

УДК 582.29 (571.17)

Е.В. Романова

Центральный сибирский ботанический сад СО РАН (г. Новосибирск)

ЛИШАЙНИКИ – БИОИНДИКАТОРЫ АТМОСФЕРНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ г. КЕМЕРОВО

Проведена оценка экологического состояния городской территории методами лишеноиндикации. Выявлены основные тенденции деградации лишенофлоры по мере усиления антропогенного воздействия: обеднение видового состава, снижение проективного покрытия лишайников и доли древесных растений, заселенных ими. Оценена доля сравнительно устойчивых и чувствительных к загрязнению эпифлеодных лишайников – 38,7 и 40,8% соответственно, при этом 30% чувствительных к атмосферному загрязнению видов на исследуемой территории были отмечены лишь единично. На основе полученных данных о встречаемости и обилии лишайников для городских районов был вычислен индекс полеотолерантности и составлена лишеноиндикационная карта-схема. Городская территория разделена на 5 зон, различающихся по степени загрязнения. Значительным и сильным загрязнением характеризуется большая ее часть (66,3%, или около 200 км²), в то время как зона слабого загрязнения занимает примерно 3 км². Полученные результаты свидетельствуют о том, что сильному негативному влиянию атмосферного загрязнения подвержено большинство естественных и искусственных растительных сообществ, находящихся в городской черте.

Ключевые слова: лишайники; лишеноиндикация; полеотолерантность; атмосферное загрязнение.

Введение

В результате хозяйственной деятельности человека, развития промышленности и роста городов на месте естественных сообществ возникают урбанозкосистемы. В городских искусственных экосистемах ведущую роль играют древесные растения, как аборигенные, так и интродуцированные из других регионов и природных зон. Они подвергаются интенсивному воздействию самых разнообразных факторов, наиболее разрушительными из которых являются атмосферное загрязнение и рекреационная нагрузка [1]. Как и в естественных сообществах, наиболее чувствительными компонентами урбанозкосистем являются лишайники, которые одними из первых реагируют на повреждающие воздействия городской среды и служат индикаторами экологического состояния зеленых насаждений на городских территориях. Методы лишеноиндикации позволяют оценить, насколько факторы окружающей среды благоприятны для экосистемы в целом. В случае городских территорий методы лишеноиндикации дают наглядную картину, насколько

благоприятен тот или иной район городского населения, а также для зеленых насаждений, которые на урбанизированных территориях выполняют множество важных функций.

Несмотря на интенсивное развитие лихенологических исследований в городах европейской части России, большинство городов Западной Сибири ими до сих пор не охвачены. Что касается Кемеровской области, подобные исследования проводились только в южной ее части [2, 3]. На территории г. Кемерово за последние три года автором уже было изучено видовое разнообразие лишайников [4, 5]. Данная работа является продолжением лихенологических исследований на урбанизированных территориях юга Западной Сибири и представляет собой попытку выявления и анализа закономерностей распространения лишайников на территории г. Кемерово.

Кемерово является крупным промышленным и административным центром Кузбасса, его площадь составляет около 300 км², а население – 525,6 тыс. человек [6]. Основными загрязнителями городской атмосферы выступают предприятия химической, угледобывающей, угле- и нефтеперерабатывающей промышленности, расположенные в черте города и его ближайших окрестностях. Немалый вклад в атмосферное загрязнение вносит и автотранспорт.

До недавнего времени город был разделен на 5 административных районов, два из которых расположены на правом берегу р. Томь (Рудничный, Кировский) и 3 – на левом (Центральный, Ленинский, Заводский). Согласно современному административному делению, город состоит из 8 районов. Благодаря присоединению к городской территории близлежащих населенных пунктов, на левом берегу появился жилые районы (далее – ЖР) Ягуновский и Пионер, а на правом – ЖР Кедровка и Промышленновский, а также ЖР Лесная поляна. В р. Томь, разделяющую город на две части, в пределах административных границ впадают два притока – р. Искитим (левый) и р. Красная (правый). Правый берег Томи крутой и обрывистый, со скальными выходами, покрыт сосновым бором. В восточной части города в пойме Томи на левом берегу расположена крупная речная старица – оз. Красное, отделенное от реки тонким перешейком и сообщающееся с ней только во время половодья. Климат исследуемого района формируется в условиях, характерных для равнинных территорий юга Западной Сибири.

