

УДК 582.28

И. Е. Дубовик, М. Ю. Шарипова, И. П. Климина

Башкирский государственный университет, Уфа, Россия

ВЛИЯНИЕ АЭРОТЕХНОГЕННЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ НА СОСТАВ СООБЩЕСТВ ЭПИФИТНЫХ МИКРОМИЦЕТОВ Г. УФЫ

Впервые проведено изучение таксономической структуры и закономерностей развития эпифитных микромицетов под влиянием промышленного загрязнения. В качестве объектов для стационарного исследования были выбраны пять видов древесных растений: хвойные (*Picea obovata* Ledeb.) и лиственные (*Betula pendula* Roth, *Populus nigra* L., *Tilia cordata* Mill., *Sorbus aucuparia* L.). Составлен таксономический список, включающий 41 вид микроскопических грибов коры древесных растений, которые в зоне нефтехимического комплекса были представлены 23 видами, а в контрольной зоне города – 28. Доминирующее положение по числу видов на коре деревьев занимают представители рода *Penicillium*. В фоновой зоне отмечалась большая встречаемость представителей рода *Mucor*, составляющая 67% общего числа эпифитных микромицетов. Выявлена специфика организации комплекса микромицетов в зависимости от условий обитания, показано, что полученные результаты могут быть использованы для биомониторинга.

Ключевые слова: аэротехногенное загрязнение; эпифитные микромицеты; биомониторинг.

I. E. Dubovik, M. Yu. Sharipova, I. P. Klimina

Bashkir State University, Ufa, Russian Federation

THE IMPACT OF AERIAL TECHNOGENIC POLLUTION ON THE EPiphyTIC COMMUNITY COMPOSITION OF THE OF MICROMYCETES OF THE CITY OF UFA

The study of the taxonomic structure and patterns of development of epiphytic micromycetes under the influence of industrial pollution was made for the first time. Five species of woody plants were chosen as objects for stationary research: coniferous (*Picea obovata* Ledeb.) And deciduous (*Betula pendula* Roth, *Populus nigra* L., *Tilia cordata* Mill., *Sorbus aucuparia* L.). A taxonomic list has been compiled that includes 41 species of microscopic fungi of bark of woody plants: in the zone of the petrochemical complex they were represented by 23 species, and in the control zone of the city – 28. The dominant position in the number of species on the tree bark is occupied by representatives of the genus *Penicillium*. In the kontrol zone, a large occurrence of representatives of the genus *Mucor*, accounting for 67% of the total number of epiphytic micromycetes was noted. The specifics of the organization of the micromycete complex depending on the habitat conditions are revealed, it is established that the obtained results can be used for biomonitoring.

Key words: aerotechnogenous pollution; epiphytic micromycetes; biomonitoring.

Введение

Биоиндикация урбанизированных экосистем традиционно находится в центре эколога-ботанических исследований. Индикаторами техногенного загрязнения служат как высшие, так и низшие растения. Работы, в которых исследовался грибной компонент техногенных экосистем, касаются, в основном, узкоспециализированных групп микоризообразователей [Станкявичене, Урбонас, 2006] или ксилотрофных грибов (как классические примеры растительно-

грибного взаимодействия). Рекреация и загрязняющие вещества оказывают влияние на такие показатели, как видовое богатство, доминирование, деструктивная активность ксилотрофных грибов [Волчатова и др., 2007; Сафонов, Сафонова, 2009].

В то же время большой интерес представляет обширная и менее специализированная группа микроскопических грибов, не относящихся к ксилотрофам, но обитающих на древесной коре и наряду с водорослями и цианобактериями образующих макроскопические разрастания. Ранее были

получены данные, что фикобионты не являются индикаторами воздушного загрязнения [Дубовик, Шарипова, 2016], однако данные о микобионтах отсутствуют. В связи с этим были поставлены следующие задачи:

- определить видовой состав микроскопических грибов коры древесных растений, их приуроченность к разным форофитам;
- сравнить микобиоту контрольной и промышленной зон на территории г. Уфы;
- изучить особенности сезонной динамики видового состава комплекса микромицетов;
- провести сравнительные исследования влияния промышленного загрязнения на комплекс микромицетов коры древесных растений, выявить возможность их использования для биоиндикации, дать оценку экологически опасным последствиям

трансформации комплексов микроскопических грибов.

