Таблица 1. Расчетные характеристики внутригодовых значений экологически необходимых расходов воды в створе гидроузла, м^3/с

Месяц	Обеспеченность, %											
	25			50			75			95		
	Эк. сток	Ест. сток	Изм. сток	Эк. сток	Ест. сток	Изм. сток	Эк. сток	Ест. сток	Изм. сток	Эк. сток	Ест. сток	Изм. сток
январь	111	133	228	96	111	188	89	96	150	85	88	115
февраль	100	119	236	90	100	208	86	90	184	82	84	164
март	109	122	272	95	109	237	91	95	206	88	90	184
апрель	720	1 040	990	510	720	710	359	510	490	199	300	257
май	900	1 310	1 080	645	900	740	500	645	490	410	600	260
июнь	310	395	370	250	310	305	215	250	250	190	200	205
июль	200	290	370	155	200	240	135	155	190	125	130	155
август	165	215	265	130	165	200	115	130	168	105	110	135
сентябрь	166	225	272	128	166	200	112	128	164	103	108	120
октябрь	190	273	312	144	190	222	123	144	175	102	114	135
ноябрь	165	227	245	117	165	195	108	117	157	87	92	120
декабрь	126	158	224	98	126	177	90	98	140	86	88	107

Таблица 2. Расчетные характеристики внутригодовых значений экологически необходимых расходов воды г. Уфа, м^3/с

Месяц	Обеспеченность, %											
	25			50			75			95		
	Эк. сток	Ест. сток	Изм. сток	Эк. сток	Ест. сток	Изм. сток	Эк. сток	Ест. сток	Изм. сток	Эк. сток	Ест. сток	Изм. сток
январь	213	276	348	163	213	270	127	163	207	97	111	150
февраль	175	223	442	140	175	297	117	140	250	95	107	197
март	177	216	383	144	177	327	120	144	288	93	108	239
апрель	1 550	2 400	2 800	925	1 550	2150	560	925	1600	170	400	950
май	2 625	3 800	3 000	1 825	2 625	2150	1 300	1 825	1425	950	1 100	580
июнь	775	1 000	780	575	775	637	437	575	512	345	388	356
июль	460	655	590	350	460	435	275	350	370	210	245	280
август	320	480	460	250	320	360	210	250	300	155	180	218
сентябрь	320	480	500	235	320	340	195	235	275	140	180	215
октябрь	375	650	610	260	375	400	210	260	320	150	190	235
ноябрь	329	465	555	222	329	390	158	222	277	120	140	210
декабрь	256	352	368	176	256	296	130	176	234	100	117	176

ЛИХЕНОИНДИКАЦИОННЫЕ ШКАЛЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

Красногорская Н.Н., Журавлёва С.Е., Миннуллина Г.Р.
Уфимский государственный авиационный технический университет Институт Биологии УНЦ РАН, Уфа

Разработанная в настоящее время концепция комплексного экологического мониторинга природной среды в качестве обязательного компонента включает в себя биологический мониторинг, основанный на оценке непосредственного воздействия загрязнителей природной среды на живые организмы [1]. Так по реакции водорослей и моллюсков можно оценить качество водных объектов, по микроорганизмам и растениям - состояние почвы. При оценке же качества воздушного бассейна наибольшее распространение нашли особые симбиотические организмы – лишайники [13].

В последнее десятилетие показано, что из всех компонентов загрязнённого воздуха на лишайники самое отрицательное влияние оказывает двуокись серы [2, 3]. Воздействие этого соединения является одной из основных причин сокращения количества видов лишайников, изменения их проективного покрытия и угнетения эпифитов в городах и вокруг них. Пагубное воздействие этого поллютанта неоднократно подтверждено и в экспериментальных работах [4]. Экспериментально установлено, что это соединение в концентрации 0,08-0,1 мг/м^3 начинает действовать на многие лишайники [3]. Так, например, для Buellia punctata лимитирующей концентрацией является 90-110 мкг/м^3, для Lecanora subfusca – 70-80 мкг/м^3, для Physcia pulverulenta – 40 мкг/м^3 SO_2. Концентрация же двуокиси серы 0,5 мг/м^3 губительна для всех видов лишайников, произрастающих в естественных ландшафтах. Однако имеется группа полеотолератных

(выносливых по отношению к городской среде) видов, которые могут существовать и в довольно загрязнённом воздухе. Поэтому общие изменения структуры лишайниковых сообществ под воздействием загрязнения проявляются в уменьшении числа чувствительных видов и увеличении обилия токситолерантных видов [5, 6].