Озеленение г. Кемерово можно оценить как довольно равномерное: на его территории и в окрестностях сохранились естественные растительные сообщества, имеются несколько крупных парков и скверов, улицы и жилые кварталы обильно покрыты деревьями и кустарниками. Благодаря этому в ходе исследования удалось составить подробную лихеноиндикационную схему, не содержащую так называемых «белых пятен» – районов, где из-за отсутствия древесной растительности произвести экологическую оценку с помощью эпифлеодных лишайников не представлялось бы возможным.

Материалы и методики исследования

Материалом для исследования послужили лишенологические сборы, проведенные на территории г. Кемерово и в его окрестностях во время полевых сезонов 2008–2009 гг. Лишайники были собраны в естественных сообществах и искусственных насаждениях во всех городских районах, а также на некоторых пригородных территориях.

Для наиболее полного учета лишайников городская территория была разделена на квадраты со стороной 1 км. В каждом квадрате обследованы все вероятные местонахождения лишайников: кора древесных растений, гниющая и обработанная древесина, почва, опад, каменистый субстрат, шифер, бетонные сооружения и т.д., однако с целью биоиндикации использовались только эпифлеодные и гипофлеодные лишайники (слоевище которых развивается на поверхности или в толще коры древесных растений), их в лишенофлоре г. Кемерово насчитывается 137 видов из 175 (78,3% лишенофлоры). Обработка собранного материала осуществлялась в лаборатории низших растений Центрального сибирского ботанического сада СО РАН (г. Новосибирск) в 2008–2010 гг. с использованием общепринятых в лишенологии методов. За период исследования было собрано и обработано около 900 образцов.

Учет встречаемости и обилия (проективного покрытия) эпифлеодных лишайников проводили на пробных площадках размером 20x20 см², которые закладывали на двух уровнях: нижняя часть ствола (от комля до 60 см) и на стволе (от 60 см до нижних ветвей кроны) с той стороны ствола, где лишайниковый покров развит максимально. В некоторых случаях удавалось произвести учет лишайников в основании ствола (прикомлевой части) и на ветвях кроны. Встречаемость каждого вида оценивалась как процент площадок, на которых данный вид был найден, от общего числа площадок, заложенных в данном сообществе. Кроме того, в каждом растительном сообществе на территории города была выявлена доля деревьев, на которых не удалось найти слоевищ лишайников. Проективное покрытие оценивалось как для каждого вида в отдельности, так и совокупное, для всех видов, отмеченных на площадке. Выявленные в ходе исследования эпифлеодные лишайники сгруппированы в 10 классов (степеней) полеотолерантности [7]: от видов, растущих в естественных ландшафтах и не переносящих даже самых незначительных концентраций загрязнителей (I класс), до видов, способных к существованию в сильно загрязненных условиях (X класс). Поскольку этот показатель во многом зависит от климатических условий, перенос данных о степени полеотолерантности видов из других регионов недопустим.

Таким образом, с применением рекомендаций Х.Х. Трасса [7], была установлена местная принадлежность каждого из эпифлеодных лишайников к тому или иному классу полеотолерантности. На основе полученных данных для каждой пробной площадки был вычислен индекс полеотолерантности

(IP), предложенный Трассом [8]. Значения IP с отдельных площадок усреднялись в пределах квадрата, после чего наносились на лишеноиндикационную карту-схему г. Кемерово.

Результаты исследования и обсуждение

Основные закономерности распространения лишайников на территории г. Кемерово представлены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Видовое разнообразие, обилие и средняя встречаемость лишайников в различных растительных сообществах г. Кемерово

Растительные сообщества	Число видов	Среднее проективное покрытие лишеносинузий, %	Доля деревьев, не заселенных лишайниками, %
Сосновый бор (пригород)	74	14,0	12
Сосновый бор (город)	73	11,8	36
Березовые сообщества (пригород)	87	16,1	19
Березовые сообщества (город)	41	15,4	56
Ивово-тополевые пойменные сообщества	83	14,9	40
Парки и скверы	64	3,0	70
Внутриквартальные насаждения	55	2,6	72
Искусственные насаждения вдоль автомагистралей	26	2,3	94

По мере увеличения антропогенной нагрузки происходит сокращение видового разнообразия лишайников, а также проективного покрытия отдельных видов и лишеносинузий в целом. Анализ доли деревьев, на которых отмечены слоевища лишайников, показал, что в искусственных насаждениях встречаемость лишайников уменьшается более резко, по сравнению с числом видов. Например, парки и скверы характеризуются довольно высоким видовым разнообразием лишайников – в них было найдено 64 вида, однако среднее проективное покрытие лишеносинузий существенно ниже, по сравнению с естественными растительными сообществами на городской территории. При этом в городских парках доля деревьев, не заселенных лишайниками, составляет 70%, в отличие от естественных сообществ пригородной зоны, где этот показатель не превышает 19%.