Материал и методы исследования

В качестве объектов для стационарного исследования были выбраны пять видов древесных растений: хвойные (ель сибирская – *Picea obovata* Ledeb.) и лиственные (береза повислая – *Betula pendula* Roth, тополь черный – *Populus nigra* L., липа сердцелистная – *Tilia cordata* Mill., рябина обыкновенная – *Sorbus aucuparia* L.). Выбор этих форофитов обусловлен их широким распространением на данных территориях. Исследования проводились в рекреационной (фоновой) зоне города (контроль) и промышленной (территория нефтеперерабатывающего комплекса «Башнефть», расположенного в северной части г. Уфы) (табл. 1).

Таблица 1

Характеристика состояния воздушного бассейна по основным загрязнителям в изученный период

Наименование примеси	Промышленная зона, мг/м ³	Зона контроля, мг/м ³	Значение ПДКс.с., мг/м ³
Взвешенные вещества	0.15	0.06	0.15
Диоксид серы	0.005	0.002	0.05
Оксид углерода	2.0	1.4	3.0
Диоксид азота	0.04	0.02	0.04
Хлорид водорода	0.04	-	0.1
Формальдегид	0.006	-	0.003
Бензол	0.02	-	0.1
Четырёххлористый углерод	0.01	-	0.7
Хлороформ	0.012	-	0.03
Бенз(а)пирен	2.8	-	1.0

Образцы коры деревьев (всего 316) отбирали на высоте 150–155 см от поверхности почвы. Каждый образец являлся средней пробой, полученной при смешивании 10 индивидуальных с одного вида древесных растений в разные сезоны. Образцы коры размером приблизительно 5×5 см и толщиной 2–5 мм. При сборе проб и подготовке их к анализу соблюдали необходимые условия стерильности.

Выделение и количественный учет микромицетов проводили по общепринятой методике посева суспензии измельченной коры на агаризованную подкисленную среду Чапека (в трех повторностях). Состав среды: сахароза – 30.0 г; NaNO₃ – 2.0; K₂HPO₄ – 1.0; MgSO₄·7H₂O – 0.5; KCl – 0.5; FeSO₄·7H₂O – 0.1; агар – 20.0г; вода дистиллированная – 1000 мл. Для роста грибов среду подкисляли (0.5% молочной кислоты). Инкубирование проводили при температуре 27–28°C. Учет микромицетов осуществляли на седьмые сутки [Методы ..., 1991]. Для определения патогенности выделенных нами видов, использовали классификацию С. Де Хога [Марфенина, 2005].

Идентификацию видов микромицетов проводили по определителям [Милько, 1974; Билай, Коваль, 1988; Билай, Курбацкая, 1990; de Hoog et al., 2000; Саттон, Фотергилл, Ринальди, 2001]. Видо-

вые названия грибов уточняли по пополняемым спискам опубликованных видов в базе данных «Index fungorum» (www.indexfungorum.org).

Учет мицелия грибов проводили методом мембранных фильтров в модификации Демкиной и Мирчинк. Использовали фильтры марки «Сынпор» с диаметром пор 2.5 мкм или диаметром 35 с порами 2.5 мкм и краситель дианиловый голубой. Суммарную длину гиф мицелия в 1 г почвы рассчитывали по формуле

$$a = \frac{b \times 10^4 S n 10^2}{50 P V C 10^8},$$

где a – длина гиф в 1 г почвы (см); b – суммарная длина гиф на фильтре в 50 полях зрения в единицах окуляр-микрометра (мкм); S – площадь фильтра (мм²); n – разведение почвенной суспензии; P – площадь зрения (мкм²); V – объем наносимой суспензии; C – навеска почвы, коры (г).

Для установления типичных и доминантных видов определяли обилие (плотность) вида – отношение числа штаммов данного вида к общему числу всех видов. Доминантность вида определяется по его обилию (абсолютные доминанты – свыше 50% от всех имеющихся форм; доминанты первого ранга от 25 до 50%; доминанты второго

ранга от 5 до 25% от всех имеющихся форм) [Мирчинк, 1988].

Для определения значимости вида применяли критерий частоты встречаемости по показателю временной частоты встречаемости вида, устанавливаемый как отношение числа моментов времени, когда вид обнаружен, к общему числу моментов отбора образцов.