Таблица 1. Классы токсифобности видов лишайников Великобритании [8]

Классы	Виды лишайников	Содержание двуокиси серы в воздухе, мкг/м^3
0	Эпифиты отсутствуют	> 170
1	Водоросли Pleurococcus	170
2	Водоросли Pleurococcus Lecanora conizaeoides, L.expallens	150
3	Lecanora conizaeoides, L. incana L.expallens, Amandinea punctata	125
4	Hypogymnia physodes, Parmelia sulcata, Chaenotheca ferruginea Physconia ascendens, Xanthoria parietina, Physcia tribacia	70
5	Hypogymnia physodes, Parmelia sulcata, Chaenotheca ferruginea Parmelia glabratula,P. subrudecta, Parmeliopsis ambigua, Lecanora chlarotera, Calicium viride,Lepraria candelaris, Pertusaria amara,Ramalina farinacea Evernia mesomorpha Platismatia glauca, Physconia grisea, P.farea Phaephyscia orbicularis, Physcia tenella, Ramalina farinacea, Haematomma sp., Schismatomma recolorans, Xanthoria candelaria, Opergrapha varia, O.vulgata, X. parietina	60
6	Flavoparmelia caperata, Pertusaria, Parmelina tiliacae, Parmelia exasperatula, Graphis elegans, Usnea hirta, Pertusaria albescens, Physconia pulverulenta, Phaeophyscia adglutinata, Arthopyrenia gemmmata, Caloplaca luteoalba, Xanthoria polycarpa, Physconia grisea, P.farea Phaephyscia orbicularis, Opergrapha varia, O.vulgata	50
7	Flavoparmelia caperata, Parmelina tiliacae, Parmelia xasperatula, Usnea subfloridana, Pertusaria hemisphaerica, rinodina roboris, Arthonia impolita, Physcia aipolia, Anaptychia ciliaris, Bacidia rubella, , Ramalina farinacea	40
8	Ramalina farinacea, Evernia mesomorva, Evernia prunastri, Usnea lapponica, Peiltigera rufersens	35
9	Collema nigricans, Lobaria pulmonaria , Peltigera aphtosa, Xanthoparmelia solmoensis, Usnea glabrecens	30
10	Lobaria pulmpnaria, Nephroma resupinatum, N. parile, Heterodermia spesiosa, Usnea florida, Peltigea hrizontalis	Не загрязненный

Таким образом, в основе изменения видового состава лишайниковых сообществ под влиянием загрязнения лежит дифференциальная чувствительность различных видов лишайников к воздействию поллютантов, отмеченная лихенологами ещё в середине 1950-х годов. С того времени опубликовано немало работ по эффективному использованию, как отдельных видов, так и лишайниковых группировок при картировании и мониторинге загрязнения атмосферы диоксидом серы и другими соединениями. Так большое количество данных, касающихся распространения видов, и длительный мониторинг по определению концентраций диоксида серы в местах их произрастания позволили составить количественные лихеноиндикационные шкалы токсифобности, характеризующие чувствительность видов к различным уровням SO_2 [7, 12].

Впервые сопоставление данных о распространении эпифитных лишайников с известными уровнями атмосферного загрязнения было проведено в Великобритании [8]. В результате этой работы было выявлено 5 групп индикаторных видов эпифитных лишайников, распространение которых коррелирует с соответствующими концентрациями диоксида серы. Сегодня такая шкала для Великобритании включает в себя 10 классов (групп), члены которой одинаково реагируют на определённые загрязняющие вещества и их концентрации в атмосферном воздухе (табл. 1).