Анализируя полученные данные, можно сделать вывод, что проективное покрытие лишайниковых группировок и доля заселенных деревьев являются более информативными, по сравнению с видовым разнообразием. Эти показатели дают более наглядное представление о том, насколько благоприятно для лишайников то или иное местообитание. Так, в парках, скверах, внутриквартальных насаждениях и других искусственных сообществах лишайники встречались лишь небольшими слоевищами на 1–3 деревьях из 10 (несмотря на сравнительно большое число видов в этих местообитаниях), в то время как на отдельных участках соснового бора ими были заселены практически все

деревья. Сходные тенденции к уменьшению встречаемости и обилия этих организмов, в первую очередь типичных «лесных» видов, чувствительных к атмосферному загрязнению, были выявлены и для г. Новосибирска – крупного промышленного центра, расположенного в той же природной зоне и характеризующегося сходными климатическими условиями [9], а также отмечены исследователями городских лишайнофлор европейской части России [10–12].

Распределение эпифлеодных лишайников г. Кемерово по классам полеотолерантности представлено в табл. 2.

Таблица 2

Классы полеотолерантности эпифлеодных лишайников

Класс полеотолерантности	Виды	Число видов	
		Абсолютное	% от общего числа эпифлеодных лишайников
1	2	3	4
1	<i>Arthonia apatetica</i> (A. Massal.) Th. Fr., <i>Bacidia igniarum</i> (Nyl.) Oksner, <i>Biatora helvola</i> Körb. ex Hellb., <i>Biatora hypophaea</i> Printzen & Tønsberg, <i>Biatora ocelliformis</i> (Nyl.) Arnold, <i>Biatora vernalis</i> (L.) Fr., <i>Buellia erubescens</i> Arnold, <i>Caloplaca cerinella</i> (Nyl.) Flagey, <i>Candelariella vitellina</i> (Hoffm.) Müll. Arg., <i>Catinaria atropurpurea</i> (Schaer.) Vězda & Poelt, <i>Chaenotheca phaeocephala</i> (Turner) Th. Fr., <i>Cladonia squamosa</i> Hoffm., <i>Cliostomum griffithii</i> (Sm.) Coppins, <i>Cyphelium tigillare</i> (Ach.) Ach., <i>Evernia prunastri</i> (L.) Ach., <i>Hypocenomyce friesii</i> (Ach.) P. James, <i>Hypogymnia tubulosa</i> (Schaer.) Hav., <i>Lecanora albellula</i> Nyl., <i>Lecanora expallens</i> Ach., <i>Lecidella elaeochroma</i> (Ach.) M. Choisy, <i>Lepraria incana</i> (L.) Ach., <i>Leptorhaphis atomaria</i> (Ach.) Szatala, <i>Mycobilimbia hypnorum</i> (Lib.) Kalb & Hafellner, <i>Mycoglaena subcoerulea</i> (Nyl.) Höhn., <i>Mycomicrothelia melanospora</i> (Hepp) D. Hawksw., <i>Mycomicrothelia wallrothii</i> (Hepp) D. Hawksw., <i>Opegrapha niveoatra</i> (Borrer) J. R. Laundon, <i>Parmeliopsis hyperopta</i> (Ach.) Arnold, <i>Physcia leptalea</i> (Ach.) DC., <i>Physciella denigrata</i> (Hue) Essl., <i>Pseudevernia furfuracea</i> (L.) Zopf, <i>Ramalina farinacea</i> (L.) Ach., <i>Ramalina pollinaria</i> (Westr.) Ach., <i>Ramalina sinensis</i> Jatta, <i>Rinodina colobina</i> (Ach.) Th. Fr., <i>Rinodina laevigata</i> (Ach.) Malme, <i>Thelocarpon epibolum</i> Nyl., <i>Xanthoria ulophylloides</i> Räsänen	38	27,7