При совместном использовании показателей пространственной и временной частот встречаемости Т.Г. Мирчинк [1988] предложено характеризовать структуру почвенных микромицетов следующим образом: типичные доминирующие виды – пространственная и временная частота встречаемости выше 60%; типичные частые – пространственная и временная частота встречаемости более 30%; типичные редкие – пространственная частота встречаемости ниже 30% и временная выше 30% и случайные виды – оба показателя ниже 30%. При анализе особенностей микобиоты использовался коэффициент сходства Сёрсенсена [Одум, 1986].

Статистическую обработку результатов производили с применением пакета прикладных программ Statistica V 6.0.

Результаты и их обсуждение

Был выявлен 41 видовой таксон эпифитных микромицетов, которые в зоне нефтехимического комплекса были представлены 23 видами, а в контрольной зоне города – 28. Доминирующее положение по числу видов на коре деревьев занимают представители рода *Penicillium*, что составляет 61% от всех выделенных видов. В промышленной зоне этот род представлен 10 видами, а в зоне контроля – 18. В фоновой зоне большая встречаемость

представителей рода *Mucor*, составляющая 67% от общего числа эпифитных микромицетов. Представителей данного рода в промзоне обнаружено не было. Г.А.Евдокимовой, М.В. Корнейковой, Е.В. Лебедевой [2007] также была отмечена чувствительность представителей порядка *Mucorales* к выбросам алюминиевого предприятия. Было показано, что сопутствующая микромицетам альгофлора не зависит от аэротехногенного загрязнения [Дубовик, Климина, 2010; Дубовик, Киреева, Климина, 2012; Дубовик, Шарипова, 2016].

В наших исследованиях выявлен рост доли грибов родов *Aspergillus* и *Trichoderma* относительно микромицетов рода *Penicillium* и появление меланинсодержащих грибов в зоне возле промышленных предприятий. Подобные изменения наблюдали в комплексах микромицетов городских почв [Марфенина, 1999] что, возможно, указывает на единый механизм воздействия антропогенных факторов на микроскопические грибы почвенного и надпочвенного ярусов городской экосистемы. О.Е. Марфенина [1989] отмечала интенсивное развитие грибов данного рода при высоком уровне загрязнения тяжёлыми металлами. Кроме того, в зоне промышленного загрязнения отмечена большая частота встречаемости ряда видов микромицетов из рода *Aspergillus*.

Анализ частых, редких и случайных видов также показал качественные различия. На территории нефтеперерабатывающего предприятия доминантные формы грибов практически сохраняются, но происходит обеднение видовой структуры комплексов микромицетов за счёт выпадения числа редких видов (табл. 2).

Таблица 2

Частота встречаемости микроскопических грибов на коре древесных растений в промышленной (П) и контрольной (К) зонах

№	Таксон	П	К	Уровень патогенности
Класс Zygomycetes				
1	<i>Mucor sp.</i>	-	Д	
2	<i>Rhizopus microsporus</i> Tiegh.	С	-	
Класс Hyphomycetes				
3	*** <i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keissl.	Д	ТЧ	BSL-2
4	*** <i>Aspergillus candidus</i> Link	С	-	
5	*** <i>A. flavus</i> var. <i>orysae</i> (Ahlb.) Kurtz.	ТЧ	-	
6	*** <i>A. fumigates</i> Fresen.	Д	Д	BSL-2
7	<i>A. fumigatus</i> var. <i>griseibrunneus</i> Rai et Singh	ТЧ	-	BSL-2
8	*** <i>A. niger</i> var. <i>niger</i> Tiegh.	Д	Д	BSL-2
9	<i>A. sulphureus</i> Desm.	-	С	
10	** <i>A. terreus</i> Thom	С	-	BSL-2
11	*** <i>Aureobasidium pullulans</i> (de Bary) G. Arnaud	ТЧ	-	BSL-2
12	<i>Isaria farinosa</i> (Holmsk.) Fr.	-	С	
13	<i>Penicillium albocinerascens</i> Chalab.	ТЧ	С	