Таких шкал чувствительности видов лишайников в отношении степени загрязнённости воздуха составлено, как минимум, двенадцать – для различных регионов и стран мира [8, 9,10]. Наиболее пригодной для Европейской части России является шкала Х.Х. Трасса, составленная им на примере лишайниковых сообществ Эстонии (табл. 2).

Таблица 2. Классы чувствительности лишайников и типы местообитаний эпифитных лишайниковых сообществ Эстонии [11]

Классы полеотолерант-ности	Типы местообитаний по степени влияния антропогенных факторов и встречаемость видов	Виды
I	Естественные местообитания (ландшафты) без ощутимого антропоген-ного влияния	Lecanactis abietina, Lobaria scrobiculata, Menegzzia terebrata, Mycoblastus sanguinarius, виды родов Pannaria, Parmeliella, самые чувствительные виды рода Usnea
II	Естественные (часто) и антропогенно слабоизме-ненные местообитания (редко)	Bryoria chalybeiformis, Evernia divaricata, Cyalecta ulmi, Lecanora coilocarpa, Ochrolechia androgyna, Parmeliopsis aleurites, Ramalina calicaris
III	Естественные (часто) и антропогенные слабо-изменённые местообитания (часто)	Bryoria fuscescens, Cetraria chlorophylla, Hypogymnia tubulosa, Lecidea tenebricosa,Opergrapha pulicaris, Pertusaria pertusa, Usnea subfloridana
IV	Естественные (часто), слабо- (часто) и умеренно- (редко) изменённые местообитания	Bryoria implexa, Cetraria pinastri, Graphis scripta, Lecanora leptyrodes, Lobaria pulmonaria, Opergrapha diaphora, Parmelia subaurifera, Parmeliopsis ambigua, Pertusaria coccodes, Pseudevernia furfuraceae, Usnea filipendula
V	Естественные, антропогенно слабо- и умеренно изменённые местообитания (с равной встречаемостью)	Caloplaca pyracea, Lecania cyrtella, Lecanora chlarotera, L. rugosa, L. subfuscata, L. subrugosa, Lecidea glomerulosa, Parmelia exasprata, P. olivacea, Physcia aipolia, Ramalina farinacea
VI	Естественные (сравнительно редко) и антропогенно умеренно-(часто) изменённые местообитания	Arthonia radiata, Caloplaca aurantiaca, Evernia prunastri, Hypogymnia physodes, Lcanora allophana, L. carpinea, L. Chlarona, L. pallida, L. symmictera, Parmelia acetabulum, P. subargentifera, P. exasperatula, pertusaria discoidea, Hypocenomyce scalaris, Ramalina fraxinea, Rinodina exigua, Usnea hirta
VII	Умеренно (часто) и сильно (редко) антропогенно изменённые местообитания	Caloplaca vitellina, Candelariella vitellina, C. Xanthostigma, Lecanora varia, Parmelia onspurcata, P. sulcata, P. verruculifera, Pertusaria amara, Phaeophyscia nigricans, Phlyctis ageleaea, Physcia ascendens, Ph. stellaris, Ph. tenella, Physconia pulverulacea, Xanthoria polycarpa
VIII	Умеренно и сильно антро-погенно изменённые местообитания (с равной встречаемостью)	Caloplaca cerina, candelaria concolor, Phlyctis argena, Physconia grisea, Ph. enteroxantha, Ramalina pollinaria, Xanthoria candelaria
IX	Сильно антропогенно изменённые местообитания (часто)	Buellia punctata, Lecanora expallens, Phaeophyscia orbicularis, Xanthoria parietina
X	Очень сильно антропогенно изменённые местообитания (встречаемость и жизненность видов низкие)	Lecanora conizaeoides, L. hageni, Lepraria incana, Scoliosporim chlorococcum

Основным недостатком эмпирически установленных шкал корреляции состояния лишайников с концентрациями загрязнителей является то, что они имеют локальное значение. Так, например, величины концентрации SO_2, вызывающие образование “лишайниковой пустыни”, по данным авторов разных стран, изменяются более чем на порядок: от 0,015 до 0,17-0,2 ppm [14, 15]. Поэтому закономерности, установленные для Великобритании и Эстонии, не рекомендуется экстраполировать на среднюю Россию, где практически не существует аналогичных работ. Вследствие этого исследования по определению чувствительности видов лишайников к атмосферному загрязнению и составление лихеноиндикационных шкал токсифобности являются весьма актуальными для территории Российской Федерации.