Продолжение табл. 1

1	2	3	4
2	<i>Arthonia radiata</i> (Pers.) Ach., <i>Caloplaca vitellinula</i> (Nyl.) H. Olivier, <i>Candelaria concolor</i> (Dicks.) Stein, <i>Hypogymnia physodes</i> (L.) Nyl., <i>Opegrapha varia</i> Pers., <i>Phaeophyscia primaria</i> (Poelt) Trass, <i>Platismatia glauca</i> (L.) Culb. & C. Culb., <i>Usnea hirta</i> (L.) F. H. Wigg.	8	5,8
3	<i>Arthopyrenia grisea</i> (Schleich. ex Schaer.) Körb., <i>Chaenotheca ferruginea</i> (Turner ex Sm.) Mig., <i>Chaenotheca stemonea</i> (Ach.) Müll. Arg., <i>Cladonia chlorophaea</i> (Flörke ex Sommerf.) Spreng., <i>Cladonia fimbriata</i> (L.) Fr., <i>Evernia esorediosa</i> (Müll. Arg.) Du Rietz, <i>Melanelia exasperata</i> (De Not.) Essl., <i>Melanelia exasperatula</i> (Nyl.) Essl., <i>Mycobilimbia pilularis</i> (Körb.) Hafellner et Türk, <i>Pycnothelia papillaria</i> Dufour	10	7,3
4	<i>Caloplaca chlorina</i> (Flot.) H. Olivier, <i>Chaenotheca chrysocephala</i> (Ach.) Th. Fr., <i>Cladonia caespiticia</i> (Pers.) Flörke, <i>Cladonia decorticata</i> (Flörke) Spreng., <i>Cladonia ochrochlora</i> Flörke, <i>Cyphelium inquinans</i> (Sm.) Trevis., <i>Evernia mesomorpha</i> Nyl., <i>Flavopunctelia soledica</i> (Nyl.) Hale, <i>Hypocenomyce scalaris</i> (Ach.) M. Choisy, <i>Lecanora symmicta</i> (Ach.) Ach., <i>Lecidella euphorea</i> (Flörke) Hertel, <i>Opegrapha rufescens</i> Pers., <i>Physcia tribacia</i> (Ach.) Nyl., <i>Vulpicida pinastri</i> (Scop.) J.-E. Mattsson et M. J. Lai	14	10,2
5	<i>Anisomeridium biforme</i> (Borrer) R.C. Harris, <i>Caloplaca suspiciosa</i> (Nyl.) H. Magn., <i>Eopyrenula leucoplaca</i> (Wallr.) R.C. Harris, <i>Melanelia olivacea</i> (L.) Essl., <i>Melanelia septentrionalis</i> (Lynge) Essl., <i>Parmelia sulcata</i> Taylor, <i>Pyrenula laevigata</i> (Pers.) Arnold, <i>Xanthoria parietina</i> (L.) Th. Fr.	8	5,8
6	<i>Amandinea punctata</i> (Hoffm.) Coppins & Scheid., <i>Arthopyrenia analepta</i> (Ach.) A. Massal., <i>Arthopyrenia personii</i> A. Massal., <i>Chrysothrix chlorina</i> (Ach.) J. R. Laundon, <i>Phaeophyscia ciliata</i> (Hoffm.) Moberg, <i>Phaeophyscia endococcina</i> (Körb.) Moberg	6	4,4
7	<i>Bacidia laurocerasi</i> (Delise ex Duby) Zahlbr., <i>Buellia schaereri</i> De Not., <i>Caloplaca citrina</i> (Hoffm.) Th. Fr., <i>Caloplaca flavorubescens</i> (Huds.) J. R. Laundon, <i>Caloplaca haematites</i> (St.-Amans) Zwackh, <i>Candelariella xanthostigma</i> (Ach.) Lettau,	13	9,5

