_{ср.} 0.7, подлесок из лещины, калины, рябины, черемухи, почти сомкнутый, травяной покров не нарушенный.

Сборы и идентификация лишенологических материалов осуществлялись согласно общепринятым методикам (Степанчикова, Гагарина, 2014; Orange et al., 2001). Обследовались не менее 100 стволов деревьев и кустарников, в том числе, не менее 20 стволов дуба черешчатого, лишайники на которых собирались с высоты от 0 до 2 м. Экобиоморфы выделялись на уровне классов жизненных форм по системе Н.С. Голубковой (1983): накипные, листоватые, кустистые и чешуйчато-кустистые. Принадлежность к эколого-субстратным группам оценивалась совокупно, как по факту обнаружения на модельных объектах, так и согласно региональным определителям (Голубкова, 1966, Мучник и др., 2011). Представители р. *Cladonia*, осваивающие одновременно несколько субстратов (прикомлевые части форофитов, в том числе, с дерновинками мхов, гниющие пни, валеж, почву и лесную подстилку), включены в группу эпифито-эпиксиллов, поскольку на почве и лесной подстилке эти виды, преимущественно, встречаются в хвойных или смешанных лесах, в дубравах предпочитая комли форофитов и гниющую древесину пней и валежа.

Для определения значений рН корки дуба на каждой пробной площадке с 10 деревьев дуба в прикомлевом (на уровне около 0.5 м) и стволовом (на уровне 1.5 м) горизонтах были отобраны пробы корки толщиной 0.5–0.8 мм. Пробы высушены в течение 24 ч при 105 °С, гомогенизированы, сделаны навески в 1 г и разведены дистиллированной водой в пропорции 1 : 25. Полученную суспензию выдерживали в течение 24 ч, периодически взбалтывая. Измерения выполняли на рН-метре-ионере «Эксперт-001» с электродами ЭСК-10601/7. Экологические группы по отношению к кислотности субстрата определялись по нескольким литературным источникам (Wirth, 1995; Wolseley, Pryor, 1999; Brodo et al., 2001; Jovan, McCune, 2005, 2006; Motiejūnaitė, Faūtynowicz, 2005; Wolseley et al., 2006, 2009; Davies et al., 2007; Larsen et al., 2007; Smith et al., 2009).

Результаты

В результате исследований выявлены 56 видов лишайников (табл. 1). Номенклатура дана согласно обновляемому ресурсу (Nordin et al., 2011), за исключением видов р. *Lepraria*, приведенных по монографии J.C. Lendemer (2013). Выявленные виды относятся к четырем экобиоморфам (накипные, листоватые, кустистые и чешуйчато-кустистые) и четырем эколого-субстратным группам (эпифиты, эпифито-эпиксилы, эпиксилы, эврисубстратные). Довольно легко просматривается резкое (в два раза и более) снижение общего видового разнообразия на участках вблизи транспортных магистралей по сравнению с участками, находящимися на отдалении от таковых, внутри обследованных лесных и парковых сообществ. Ранее было показано, что эти изменения лишайнобиоты довольно хорошо коррелируют с показателями загрязнения почв на модельных объектах (Мучник и др., 2013, 2014).

Таблица 1. Видовой состав лишайников на модельных объектах

Вид лишайника	Экобиоморфа	Эколого-субстратная группа	Присутствие на модельных объектах											
			1		2		3		4		5			
			1.1	1.2	2.1	2.2	3.1	3.2	4.1	4.2	5.1	5.2		
<i>Amandinea punctata</i> (Hoffm.) Coppins et Scheid.	н	эпиф.-эпикс.		+										
<i>Arthonia exilis</i> (Flörke) Anzi	н	эпифиты												+
<i>A. radiata</i> (Pers.) Ach.	н	эпифиты				+								
<i>Athallia pyracea</i> (Ach.) Arup et al.	н	эпиф.-эпикс.									+	+	+	
<i>Biatora globulosa</i> (Flörke) Fr.	н	эпиф.-эпикс.												+
<i>Caloplaca cerina</i> (Ehrht.) Th. Fr.	н	эпифиты						+						+
<i>Candelariella vitellina</i> (Hoffm.) Müll. Arg.	н	эври-субстр.		+				+		+	+	+		
<i>C. xanthostigma</i> (Pers.) Lettau	н	эпиф.-эпикс.		+				+	+	+	+	+	+	+
<i>Catillaria nigroclavata</i> (Nyl.) Schuler	н	эпифиты		+				+					+	
<i>Chaenotheca chrysocephala</i> (Turner ex Ach.) Th. Fr.	н	эпиф.-эпикс.												+
<i>Ch. ferruginea</i> (Turner ex Sm.) Mig.	н	эпиф.-эпикс.											+	
<i>Ch. hispidula</i> (Ach.) Zahlbr.	н	эпиф.-эпикс.												+
<i>Ch. trichialis</i> (Ach.) Th. Fr.	н	эпиф.-эпикс.												+
<i>Ch. xyloxena</i> Nád.v.	н	эпиксилы												+
<i>Cladonia comiocraea</i> (Flörke) Spreng.	ч-к	эпиф.-эпикс.	+		+	+							+	+