Таким образом, в связи с актуальностью составления лихеноиндикационных шкал оценки загрязнённости атмосферы серистым ангидридом, в настоящей работе на урбанизированной территории города Уфы изучена и установлена взаимосвязь между видовым составом лишайников и содержанием в атмосферном воздухе сернистого ангидрида.

В результате изучения видового состава лишайников, произрастающих в районах с различным уровнем загрязнения атмосферы SO_2, была составлена лихеноиндикационная шкала чувствительности лишайников г.Уфы к загрязнению воздушного бассейна сернистым ангидридом (табл. 3).

Таблица 3. Лихеноиндикационная шкала токсифобности лишайников г.Уфы к SO_2

Видовой состав лишайников	Содержание двуокиси серы в воздухе, мкг/м^3
Physcia adsendens, Physcia enteroxantha, Physcia tenella, Scoliciosporum chlorococcum, Physcia stellaris, Parmelia sulcata, Physcia tribacea, Candelariella vitellina, Buellia punctata, Xanthoria substellaris, Physconia sp., Opegrapha pulicaris, Lecanora sp.	8,3
Physcia stellaris, Scoliciosporum chlorococcum, Physcia tribacea, Parmelia sulcata, Lecanora sp., Physcia tenella, Physcia dubia, Xanthoria parietina, Physcia aipolia, Lecanora sp., Physconia peresidiosa, Phaeophyscia nigricans, Melanelia orbicularis, Xanthoria substellaris, Caloplaca sp., Parmelia aspera, Physcia detersa, Puctellia subrudecta	5,1
Physcia dubia, Physcia stellaris, Lecanora sp., Xanthoria parietina, Xanthoria substellaris, Parmelia sulcata, Caloplaca sp., Physcia tenella	4,5
Scoliciosporum chloroccocum, Physcia dubia, Physcia tribacea, Phaeophyscia nigricans	7,5
Physcia dubia, Physcia stellaris, Caloplaca sp.	-

В результате сравнения зависимостей между видовым составом лишайников и качеством атмосферного воздуха, полученных для города Уфы (табл. 3), с зависимостями, выявленными для Великобритании (табл. 2) установлено, что существенно отличается видовой состав групп лишайников, одинаково реагирующих на содержание в атмосферном воздухе загрязняющих веществ. В Великобритании, в местах произрастания лишайников вида Physcia tribacea произрастают виды лишайников Hypogymnia phisodes. В условиях города Уфы, вид лишайника Hypogymnia phisodes является очень чувствительным и не встречается вместе Physcia tribacea, который является очень устойчивым к атмосферному загрязнению. Кроме того, концентрации диоксида серы, определяющие присутствие различных видов лишайников, в Великобритании на порядок выше. Так для г.Уфы концентрации SO_2 порядка 4,5 – 8,3 мкг/м^3, в то время как для Великобритании концентрации SO_2 варьируют в интервале от 30 до 170 мкг/м^3. Полученный результат, по-видимому, связан с различием природно-климатических условий и характером атмосферного загрязнения г.Уфы и Великобритании. Кроме того, проведённые исследования в очередной раз показали, что выявлять чувствительные виды лишайников и составлять лихеноиндикационные шкалы токсифобности необходимо отдельно для каждой урбанизированной территории.