Окончание табл. 1

1	2	3	4
	<i>Lecania nylanderiana</i> A. Massal., <i>Lecanora orae-frigidae</i> R. Sant., <i>Lecanora pulicaris</i> (Pers.) Ach., <i>Pseudosagedia aenea</i> (Wallr.) Hafellner et Kalb, <i>Rinodina exigua</i> (Ach.) Gray, <i>Rinodina septentrionalis</i> Malme, <i>Scoliciosporum umbrinum</i> (Ach.) Arnold		
8	<i>Caloplaca cerina</i> (Ehrh. ex Hedw.) Th. Fr., <i>Caloplaca ferruginea</i> (Huds.) Th. Fr., <i>Candelariella aurella</i> (Hoffm.) Zahlbr., <i>Candelariella lutella</i> (Vain.) Räsänen, <i>Chrysothrix candelaris</i> (L.) J. R. Laundon, <i>Cladonia ramulosa</i> (With.) J. R. Laundon, <i>Cresporhaphis wienkampi</i> (J. Lahm ex Hazsl.) M.B. Aguirre, <i>Hyperphyscia adglutinata</i> (Flörke) H. Mayrh. et Poelt, <i>Lecania cyrtella</i> (Ach.) Th. Fr., <i>Lecania cyrtellina</i> (Nyl.) Sandst., <i>Lecania dubitans</i> (Nyl.) A. L. Sm., <i>Lecania koerberiana</i> J. Lahm, <i>Lecanora chlorotera</i> Nyl., <i>Lecanora varia</i> (Hoffm.) Ach., <i>Leptorhaphis epidermidis</i> (Ach.) Th. Fr., <i>Melanelia subargentifera</i> (Nyl.) Essl., <i>Phaeophyscia hirsuta</i> (Mereschk.) Essl., <i>Phaeophyscia hispidula</i> (Ach.) Essl., <i>Phaeophyscia kairamoi</i> (Vain.) Moberg, <i>Phaeophyscia nigricans</i> (Flörke) Moberg, <i>Physcia adscendens</i> (Fr.) H. Olivier, <i>Physcia aipolia</i> (Ehrh. ex Humb.) Fürnr., <i>Physcia tenella</i> (Scop.) DC., <i>Physconia distorta</i> (With.) J. R. Laundon, <i>Rinodina pyrina</i> (Ach.) Arnold	25	18,2
9	<i>Caloplaca holocarpa</i> (Hoffm. ex Ach.) A. E. Wade, <i>Lecanora hageni</i> (Ach.) Ach., <i>Lecanora populicola</i> (DC.) Duby, <i>Phaeophyscia orbicularis</i> (Neck.) Moberg, <i>Physcia dubia</i> (Hoffm.) Lettau, <i>Physcia magnussonii</i> Frey, <i>Physcia stellaris</i> (L.) Nyl., <i>Physconia detersa</i> (Nyl.) Poelt, <i>Physconia grisea</i> (Lam.) Poelt, <i>Rinodina sophodes</i> (Ach.) A. Massal., <i>Scoliciosporum chlorococcum</i> (Stenh.) Vězda, <i>Xanthoria candelaria</i> (L.) Th. Fr.	12	8,8
10	<i>Arthopyrenia punctiformis</i> (Stizenb.) R.C. Harris, <i>Leptorhaphis lucida</i> Körb., <i>Thelenella modesta</i> (Nyl.) Nyl.	3	2,2

Видов, наиболее чувствительных к атмосферному загрязнению и относящихся к первым трем классам полеотолерантности, насчитывается 56 (40,8% от общего числа эпифлеодных лишайников). Они встречаются в естественных и слабонарушенных пригородных сообществах и не отмечены

в умеренно, а тем более в сильнонарушенных. Среди чувствительных лишайников единичной встречаемостью характеризуется 30% (17 видов). Доля относительно устойчивых к антропогенному воздействию видов, отнесенных к 7–10-му классам полеотолерантности, составляет 38,7% от общего числа эпифлеодных лишайников (53 вида), из них 12 (8,8% от общего числа) отмечены во всех районах города, в том числе в экстремальных условиях произрастания. Подобное распределение лишайников по классам полеотолерантности отличается от такового, выявленного для лишайников г. Новосибирска [9]. В частности, лишенофлора г. Новосибирска отличается большей долей чувствительных к атмосферному загрязнению видов (63%) и меньшей долей относительно устойчивых (10,3%). Эти различия связаны, по-видимому, не только с площадью сохранившихся лесных массивов на территориях обоих промышленных центров, но и с особенностями застройки городских территорий. В отличие от Новосибирска, воздействию загрязнителей от стационарных источников подвергаются практически все районы г. Кемерово, включая сохранившиеся лесные массивы, которые являются «убежищами» для лишайников, чувствительных к атмосферному загрязнению.

На основании данных о встречаемости и обилии лишайников для различных районов г. Кемерово был вычислен индекс полеотолерантности и составлена лишеноиндикационная карта-схема (рис. 1).

В пределах городской территории выявлено 5 зон, различающихся по степени загрязнения.