Продолжение таблицы 1.												
Вид лишайника	Эко-био-мор-фа	Экологи-субстрат-ная группа	Присутствие на модельных объектах									
			1		2		3		4		5	
			1.1	1.2	2.1	2.2	3.1	3.2	4.1	4.2	5.1	5.2
<i>C. digitata</i> (L.) Hoffm.	ч-к	эпиф.-эпикс.									+	
<i>C. fimbriata</i> (L.) Fr.	ч-к	эпиф.-эпикс.									+	
<i>Evernia prunastri</i> (L.) Ach.	к	эпиф.-эпикс.									+	
<i>Fuscidea pusilla</i> Tønsberg	н	эпифиты								+		
<i>Hypocenomyce scalaris</i> (Ach.ex Lilj.) P.James et G.Schneider	н	эпиф.-эпикс.					+					
<i>Hypogymnia physodes</i> (L.) Nyl.	л	эпиф.-эпикс.	+	+		+		+			+	
<i>Lecania cyrtella</i> (Ach.) Th. Fr.	н	эпифиты					+					
<i>L. cyrtellina</i> (Nyl.) Sandst.	н	эпифиты									+	
<i>L. fuscella</i> (Schaer.) A. Massal.	н	эпифиты	+	+	+	+		+			+	
<i>Lecanora albellula</i> (Nyl.) Th. Fr.	н	эпиф.-эпикс.		+				+		+	+	
<i>L. allophana</i> Nyl.	н	эпифиты									+	
<i>L. argentata</i> (Ach.) Malme	н	эпифиты									+	
<i>L. symmicta</i> (Ach.) Ach.	н	эпиф.-эпикс.		+							+	
<i>Lecidella euphorea</i> (Flörke) Hertel	н	эпифиты									+	
<i>L. flavosorediata</i> (Vězda) Hertel et Leuckert	н	эпифиты									+	
<i>Leprolaria elobata</i> Tønsberg	н	эври-субстр.	+	+	+	+		+		+	+	
<i>L. finkii</i> (B. de Lesd.) R.C. Harris	н	эпиф.-эпикс.									+	
<i>L. incana</i> (L.) Ach.	н	эпиф.-эпикс.				+					+	
<i>Melanohalea exasperata</i> (De Not.) O. Blanco et al.	л	эпифиты								+	+	
<i>Micarea misella</i> (Nyl.) Hedl.	н	эпиф.-эпикс.							+			
<i>Micarea prasina</i> Fr.	н	эпиф.-эпикс.									+	
<i>M. sp.</i>	н	эпиф.-эпикс.		+								
<i>Myriolecis hagenii</i> (Ach.) Śliwa et al.	н	эври-субстр.									+	
<i>M. sambuci</i> (Pers.) Clem.	н	эпифиты							+			
<i>Parmelia sulcata</i> Taylor	л	эври-субстр.	+	+		+	+	+		+	+	

Продолжение таблицы 1.												
Вид лишайника	Экобиоморфа	Эколого-субстратная группа	Присутствие на модельных объектах									
			1		2		3		4		5	
			1.1	1.2	2.1	2.2	3.1	3.2	4.1	4.2	5.1	5.2
<i>Phaeophyscia nigricans</i> (Flörke) Moberg	Л	эври-субстр.		+		+	+		+			
<i>Ph. orbicularis</i> (Neck.) Moberg	Л	эври-субстр.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Phlyctis argena</i> (Spreng.) Flot.	Н	эпиф.-эпикс.									+	
<i>Physcia adscendens</i> H. Olivier	Л	эпиф.-эпикс.	+	+		+	+	+	+	+	+	
<i>Ph. aipolia</i> (Ehrh. ex Humb.) Fümр.	Л	эпиф.-эпикс.					+		+		+	
<i>Ph. dubia</i> (Hoffm.) Lettau	Л	эври-субстр.				+	+		+			
<i>Ph. stellaris</i> (L.) Nyl.	Л	эпиф.-эпикс.		+				+		+		
<i>Ph. tenella</i> (Scop.) DC.	Л	эври-субстр.									+	
<i>Ph. tribacia</i> (Ach.) Nyl.	Л	эври-субстр.		+							+	
<i>Physconia perisidiosa</i> (Erichsen) Moberg	Л	эпифиты								+		
<i>Polycauliona candelaria</i> (L.) Frödén et al.	Л	эпифиты						+				
<i>P. polycarpa</i> (Hoffm.) Frödén et al.	Л	эпиф.-эпикс.		+		+		+			+	
<i>Rinodina efflorescens</i> Malme	Н	эпифиты									+	
<i>R. pyrina</i> (Ach.) Arnold	Н	эпиф.-эпикс.								+	+	
<i>Scoliciosporum chlorococcum</i> (Graewe ex Stenh.) Vězda	Н	эври-субстр.									+	
<i>S. sarothamni</i> (Vain.) Vězda	Н	эпиф.-эпикс.	+					+		+	+	
<i>Xanthoria parietina</i> (L.) Th. Fr.	Л	эври-субстр.	+	+			+	+	+	+	+	
Итого:			9	18	4	10	8	19	5	17	17	36

Обозначения и сокращения: Н – накипные, Л – листоватые, К – кустистые, Ч-К – чешуйчато-кустистые; эврисубстр. – эврисубстратные (виды, осваивающие, как древесные, так и каменные субстраты, эпиф.-эпикс. – эпифито-эпиксилы (виды, осваивающие корку живых деревьев и древесину различной степени разложения)

Также можно проследить изменения в составе экобиоморф и эколого-субстратных групп – полные их спектры наблюдаются только на контрольном модельном объекте, участке 5.2 внутри лесного массива. В городских парковых и лесопарковых сообществах наблюдаются различные вариации неполных спектров, что связано не только с техногенным загрязнением среды, но и с рекреацией и проведением различных хозяйственных мероприятий (в частности, удаление пней, валежа, обрезка сухих ветвей).

В основу шкалы, характеризующей антропогенную трансформацию (АТ) лишенобиоты, положены показатели видового разнообразия, а также полнота спектров экибиоморф (ЭБМ) и эколого-субстратных групп (ЭСГ). Шкала включает 5 категорий или баллов:

1 – лишайников не менее 20 видов, спектры ЭБМ и ЭСГ полные (состояние наилучшее, естественная лесная лишенобиота, АТ отсутствует или незначительная);

2 – лишайников 10–19 видов, спектр ЭБМ полный или неполный, могут отсутствовать кустистые и/или чешуйчато-кустистые биоморфы, спектр ЭСГ полный или неполный, могут отсутствовать эпиксилы (состояние хорошее; АТ слабая);

3 – лишайников 5–9 видов, спектры ЭБМ и ЭСГ неполные (состояние удовлетворительное; АТ умеренная);

4 – лишайников 1–4 вида, спектры ЭБМ и ЭСГ неполные (состояние неудовлетворительное; АТ сильная);

5 – лишайники отсутствуют (состояние критическое; АТ очень сильная).