Список литературы

1. Бадтиев Ю.С., Кулемин А.А Биоиндикация – малозатратный и эффективный метод познания // Экологический вестник России, 2001, № 1, с. 38-41

2. Nash T.H. Sensitivity of lichens to sulphur dioxide // Bruologist. 1973. Vol. 76. P. 333-339, Richardson D.H.S., Puckett K.J. Sulphur dioxideand photosynthesis in lichens // Air pollution and lichens. Toronto: Univ. Press, 1973. -P. 283-298

3. Биоиндикация и биомониторинг = Bioindication and biomonitoring: [Сб. ст. / АН.СССР, Ин-т эволюционной морфологии и экологии животных им. А.Н.Северцова, Нац. ком. Биологов Сов. Союза] – М.: Наука, 1991

4. Likens G.E., Wright R.F., Galloway J.N., Butler T.J. Acid rain // Sci. Amer. - 1979. - N 4. - P. 43-51.

5. Байбаков Э.И., Ситников А.П. Лихенофлора г.Казани: изменения видового состава в историческом аспекте // Вестник ТО РЭА. - 2000. - № 1. – С. 41-46.

6. Kauppi M., Mikkonen A. Floristic versus single species analysis in the use of epiphytic lichens as indicators of air pollution in a boreal forest region, Nothern Finland // Flora. – 1980.- B.169 (4). - P. 255-281

7. Van Dobben H.F., ter Braak C.J.F. Ranking of epiphytic lichen sensitivity to air pollution using survey data: a comparison of indicator scales // Lichenologist. - 1999. - Vol. 31 (1). - P. 27-39.

8. Hawksworth D.L., Rose F. Qualitative scale for estimating sulphur dioxide air pollution in England and Wales using epiphytic lichens // Nature. – 1970 - P. 145-208

9. Loppi S., Giordani P., Brunialti G., Isocrono D., Piervittori R. A new scale for the interpretation of lichens biodiversity values in the Thyrrenian side of Italy // Biblioteca lichenologica (in press). 2001

10. Martin L.N., Martin J.L. Comparioson of two epiphytic lichens community indices reflecting air pollution // Folia Criptogamica Estonca. - 1974. - № 6. - P. 47-48.

11. Трасс Х.Х. Классы полеотолерантности лишайников и экологический мониторинг // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. Л.: Гидрометеоиздат, 1984. - С. 144 – 159

12. Трасс Х.Х. Лихеноиндикационные индексы и SO_2 // Биогеохимический круговорот веществ в биосфере. М.: Наука, 1987. С. 111-115.

13. Мэннинг У. Дж., Федер У.А. Биомониторинг загрязнения атмосферы с помощью растений. – М.: Гидрометеоиздат, 1985. – 143 с.

14. Gilbert O.L. Further studies on the effect of sulpfur dioxide on lichens and bryophytes // New Phytol. – 1970. - Vol. 69. - P. 605-627.

15. Инсарова И.Д., Инсаров Г.Э. Сравнительные оценки чувствительности эпифитных лишайников различных видов к загрязнению воздуха / Проблемы экологического мониторинга и моделирование экосистем. – Л.: Гидрометеоиздат, 1989. - Т. 12. - С. 113-175.

ЛИШАЙНИКИ ПАРКОВОЙ ЗОНЫ ГОРОДА КРОПОТКИНА КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ И ИХ ИНДИКАТОРНОЕ ЗНАЧЕНИЕ

Криворотов С. Б., Цей А.А., Затеева М.В.
Кубанский государственный университет, Краснодар

Вопросы антропогенной трансформации, или синантропизации флоры сосудистых растений, хорошо разработаны в настоящее время (Малышев, 1980; Горчаковский,1984; Бурда, 1991), в то время как эти вопросы для лихенофлор изучены совершенно недостаточно. Для выявления основных тенденций антропогенной трансформации лихенофлор особый интерес представляют лихенофлоры урбанизированных территорий, особенно крупных городов. Города – это «горячие котлы» синантропизации флоры и растительности, которые являются главной составляющей антропогенной эволюции экосистем (Lonsdale,1999).