1. Зона слабого загрязнения (IP = 3–5) характеризуется наиболее высоким видовым разнообразием лишайников, при этом доминантами в их группировках выступают чувствительные к загрязнению виды. Площадь зоны слабого загрязнения составляет около 3 км² (1% городской территории). Участки со слабым загрязнением выявлены преимущественно на правом берегу р. Томь в окрестностях дер. Красная на расстоянии порядка 10 км от промышленных комплексов Центрального, Заводского и Кировского районов и представляют собой территорию, на которой произрастают березово-сосновые и березовые леса. Низкие значения индекса полеотолерантности были получены также для отдельных небольших участков ивовых и тополевых зарослей в пойме р. Томь в Ленинском районе и для соснового бора в окрестностях дер. Журавлево. Эти районы в малой степени подвергаются загрязнению от автотранспорта, при этом сомкнутые кроны деревьев и повышенная влажность местообитаний в некоторой степени нивелируют воздействие на лишайники загрязнителей, поступающих от промышленных комплексов. Несмотря на то что преобладающие в течение года юго-западные ветра относят загрязнение от промышленных комплексов вверх по течению Томи в сторону данных территорий, именно здесь с единичной встречаемостью найдены три вида из рода *Ramalina*, которые являются типичными «лесными» видами и весьма чувствительны к загрязнению. Все найденные слоевища представителей рода отличались мелкими размерами и не превышали в длину 1,5 см.

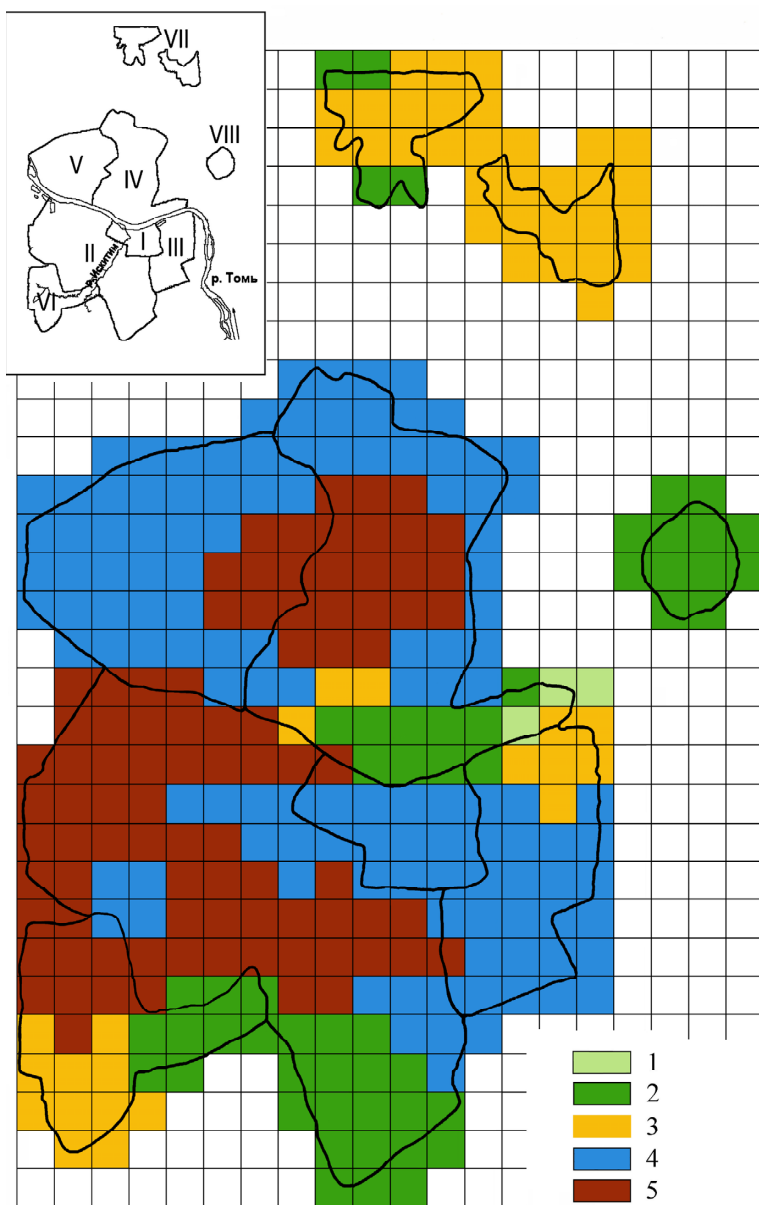


Рис. 1. Схема деления территории г. Кемерово по величине индекса полевотолерантности: 1 – зона слабого загрязнения; 2 – зона умеренного загрязнения; 3 – зона среднего загрязнения; 4 – зона значительного загрязнения; 5 – зона сильного загрязнения. I – Центральный район; II – Заводский район; III – Ленинский район; IV – Рудничный район; V – Кировский район; VI – ЖР Ягуновский и Пионер; VII – ЖР Кедровка и Промышленновский; VIII – ЖР Лесная поляна