Если для оценки АТ на модельных объектах учитывался полный состав выявленной лишенобиоты на всех субстратах и всех частях различных форофитов (включая ветки), то шкала для оценки азотного загрязнения разработана на основе анализа видового состава эпифитных лишайников, произрастающих только на стволах (от 0 до 2.5 м высоты) дуба черешчатого. В эпифитном лишенопокрытии стволов дуба на модельных объектах обнаружены 36 видов лишайников (табл. 2), принадлежащим к разным экологическим группам по отношению к кислотности субстрата – ацидофитам (предпочитающим «кислые» субстраты), «безразличным» (с широкой амплитудой реакции субстратов для заселения), нитрофитам (заселяющим богатые азотом, «щелочные» субстраты). Предпочтения некоторых видов пока не установлены, по-видимому, большая их часть относится к группе «безразличных», т.е., эвриотопных к данному фактору среды.

Таблица 2. Видовой состав эпифитных лишайников стволов дуба черешчатого на модельных объектах

Вид лишайника (экологическая группа по отношению к рН субстрата ¹⁾	Присутствие на модельных объектах (рН _{ср.} коры дуба)									
	1		2		3		4		5	
	1.1 (4.88± 0.11)	1.2 (4.71± 0.14)	2.1 (4.91± 0.16)	2.2 (4.52± 0.10)	3.1 (5.37± 0.32)	3.2 (5.22± 0.19)	4.1 (5.31± 0.16)	4.2 (4.72± 0.15)	5.1 (4.88± 0.22)	5.2 (4.71± 0.12)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>Biatora globulosa</i> (A)										+
<i>Candelariella xanthostigma</i> (N)		+			+	+	+	+		
<i>Chaenotheca chrysocephala</i> (A)										+
<i>Ch. ferruginea</i> (A)									+	

Продолжение таблицы 2.										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>Ch. hispidula</i> (A)										+
<i>Ch. trichialis</i> (A)										+
<i>Cladonia coniocraea</i> (A)		+	+							+
<i>C. digitata</i> (A)										+
<i>C. fimbriata</i> (A)										+
<i>Hypocenomyce scalaris</i> (A)						+				
<i>Hypogymnia physodes</i> (A)		+		+		+				+
<i>Lecanora albellula</i> (A)		+						+	+	
<i>L. symmicta</i> (A)										+
<i>Lecidella flavosorediata</i>										+
<i>Lepraria elobata</i>	+	+	+	+		+		+		+
<i>L. finkii</i>										+
<i>L. incana</i> (A)				+						+
<i>Melanohalea exasperata</i>									+	+
<i>Micarea misella</i>								+		
<i>M. prasina</i>										+
<i>M. sp.</i>		+								
<i>Myriolecis hagenii</i> (N)									+	
<i>Parmelia sulcata</i> (ND)				+	+	+		+	+	+
<i>Phaeophyscia nigricans</i> (N)		+					+			
<i>Ph. orbicularis</i> (N)	+	+	+			+	+	+	+	
<i>Phlyctis argena</i>										+
<i>Physcia adscendens</i> (N)		+				+	+	+	+	
<i>Ph. aipolia</i> (N)						+				
<i>Ph. dubia</i> (N)						+	+	+		
<i>Ph. tenella</i> (N)									+	
<i>Ph. tribacia</i> (N)		+							+	
<i>Physconia perisidiosa</i> (N)								+		
<i>Polycauliona candelaria</i> (N)						+				
<i>P. polycarpa</i> (N)									+	
<i>Rinodina efflorescens</i>										+
<i>Xanthoria parietina</i> (N)						+	+	+		
Итого:	3	10	3	4	5	11	5	9	10	18

Примечание ¹⁾ Экологические группы по отношению к кислотности субстрата обозначены А – ацидофитный вид, N – нитрофитный вид, ND – вид с неопределенным статусом, отсутствие обозначения – нет информации.

Шкала азотного загрязнения (АЗ), основанная на соотношении ацидофитов и видов остальных групп в эпифитном лишенопокрове (ЭЛП) стволов дуба, включает 4 категории:

- 1 – ацидофитов не менее 75% (АЗ отсутствует либо очень незначительно);
- 2 – ацидофитов не менее 50% (АЗ умеренное);
- 3 – ацидофитов не менее 25% (АЗ значительное);
- 4 – ацидофитов менее 25% (АЗ сильное).

При отсутствии лишайников на стволах дуба конкретно об азотном загрязнении судить трудно, поэтому категория 5 (состояние критическое, загрязнение очень сильное), в данном случае, неприменима.

В результате использования разработанных шкал получены комбинированные оценки уровня АТ лишенобиоты и АЗ на модельных объектах (табл. 3).