Несмотря на множество особенностей лишайников, как симбиотрофных организмов, их роль в наземных экосистемах наиболее близка к роли высших сосудистых растений. Следует подчеркнуть, что чувствительность эпифитных лишайников и их группировок к различным загрязняющим компонентам не одинакова, а их реакция на сложный комплекс загрязнителей может быть довольно неопределенной. В связи с этим, при их изучении возникает целый ряд вопросов, связанных с выбором методов и подходов, которые могут быть применены на исследуемой территории.

При изучении флоры лишайников города Кропоткина в 2002 – 2003 гг. в рамках регионального экологического мониторинга, нами проводились лихеноиндикационные исследования. Город Кропоткин характеризуется высоким уровнем техногенного загрязнения среды, создающимся большим количеством автомобильного, железнодорожного транспорта и преобладающими отраслями промышленности: нефтехимической, металлообрабатывающей, деревообрабатывающей и др.

Основным объектом исследований являлись парки и скверы города Кропоткина (центральный городской парк, парк 30-летия Победы в ВОВ, скверы по ул. Ворошилова, ул. Пригородной, общей площадью 43 га), испытывающие существенную антропогенную нагрузку. Северная часть центрального городского парка расположена в 100 м от железнодорожного полотна (крупнейшей железнодорожной магистрали Краснодар – Кавказская – Адлер); с южной и восточной стороны к парку 30-летия Победы примыкает промышленная зона города Кропоткина. Существенное влияние на состояние растительности парков и скверов оказывают автомагистрали. Указанные территории города находятся под воздействием линейных и точечных источников загрязнения атмосферной среды. Растительность парков и скверов разнообразна. В ее составе имеются интродуцированные древесные растения. К преобладающим древесным растениям в парковой зоне относятся: липа сердцевидная и крупнолистная, конский каштан обыкновенный, орех черный, орех грецкий, тополь белый и черный, дуб красный, ива прутовидная, береза бородавчатая, клен остролистный, сирень обыкновенная, плосковеточник восточный.

В процессе лихенологических исследований была проведена инвентаризация зеленых насаждений парков и скверов. Обследовано 723 экземпляра деревьев и кустарников, относящихся к 34 видам. Сбор эпифитных лишайников проводился во время маршрутных исследований. Определение лишайников проводилось в лабораторных условиях по методике, предложенной А. Н. Окснером (1974). Флористический список лишайников составлялся с учетом современной номенклатуры (Eriksson et. al., 2001).

В результате проведенных в парковой зоне города лихенологических исследований обнаружено 24 вида эпифитных лишайников, принадлежащих к 12 родам и 5 семействам. Наиболее крупными по числу видов семействами являются: Parmeliaceae (8 видов), Physciaceae (7) и Lecanoraceae (4). Наиболее крупными по числу видов родами лихенофлоры парковой зоны города являются: Melanelia (4 вида), Physcia (4), Ramalina (4), Lecanora (3).

Эти роды включают 62,5% видового состава лихенофлоры парковой зоны. На долю остальных приходится 37,5% видового состава.

Была изучена приуроченность эпифитных лишайников к древесным растениям-форофитам в парках и скверах города. Лишайники были обнаружены на 32 видах древесных растениий-форофитов. Наибольшее количество видов лишайников было обнаружено на ясене высоком (11 видов), гледичии обыкновенной (8), ясене зеленом (7), тополе черном (7), тополе белом (6), липе сердцевидной (6), иве прутовидной (6), шелковице белой (6), орехе черном (5), орехе грецком (5), каштане конском обыкновенном (5), робинии ложно-акации (5).

Анализ распространения эпифитных лишайников в парках и скверах города Кропоткина, испытывающих существенную антропогенную нагрузку, позволил составить шкалу чувствительности видов: чувствительные (гетерофобные), средне чувствительные (умеренные) и устойчивые (гемерофильные). К первой категории нами отнесены виды Evernia prunastri, Ramalina fastigiata, R. dilacerata, R. pollinaria, R. fraxinea, Melanelia olivacea, M. subargentifera, Parmelina tiliacea, которые распространены в тех районах парков, скверов, которые удалены от точечных и ли-