2. Зона умеренного загрязнения ($IP = 5-7$). Здесь довольно часто встречаются чувствительные виды лишайников, но в целом видовое разнообразие существенно ниже такового в неповрежденных сообществах. В г. Кемерово участки с умеренным атмосферным загрязнением занимают порядка 60 км^2 – около 20% городской территории. Зона умеренного загрязнения располагается в Рудничном районе, где ее границы совпадают с границами сохранившегося на городской территории соснового бора, а также в южной части Заводского района и в окрестностях пос. Комиссарово (ЖР Ягуновский и Пионер), где ее границы совпадают с березовыми лесами и колками на окраинах города. Кроме того, к зоне умеренного загрязнения относятся ЖР Лесная поляна и окраины пос. Кедровка (ЖР Кедровка и Промышленновский).

3. В зоне среднего загрязнения ($IP = 7-9$) преобладают устойчивые к атмосферному загрязнению виды, в то время как чувствительные не найдены вовсе или отмечены очень редко, небольшими участками слоевищ. Площадь этой зоны составляет 38 км^2 (12,7% городской территории), она практически полностью занимает ЖР Кедровка и Промышленновский, охватывает приблизительно треть ЖР Ягуновский и Пионер, а также представлена небольшими участками в Рудничном и Ленинском районах.

4. Зона значительного загрязнения ($IP = 9-10$). Лишайники отмечены редко, находятся в угнетенном состоянии. Площадь этой зоны в г. Кемерово составляет около 120 км^2 (40% площади города). Она занимает весь Центральный район, большую часть территории Кировского (включая березовую рощу, набережную и внутриквартальные насаждения) и Ленинского, приблизительно одну треть территории Рудничного и одну пятую Заводского районов.

5. Зона сильного загрязнения (так называемая «лишайниковая пустыня»). Представляет собой участки, на которых полностью отсутствует лишайниковая растительность, занимает 79 км^2 (26,3% обследованной территории). В г. Кемерово лишайники не были обнаружены вдоль оживленных автомагистралей и вблизи промышленных комплексов, а также во внутриквартальных насаждениях большинства городских районов. В Кировском районе зона сильного загрязнения занимает приблизительно одну восьмую территории, в Рудничном – одну четвертую, в Заводском – около половины, в ЖР Ягуновский и Пионер – приблизительно одну треть площади района.

Таким образом, значительным и сильным загрязнением характеризуется большая часть территории г. Кемерово – 66,3% (чуть менее 200 км^2), куда входят большинство жилых кварталов, парки и скверы, насаждения вдоль дорог, участки, занятые малоэтажными домами (частный сектор), территории промышленных предприятий и их окрестности. По лихеноиндикационным данным наиболее загрязненным является Заводский район, а наименее – ЖР Лесная поляна.

По сравнению с г. Новосибирском, где ранее были проведены аналогичные исследования [9], в г. Кемерово зона слабого загрязнения занимает гораздо меньшую площадь: в Новосибирске она охватывает 8,5% городской

территории, в то время как в Кемерово – всего 1%. Участки, на которых отсутствует лишайниковая растительность, в г. Кемерово также составляют менее протяженную зону: «лишайниковая пустыня» занимает 35% территории Новосибирска и 26,3% территории Кемерово. Зона значительного загрязнения занимает существенно бóльшую площадь по сравнению с Новосибирском (40 и 16,5%) соответственно, при этом доля зон умеренного и среднего загрязнения в обоих промышленных центрах сопоставима.

Заключение

В результате исследования были выявлены основные закономерности распространения лишайников на территории г. Кемерово и проведена ее экологическая оценка. Сравнительно большой площадью характеризуются зоны значительного и сильного загрязнения, которые охватывают не только окрестности промышленных комплексов и автомагистралей, но также парки, скверы и жилые кварталы. Кроме того, в лишенофлоре г. Кемерово значительна доля видов, сравнительно устойчивых к атмосферному загрязнению. При этом 30% чувствительных к атмосферному загрязнению лишайников на исследуемой территории были отмечены лишь единично. Полученные результаты свидетельствуют о сильном негативном влиянии атмосферного загрязнения на большинство естественных и искусственных растительных сообществ, находящихся в городской черте. При увеличении антропогенной нагрузки наблюдается тенденция к снижению видового разнообразия и обилия лишайников, а также доли деревьев и кустарников, заселенных этими организмами.