Таблица 3. Оценка уровня АТ лишенобиоты и АЗ на модельных объектах

№ модельного объекта	Кол-во видов лишайников	Спектр ЭБМ ¹⁾	Спектр ЭСГ	рН корки дуба (среднее)	Кол-во видов лишайников в ЭЛП дуба	ацидофитов в ЭЛП дуба	Балл: АТ/ АЗ
1.1	5	П	Нп	4.88±0.11	2	—	3/4
1.2	18	Нп	П	4.71±0.14	10	30%	2/3
2.1	4	П	Нп	4.91±0.16	3	30%	4/3
2.2	10	П	Нп	4.52±0.10	5	8%	2/1
3.1	8	Нп	Нп	5.37±0.32	5	—	3/4
3.2	19	Нп	Нп	5.22±0.19	10	30%	2/3
4.1	5	Нп	Нп	5.31±0.16	5	—	3/4
4.2	18	Нп	Нп	4.72±0.15	10	30%	2/3
5.1	15	П	Нп	4.88±0.22	10	40%	2/3
5.2	30	П	П	4.71±0.12	13	77%	1/1

Примечание ¹⁾ В этой и следующей колонке П – полный спектр, Нп – неполный спектр

Необходимо указать, что все описанные выше модельные объекты находятся под большим или меньшим влиянием городской среды, включая автомагистраль разной степени загруженности (объекты 1-4), либо только под влиянием автомагистрали (объект 5.1) в течение длительного времени, не менее 50 лет. Исследования, проведенные в 2015 г. на модельном объекте, где вырубка под автомагистраль прошла сравнительно недавно (в 2008-2011 гг.), а воздействие автомагистрали началось с 2014 г., показывают некоторое ограничение применения разработанной методики.

Модельный объект 6 – Химкинская дубрава, (55°54' с.ш., 37°28' в. д.): 6.1 – на расстоянии до 50 м от автотрассы Москва – Санкт-Петербург (участок 15-58 км), СК_{ср.} 0.6, подлесок из лещины (преимущественно), березы, рябины, несомкнутый, травяной покров мало нарушенный; 6.2 – на расстоянии более 100 м от этой же автомагистрали, СК_{ср.} 0.7, подлесок из лещины (преимущественно), березы, рябины, сомкнутый, травяной покров мало нарушенный (но очень слабо развитый под сомкнутым пологом лещины). Результаты обследо-

вания размещены в табл. 4. Сразу отметим, что на данном модельном объекте встречены 7 видов лишайников, не обнаруженных на обследованных ранее, таким образом, общий видовой состав выявленной лишайной биоты включает 66 вида, а состав эпифитного лишайнопокрова стволов дуба – 38 видов.

Таблица 4. Характеристика лишайной биоты обследованных участков Химкинской дубравы

Вид лишайника (экологическая группа по отношению к рН субстрата ¹⁾)	Субстрат	ЭБМ	ЭСГ	Присутствие на модельном объекте 6 (рН ср. коры дуба)	
				6.1 (4.8±0.16)	6.2 (4.25±0.13)
1	2	3	4	5	6
<i>Arthonia apatetica</i> (A. Massal.) Th. Fr.	рябина	Н	эпифиты	+	
<i>Athallia pyracea</i>	лещина	Н	эпиф.-эпикс.	+	
<i>Candelariella vitellina</i>	лещина	Н	эврисубстр.	+	
<i>Catillaria nigroclavata</i>	лещина, дуб	Н	эпифиты	+	
<i>Chaenotheca furfuracea</i> (L.) Tibell. (A)	дуб	Н	эпиф.-эпикс.		+
<i>C. stemonea</i> (Ach.) Müll. Arg.	береза	Н	эпиф.-эпикс.		+
<i>Cladonia coniocraea</i> (A)	дуб	Ч-К	эпиф.-эпикс.	+	+
<i>Cladonia fimbriata</i>	береза	Ч-К	эпиф.-эпикс.		+
<i>Fuscidea pusilla</i>	береза	Н	эпифиты		+
<i>Hypogymnia physodes</i>	береза, дуб (ветки), ива козья, лещина	Л	эпиф.-эпикс.	+	
<i>Lecania fuscella</i>	рябина, лещина	Н	эпифиты	+	
<i>L. koerberiana</i> J.Lahm.	ветки дуба	Н	эпифиты	+	
<i>Lecanora symmicta</i>	рябина, дуб (ветки)	Н	эпиф.-эпикс.	+	
<i>Lepraria finkii</i>	береза	Н	эпиф.-эпикс.		+
<i>Lepraria incana</i> (A)	дуб	Н	эврисубстр.	+	
<i>Leptorhaphis epidermidis</i> (Ach.) Th.Fr.	береза (ветки)	Н	эпифиты	+	
<i>Melanohalea exasperata</i>	дуб (ветки)	Л	эпифиты	+	
<i>Myriolecia hagenii</i>	дуб (ветки)	Н	эврисубстр.	+	
<i>M. sambuci</i>	лещина	Н	эпифиты	+	
<i>Parmelia sulcata</i>	дуб, береза, ива козья, лещина	Л	эпиф.-эпикс.	+	
<i>Phaeophyscia nigricans</i>	дуб	Л	эврисубстр.	+	
<i>P. orbicularis</i> (N)	дуб, береза, лещина	Л	эврисубстр.		+
<i>Physcia adscendens</i> (N)	дуб, ива козья	Л	эпиф.-эпикс.	+	
<i>P. dubia</i> (N)	дуб	Л	эврисубстр.	+	
<i>P. stellaris</i>	лещина	Л	эпиф.-эпикс.	+	
<i>Physconia detersa</i> (Nyl.) Poelt (N)	дуб	Л	эпифиты	+	

Продолжение таблицы 4					
1	2	3	4	5	6
<i>Polycauliona polycarpa</i>	лещина, дуб (ветки)	Л	эпиф.- эпикс.	+	
<i>Ramalina farinacea</i> (L.) Ach.	дуб (ветки)	К	эпифиты	+	
<i>Rinodina pyrina</i>	лещина	Н	эпиф.- эпикс.	+	
<i>Scoliciosporum sarothamni</i>	дуб (ветки)	Н	эпиф.- эпикс.	+	
<i>Vulpicida pinastris</i> (Scop.) Mattsson et M. J.Lai	береза	Л	эпиф.- эпикс.	+	
<i>Xanthoria parietina</i> (N)	дуб, лещина	Л	эврисубстр.	+	
Итого:				26	7

Примечание ¹⁾ Определялась только для видов, обнаруженных на стволах дуба, обозначения аналогичны таковым в табл. 2

На участке, прилегающем к автомагистрали, видовое разнообразие лишенобиоты существенно выше такового внутри лесного массива, спектр эколобиоморф более полный, а спектр эколого-субстратных групп одинаков (облигатные эпиксилы отсутствуют в обоих случаях). Таким образом, использовать приведенную выше шкалу АТ для данного модельного объекта не представляется возможным. При этом шкала АЗ оказывается более «устойчивой»: в более разнообразном ЭЛП дуба на участке вблизи автомагистрали ацидофитов только 18%, тогда как внутри лесного массива их доля в лишенобиоте дуба составляет 66%.

Дискуссия

Показатель рН корки дуба черешчатого почти на всех модельных объектах (как в городских условиях, так и за городом) оказался, в среднем, выше, чем средние показатели для фоновых условий, указанных в приведенном ранее источнике (Инсарова, Инсаров, 1989). Очевидно, это связано с повышенными концентрациями минерального азота в атмосферных выпадениях на территории Московской области, которые в период 2013-15 гг., по данным И.Ю. Кудреватых (2017) варьировали от 0.28 до 2.53 мг N л⁻¹ с преобладанием (более 60%) N-NO₃. Концентрации в пределах 0.15-3.2 мг N л⁻¹ определяют повышение в почве содержания N_{мин}, Al, Ca и увеличение соотношения в ней NO₃/NH₄, однако, проведенный корреляционный анализ не показал взаимосвязи между характером распределения наземной лесной растительности и количеством выпадений минерального азота (Кудреватых, 2017). Другими словами, такие концентрации пока еще находятся в пределах «буферной емкости» лесных экосистем региона. Это коррелирует с нашими данными, когда виды-ацидофиты на контрольном модельном объекте (5.2) сохраняют преимущество в эпифитном лишенопокрытии дуба даже при показателе рН корки 4.71. Последний факт, возможно, объясняется и низкими показателями загрязнения среды другими поллютантами, и более высоким уровнем влажности в лесных условиях. На участке 6.2 уровень рН корки дуба, примерно, совпадает

со средними значениями, указанными в литературе (даже по нижней границе нормы), что, на наш взгляд, объясняется очень плотным пологом подлеска, способного в значительной степени препятствовать попаданию пыли и осадков на стволы дубов.

Результаты обследования на модельном объекте 6 также позволяют заключить, что последовавшее за вырубкой просеки под автомагистраль освещение привело к резкому увеличению разнообразия лишенобиоты по сравнению с «внутренней» частью дубравы. Этот факт можно рассматривать в качестве проявления «опушечного» (Добровольский, Гаева, 1985) или «краевого» эффекта, довольно часто наблюдаемого как на опушках не нарушенных или малонарушенных лесных сообществ, так и при фрагментации лесных массивов под влиянием различных факторов – ветровалов или вырубков (Glenn, Webb, 1997; и др.). Некоторыми авторами при изучении «краевого эффекта» отмечается и увеличение доли нитрофитных видов лишайников по краям, в отличие от внутренних частей лесного массива (Hauk et al., 2014). Вероятно, впоследствии загрязнение другими поллютантами (например, тяжелыми металлами) окажет ингибирующее воздействие на разнообразие эпифитных лишайников в полосе вдоль автомагистрали, но подтвердить это можно только при проведении в будущем экологического мониторинга.

Выводы

В результате исследований 6 модельных сообществ с доминированием дуба черешчатого в Московском регионе выявлены 66 видов лишайников четырех классов эковиоморф (накипные, листоватые, кустистые и чешуйчато-кустистые) и четырех эколого-субстратных групп (облигатные эпифиты, эпифито-эпиксилы, эпиксилы, эврисубстратные).

Разработана шкала для оценки антропогенной трансформации лишенобиоты, происходящей совокупно под влиянием загрязнения среды, рекреационной нагрузки и хозяйственных мероприятий в городских насаждениях. Шкала основана на количественных показателях видового разнообразия, полноте спектров эковиоморф и эколого-субстратных групп, может использоваться в случаях длительного (не менее 30-50 лет) трансформирующего воздействия на лесное или парковое сообщество. В случае сравнительно недавних нарушений, шкала неприменима из-за нивелирующего воздействия «краевого» эффекта.

Показатель рН корки дуба черешчатого в московском регионе, в среднем, превышает таковой в фоновых условиях, что связано, очевидно, с общим загрязнением среды, в том числе, азотным. В эпифитном лишенопокрое стволов дуба выявлены 38 видов лишайников из нескольких экологических групп по отношению к кислотности субстрата, от ацидофитов до нитрофитов. Разработана шкала азотного загрязнения, основанная на анализе экологических групп эпифитной лишенобиоты дуба по отношению к кислотности субстрата.

Благодарности

Приношу благодарность коллегам из Института лесоведения РАН Н.Ю. Кулаковой, Н.Ф. Каплиной, Л.С. Ермоловой и Н.Н. Селочник за плодотворную совместную работу. Благодарю А.Г. Паукова (Уральский Федеральный университет им. Б.Н. Ельцина) за помощь в определении стерильных образцов лишайников методом тонкослойной хроматографии. Большая признательность И.Д. Инсаровой (Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова), O.W. Purvis (Natural History Museum, London, UK) и S. La Greca (Cornell University, USA) за научные консультации и советы по написанию статьи.

Работа выполнена в рамках плановой темы ИЛАН РАН «Разнообразие и индикаторная роль лишайнобиоты лесной и лесостепной зон Центральной России» (№ 01201359064).

Список литературы

Голубкова Н.С. 1983. Анализ флоры лишайников Монголии. – Л., Наука, 281 с.

Голубкова Н.С. 1966. Определитель лишайников средней полосы европейской части СССР. – М., Л., Наука, 256 с.