Литература

1. Матерна Я. Воздействие атмосферного загрязнения на природные экосистемы // Загрязнение воздуха и жизнь растений. Л. : Гидрометеоиздат, 1988. С. 436–459.
2. Баумгертнер М.В. Лишайники – биоиндикаторы загрязнения окружающей среды юга Кемеровской области // Сибирский экологический журнал. 1998. № 2. С. 191–196.
3. Баумгертнер М.В. Современное состояние лишайников Липового острова // Сибирский экологический журнал. 2001. № 4. С. 483–491.
4. Романова Е.В. Предварительные данные по лишайникам в естественных растительных сообществах г. Кемерово // Растительный мир азиатской России. Вестник ЦСБС СО РАН. Новосибирск, 2009. № 1 (3). С. 6–12.
5. Романова Е.В. Лишайники города Кемерово (Западная Сибирь) // Растительный мир Азиатской России. Вестник ЦСБС СО РАН. Новосибирск, 2011. № 1. С. 9–16.
6. Города России: энциклопедия / ред. Г.М. Лаппо. М. : Большая Российская энциклопедия, 1994. 559 с.
7. Трасс Х.Х. Классы полевотолерантности лишайников и экологический мониторинг // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. Л. : Гидрометеоиздат, 1985. Т. 7. С. 122–137.
8. Трасс Х.Х. Анализ лишенофлоры Эстонии : автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Тарту, 1968. 80 с.
9. Романова Е.В., Седелникова Н.В. Лишайники – биоиндикаторы атмосферного загрязнения Новосибирской городской агломерации. Новосибирск : Гео, 2010. 98 с.

10. Бязров Л.Г. Лишайники в экологическом мониторинге. М. : Научный мир, 2002. 336 с.
11. Малышева Н.В. Лишайники Санкт-Петербурга // Труды Санкт-Петербургского общества естествоиспытателей. Сер. 3. Т. 79. СПб. : Изд-во СПб. ун-та, 2003. 97 с.
12. Мучник С.Э. Тенденции антропогенной трансформации лишенофлор // Ботанические исследования в азиатской России : материалы XI съезда Рус. ботан. об-ва. Новосибирск ; Барнаул, 2003. Т. 1. С. 179–181.

Поступила в редакцию 10.08.2012 г.

Tomsk State University Journal of Biology. 2012. № 4 (20). P. 203–214

Ekaterina V. Romanova

*Central Siberian Botanical Garden of Siberian Branch of the
Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia*

LICHENS AS BIOINDICATORS OF ATMOSPHERIC POLLUTION IN KEMEROVO

Methods of the lichenoidication show to what extent environmental factors are favorable for urban ecosystems and for people living in the area. Such researches have not yet been carried out in Kemerovo. Material for the study is specimens of lichens collected in native ecosystems and urban planting in summer 2008–2009. For the purpose of bioindication there were used only lichens on bark, whose number is 137 species of 175 (78.3% lichen flora of Kemerovo). The territory of the city was subdivided into squares with a side of 1 km. In each square there was measured the occurrence and the projective covering of lichens and the rate of trees, free of lichens. Lichens on the bark are grouped into 10 poleotolerance classes. Basing on the data for each square, the poleotolerance index (IP) was calculated. IP numbers were applied to lichenoidication schematic map of Kemerovo.

With an increasing anthropogenic pressure species diversity, projective cover of lichens and it's synusia are declining. The analysis of the rate of trees, free of lichens in different communities, shows that the urban planting lichen occurrence decreases even more with the increasing of anthropogenic pressure and species diversity and projective cover of lichens are declining.

Among lichens on wood plants bark in Kemerovo there are 56 species (40.8% of total), the most sensitive to air pollution and related to the first three poleotolerance classes. Of these, 30% (17 species) were noted sporadically. The rate of the lichens which are relatively resistant to human disturbance, included in the 7–10 poleotolerance classes is 38.7% of total lichens on the bark (53 species), of which 12 species (8.8% of total lichens on the bark) were found in all city districts, even in extreme growth conditions.

On the basis of the data on the lichen occurrence and abundance in different districts of the city there was calculated the poleotolerance index and lichenoidication schematic map of Kemerovo was drawn. Within the urban area there were identified 5 zones differing in the degree of pollution. A significant and strong pollution characterized most of the territory of Kemerovo – 66.3% (about 200 km²), including most residential areas, parks, public gardens along roads and areas occupied by low-rise buildings), the territories of industrial enterprises and their surroundings. According to lichenoidication data, the most polluted are the Zavodsky district and the least polluted is the residential area Lesnaya Polyana.

Key words: lichens; lichenoidikation; poleotolerance; atmospheric pollution.

Received August 10, 2012