Добровольский А.А., Гаевая Н.В. 1985. Лишайниковая растительность искусственных лесных насаждений степи и ее индикаторная роль. – В кн.: Вопросы степного лесоведения и научные основы лесной рекультивации земель. – Днепропетровск, ДГУ, с. 92–97.

Инсаров Г.Э., Мучник Е.Э, Инсарова И.Д. 2010. Эпифитные лишайники в условиях загрязнения атмосферы Москвы: методология долговременного мониторинга. – Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем, т. 23. – Москва, ИГКЭ, с. 277–296.

Инсарова И.Д., Инсаров Г.Э. 1989. Сравнительные оценки чувствительности эпифитных лишайников различных видов к загрязнению воздуха. – В кн.: Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем, т. 12. – Л., Гидрометеиздат, с. 113–175.

Кудреватых И.Ю. 2017. Влияние атмосферного выпадения минерального азота на почвенные и растительные свойства лесных экосистем. – В кн.: Мониторинг состояния и загрязнения окружающей среды. Основные результаты и пути развития (Тез.докл. Всероссийской научной конференции, Москва, 20-22 марта 2017 г.) – М., ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН», www.igce.ru/conferences_pem 2017. с.237-238.

Мучник Е.Э. 2005. Антропогенная трансформация лишайнофлоры (основные тенденции). – Теоретические проблемы экологии и эволюции (Четвертые Люблинские чтения). – Тольятти, Институт экологии Волжского бассейна РАН, с. 146 – 156.

Мучник Е.Э., Инсарова И.Д., Казакова М.В. 2011. Учебный определитель лишайников Средней России (учебно-методическое пособие). – Рязань, Изд-во РГУ имени С.А. Есенина, 360 с.

Мучник Е.Э., Каплина Н.Ф., Кулакова Н.Ю., Селочник Н.Н., Ермолова Л.С. 2013. Опыт комплексной оценки состояния московских дубрав. – Доклады по экологическому почвоведению, вып. 18, № 1, с. 151-164. ISSN 99993123. http://jess.msu.ru/images/stories/scibibliography/2013/2013_016.pdf

Мучник Е.Э., Каплина Н.Ф., Кулакова Н.Ю., Селочник Н.Н., Ермолова Л.С. 2014. Методология оценки и прогноза состояния дубрав в условиях антропогенных воздействий (на примере московского региона). – Вестник МГУЛ – Лесной вестник, № 6, с. 216 – 225.

Савельева Л.И., Полякова Г.А. 2001. Дубовые леса.– В кн.: Леса Москвы. Опыт организации мониторинга. – М., Институт лесоведения РАН, с. 92–99.

Степанчикова И.С., Гагарина Л.В. 2014. Сбор, определение и хранение лихенологических коллекций. – В кн.: Флора лишайников России: биология, экология, разнообразие, распространение и методы изучения лишайников. – М., СПб., Товарищество научных изданий КМК, с. 204–219.

Brodo I. M., Sharnoff S. D., Sharnoff S. 2001. Lichens of North America. New Haven-London, Yale Univ. Press. ,795 p.

Davies L., Bates J.W., Bell J.N.B., James P.W., Purvis O.W. 2007. Diversity and sensitivity of epiphytes to oxides of nitrogen in London. – Environm. Pollution. vol. 146, No 2. pp. 299-310.

Glenn M.G., Webb S.L. 1997. *Lichens as indicators of forest integrity*.– In: Türk R., Zorer R., (eds.): Progress and Problems in Lichenology in the Nineties. Bibliotheca Lichenologica, J. Cramer – Berlin, Stuttgart, pp. 155-164.

Hauck M., De Bruyn U., Javkhlan S., Lkhagvadorj D. 2014. Forest edge-interior differentiation in the epiphytic lichen diversity of the forest steppe in the Khangai Mountains, Mongolia. – Journal of Plant Ecology, vol.7, No 3, pp. 287-297.

Jovan S., Mc Cune B. 2005. Air-quality bioindication in the greater Central Valley of California, with epiphytic macrolichen communities. – Ecological Appl. vol. 15, No 5. pp. 1712-1726.

Jovan S., Mc Cune B. 2006. Using epiphytic macrolichen communities for biomonitoring ammonia in forests of the greater Sierra Nevada, California. – Water, Air, and Soil Pollution. vol. 170, No 1. pp. 69-93.

Larsen R.S., Bell J.N., James P.W., Chimonides P.J., Rumsey F.J., Tremper A., Purvis O.W. 2007. Lichen and bryophyte distribution on oak in London in relation to air pollution and bark acidity. – Environment Pollution. vol. 146. pp. 332-340.

Lendemer J.C. 2013. A monograph of the crustose members of the genus *Lepraria* Ach. s. str. (Stereocaulaceae, Lichenized Ascomycetes) in North America north of Mexico. *Opuscula – Philolichenum*, vol.11, pp. 27–141.

Motiejūnaitė J., Faùtynowicz W. 2005. Effect of land-use on lichen diversity in the transboundary region of Lithuania and northeastern Poland. – *Ekologija*. No 3. pp. 34-43.

Nash III T.H. 2008. Lichen sensitivity to airpollution. – In.: *Lichenbiology*. Second edition. – Cambridge, New York, Melbourne, Madrid, Cape Town, Singapore, San Paulo, Delhi: Cambridge University Press, pp. 299 – 314.

Nordin A., Moberg R., Tønsberg T., Vitikainen O., Dalsätt Å., Myrdal M., Snitting D., Ekman S. 2011. Santesson's Checklist of Fennoscandian Lichen-forming and Lichenicolous Fungi, version 29 April 2011. Mode of access: <http://130.238.83.220/santesson/home.php> (дата обращения: 23.04.2017)

Orange A., James P. W., White F.J. 2001. *Microchemical methods for the identification of lichens*. – London, British Lichen Society, 101 p.

Root H. T., Geiser L.H., Jovan S., Neitlich P. 2015. Epiphytic macrolichen indication of air quality and climate in interior forested mountains of the Pacific Northwest, USA. – *Ecological Indicators*, vol. 53, pp. 95–105.

Smith C.W., Aptroot A., Coppins B. J., Fletcher A. et al. (Eds.) 2009. *The Lichens of Great Britain and Ireland*. – London, British Lichen Society, 1046 p.

van Herk C.M. 2002. Epiphytes on wayside trees as an indicator of eutrophication in the Netherlands. – In: *Monitoring with lichens – monitoring lichens*. IV. Earth and Environmental Science. – Dordrecht, Boston, London: Kluwer Academic Publisher, p. 285–290.

Wirth V. 1995. *Die Flechten Baden-Württembergs*. Teil 1-2. – Stuttgart/Hohenheim, 1006 p.

Wolseley P. A., Leith I. D., van Dijk N., Sutton M. A. 2009. Macrolichens on Twigs and Trunks as Indicators of Ammonia Concentrations Across the UK – a Practical Method. – In: M. Sutton, S. Reis, S. M. Baker (eds.). *Atmospheric Ammonia*. Chapter 9. Springer Science+Business Media B. V. pp. 101-108.

Wolseley P.A., James P.W., Theobald M.R., Sutton M. A. 2006. Detecting changes in epiphytic lichen communities at sites affected by atmospheric ammonia from agricultural sources. – *Lichenologist*. vol. 38, No 2. pp. 161-176.

Wolseley P.A., Pryor K.V. 1999. The potential of epiphytic twig communities on *Quercus petraea* in a Welsh woodland site (Tycanol) for evaluating environmental changes. – *Lichenologist*. vol. 31, No 1. pp. 41-61.

Reference

Golubkova N.S. 1983. *Analiz flory lishainikov Mongolii* [Analysis of Mongolia lichens flora]. Leningrad, Nauka Publ., 281 p. (In Russian)

Golubkova N.S. 1983. *Opredelitel' lishainikov srednei polosy evropeiskoi chasti SSSR*. [The hand-book of lichens of the middle belt of the European part of the USSR]. Moscow, Leningrad, Nauka Publ., 256 p. (In Russian)

Dobrovolskiy A.A., Gayevaya N.V. 1985. *Lishainikovaia rastitel'nost' iskusstvennykh lesnykh nasazhdenii stepi I ee indikatornaia rol'*. [Lichen vegetation of artificial forest plantations of the steppe and its indicator role]. *Voprosy stepnogo lesovedeniia I nauchnye osnovy lesnoi rekul'tivatsi izemel'* [Problems of steppe forest science and the scientific basis of forest recultivation of lands]. Dnepropetrovsk, DGU Publ., pp. 92–97. (In Russian)

Insarov G.E., Muchnik E.E., Insarova I.D. 2010. Epifitnye lishainiki v usloviiakh zagriazneniia atmosfery Moskvy: metodologiya dolgovremennogo monitoring [Epiphytic lichens under air pollution stress in Moscow: methodology for long-term monitoring]. *Problemy ekologicheskogo monitoring I modelirovaniia ekosistem– Problems of Ecological Monitoring and Ecosystem Modeling*, vol. 23, Moscow, pp. 277–296. (In Russian)

Insarova I.D., Insarov G.E. 1989. Sravnitel'nye otsenki chuvstvitel'nosti epifitnykh lishainikov razlichnykh vidov k zagriazneniiu vozdukha [Comparative assessments of epiphytic lichens sensitivity to air pollution]. *Problemy ekologicheskogo monitoring I modelirovaniia ekosistem–Problems of Ecological Monitoring and Ecosystem Modeling*, vol. 12. Leningrad, pp. 113–175. (In Russian)

Kudrevatykh I. Yu. Vliianie atmosfernogo vypadeniia mineral'nogo azota na pochvennye I rastitel'nye svoistva lesnykh ekosistem [Influence of atmospheric deposition of mineral nitrogen on soil and vegetative properties of forest ecosystems] *Monitoring sostoianii I zagriazneniia okruzhaiushchei sredy. Osnovnye rezul'taty i puti razvitiia (Tez. dokl. Vserossiiskoi nauchnoi konferentsii)* [Theses of the All-Russian Sci. Conf. “Monitoring of the state and pollution of the environment. Main results and ways of development”] Moscow, www.igce.ru/conferences_pem2017. pp. 237–238. (In Russian)

Muchnik E.E. 2005. *Antropogennaia transformatsiia likhenoflory (osnovnye tendentsii)* [Anthropogenic transformation of lichen flora (main trends)]. *Teoreticheskie problem ekologii I evoliutsii (Chetvertye Lyubishchevskie chteniia)* [Theoretical problems of ecology and evolution (Fourth Lyubishchev Readings)] Togliatti, pp. 146–156. (In Russian)

Muchnik E.E., Insarova I.D., Kazakova M.V. 2011. *Uchebnyi opredelitel' lishainikov Srednei Rossii (uchebno-metodicheskoe posobie)* [Educational handbook of lichens of Central Russia (educational-methodical manual)], Ryazan, RGU Publ., 360 p. (In Russian)

Muchnik E.E., Kaplina N.F., Kulakova N.Yu., Selochnik N.N., Ermolova L.S. 2013. Opyt kompleksnoi otsenki sostoia niamoskovskikh dubrav [Experience in a comprehensive assessment of Moscow oak forests condition]. *Doklady po ekologicheskomu pochvovedeniiu– Reports on ecological pedology*, vol. 18, no. 1, pp. 151–164. ISSN 99993123. http://jess.msu.ru/images/stories/scibibliography/2013/2013_016.pdf (In Russian)

Muchnik E.E., Kaplina N.F., Kulakova N.Yu., Selochnik N.N., Ermolova L.S. 2014. Metodologiya otsenki I prognoza sostoianii dubrav v usloviiakh antropoge-

nnykh vozdeistvii (na primere Moskovskogo regiona) [For evaluation and prediction of oak forests state under anthropogenic impact (the case of Moscow region)] *Vestnik MGUL – Lesnoyvestnik– Bulletin MSUF – Forest Bulletin*, no 6, pp. 216–225. (In Russian)

Savel'yeva L.I., Polyakova G.A. 2001. *Dubovye lesa* [Oak forests] *Lesa Moskvy. Opyt organizatsii monitoringa* [Moscow forests. Experience in monitoring organization]. Moscow, pp. 92–99. (In Russian)

Stepanchikova I.S., Gagarina L.V. 2014. *Sbor, opredelenie i khranenie likhenologicheskikh kolleksii*. [Collection, identification and storage of lichen collections] *Flora lichainikov Rossii: Biologiya, ekologiya, raznoobrazie, rasprostranenie i metody izucheniia lichainikov* [Flora of lichens of Russia: Biology, ecology, diversity, distribution and methods to study lichens]. Saint-Petersburg, Tovarischestvo nauchnykh izdaniy KMK Publ., pp. 204–219. (In Russian)

Brodo I.M., Sharnoff S.D., Sharnoff S. 2001. *Lichens of North America*. New Haven-London, Yale Univ. Press. ,795 p.

Davies L., Bates J.W., Bell J.N.B., James P.W., Purvis O.W. 2007. Diversity and sensitivity of epiphytes to oxides of nitrogen in London. – *Environm. Pollution*. vol. 146, No 2. pp. 299-310.

Glenn M.G., Webb S.L. 1997. Lichens as indicators of forest integrity.– In: Türk R., Zorer R., (eds.): *Progress and Problems in Lichenology in the Nineties*. Bibliotheca Lichenologica, J. Cramer – Berlin, Stuttgart, pp. 155-164.

Hauck M., De Bruyn U., Javkhlan S., Lkhagvadorj D. 2014. Forest edge-interior differentiation in the epiphytic lichen diversity of the forest steppe in the Khangai Mountains, Mongolia. – *Journal of Plant Ecology*, vol.7, No 3, pp. 287-297.

Jovan S., Mc Cune B. 2005. Air-quality bioindication in the greater Central Valley of California, with epiphytic macrolichen communities. – *Ecological Appl.* vol. 15, No 5. pp. 1712-1726.

Jovan S., Mc Cune B. 2006. Using epiphytic macrolichen communities for biomonitoring ammonia in forests of the greater Sierra Nevada, California. – *Water, Air, and Soil Pollution*. vol. 170, No 1. pp. 69-93.

Larsen R.S., Bell J.N., James P.W., Chimonides P.J., Rumsey F.J., Tremper A., Purvis O.W. 2007. Lichen and bryophyte distribution on oak in London in relation to air pollution and bark acidity. – *Environment Pollution*. vol. 146. pp. 332-340.

Lendemer J.C. 2013. A monograph of the crustose members of the genus *Lepraria* Ach. s. str. (Stereocaulaceae, Lichenized Ascomycetes) in North America north of Mexico. *Opuscula – Philolichenum*, vol.11, pp. 27–141.

Motiejūnaitė J., Faūtynowicz W. 2005. Effect of land-use on lichen diversity in the transboundary region of Lithuania and northeastern Poland. – *Ekologija*. No 3. pp. 34-43.

Nash III.T.H. 2008. Lichen sensitivity to airpollution. – In.: Lichenbiology. Secondedition. – Cambridge, NewYork, Melburne, Madrid, CapeTown, Singapore, San Poulo, Delphi: Cambridge University Press, pp. 299 – 314.

Nordin A., Moberg R., Tønsberg T., Vitikainen O., Dalsätt Å., Myrdal M., Snitting D., Ekman S. 2011.Santesson’s Checklist of Fennoscandian Lichen-forming and Lichenicolous Fungi, version 29 April 2011. Mode of access: <http://130.238.83.220/santesson/home.php> (date of the application: 23.04.2017)

Orange A., James P. W., White F.J. 2001. Microchemical methods for the identification of lichens.– London, British Lichen Society, 101 p.

Root H. T., Geiser L.H., Jovan S., Neitlich P. 2015. Epiphytic macrolichen indication of air quality and climate in interior forested mountains of the Pacific Northwest, USA. – Ecological Indicators, vol. 53, pp. 95–105.

Smith C.W., Aptroot A., Coppins B. J., Fletcher A. et al. (Eds.) 2009. The Lichens of Great Britain and Ireland. – London, British Lichen Society, 1046 p.

van Herk C.M. 2002. Epiphytes on wayside trees as an indicator of eutrophication in the Netherlands. – In: Monitoring with lichens – monitoring lichens. IV. Earth and Environmental Science. – Dordrecht, Boston, London: Kluwer Academic Publisher, p. 285–290.

Wirth V. 1995. Die Flechten Baden-Wurttembergs. Teil 1-2. – Stuttgartm Hohenheim, 1006 p.

Wolseley P.A., Pryor K.V. 1999. The potential of epiphytic twig communities on *Quercus petraea* in a Welsh woodland site (Tycanol) for evaluating environmental changes. – Lichenologist. vol. 31, No 1. pp. 41-61.

Wolseley P.A., James P.W., Theobald M.R., Sutton M. A. 2006. Detecting changes in epiphytic lichen communities at sites affected by atmospheric ammonia from agricultural sources. – Lichenologist. vol. 38, No 2. pp. 161-176.

Wolseley P.A., Leith I.D., van Dijk N., Sutton M.A. 2009. Macrolichens on Twigs and Trunks as Indicators of Ammonia Concentrations Across the UK – a Practical Method. – In: M.Sutton, S. Reis, S.M. Baker (eds.). Atmospheric Ammonia. Chapter 9. Springer Science+Buisness Media B. V., pp. 101-108.

Статья поступила в редакцию: 26.04.2017 г.

После переработки: 25.05.2017 г.