Окончание табл. 2

№	Таксон	П	К	Уровень патогенности
14	<i>P. aculeatum</i> Raper&Fennell	-	С	
15	<i>P. atrovenetum</i> G. Sm.	-	С	
16	* <i>P. canescens</i> Sopp	ТЧ	-	
17	*** <i>P. chrysogenum</i> Thom	С	-	BSL-1
18	*** <i>P. citrinum</i> Sopp	С	Д	BSL-2
19	<i>P. corylophiloides</i> S.Abe	-	С	
20	<i>P. cyaneum</i> (Bainier&Sartory) Biourge ex Thom	-	С	
21	<i>P. duclauxii</i> Delacr.	-	ТЧ	
22	* <i>P. funiculosum</i> Thom	-	ТЧ	BSL-2
23	*** <i>P. glabrum</i> (Wehmer) Westling	С	-	
24	<i>P. implicatum</i> Biourge	-	С	
25	* <i>P. lanosum</i> Westling	ТЧ	Д	
26	<i>P. melinii</i> Thom	-	С	
27	<i>P. nalgiovense</i> Laxa	-	ТР	
28	<i>P. ochraceum</i> Corda	ТР	-	
29	<i>P. purpurescens</i> (Sopp) Biourge	-	С	BSL-2
30	*** <i>P. purpurogenum</i> Fleroff	-	ТЧ	
31	<i>P. resticulosum</i> Birk., Raistrick& G. Sm.	-	ТР	
32	* <i>P. simplicissimum</i> (Oudem.) Thom	С	-	
33	<i>P. solitum</i> var. <i>crustosum</i> (Thom) Bridge	ТЧ	-	
34	<i>P. solitum</i> var. <i>solitum</i> Westling.	-	С	
35	* <i>P. velutinum</i> J.F.H. Beyma	-	ТЧ	6
36	* <i>P. variabile</i> G. Mey.	С	Д	BSL-2
37	<i>Trichoderma citrinoviride</i> Bissett	-	ТР	
38	** <i>T. harzianum</i> Rifai	ТЧ	ТР	
39	*** <i>T. koningii</i> Oudem.	С	С	BSL-1
40	** <i>T. viride</i> Pers.	Д	ТЧ	BSL-2
Класс Coelomycetes				
41	** <i>Phoma glomerata</i> (Corda) Wollenw. & Hochapfel	С	-	
ВСЕГО		23	28	

Примечание: Д – доминантные; ТЧ – типичные частые; ТР – типичные редкие; С –случайные; * – фитотоксичный вид; ** – оппортунистический вид; *** – условно патогенные.

Только для загрязнённой территории характерны *Rhizopus microsporus*, *Aspergillus candidus*, *A. fumigatus* var. *griseibrunneus*, *A. terreus*, *Aureobasidium pullulans*, *Penicillium canescens*, *P. ochraceum*, *P. chrysogenum*, *P. simplicissimum*, *P. solitum* var. *crustosum*, *P. glabrum*, *Phoma glomerata*. Микромицетами, обнаруженными только в контрольной зоне, были: *Mucor* sp., *Aspergillus sulphureus*, *Isaria farinosa*, *Penicillium aculeatum*, *P. purpurescens*, *P. duclauxii*, *P. corylophiloides*, *P. cyaneum*, *P. melinii*, *P. funiculosum*, *P. implicatum*, *P. nalgiovense*, *P. purpurogenum*, *P. velutinum*, *P. resticulosum*, *P. solitum* var. *solitum*, *Trichoderma citrinoviride*.

Сравнение частоты встречаемости сходных видов в сообществах эпифитных микромицетов загрязнённой и контрольной зон показало неоднозначный результат. Так, на двух сравниваемых участках виды *Aspergillus fumigatus*, *A. niger* var. *niger* являются доминирующими, они встречались

практически во всех образцах коры древесных растений. *Penicillium albocinerascens*, входивший в группу случайных видов на незагрязненной территории, становился частым при загрязнении. Напротив, виды *Penicillium citrinum*, *P. variabile* оказались чувствительными к аэротехногенному загрязнению. При сравнении комплексов микромицетов промышленной и контрольной зон коэффициент Сёренсена составил 38%.

На коре древесных растений промышленной зоны численность микроскопических грибов была несколько выше, чем в контрольной (рис. 1). Так как развитие колоний грибов происходит преимущественно из спор, то увеличение количества микромицетов, возможно, связано с усилением споруляции при аэротехногенном загрязнении. Очевидно, спорообразование способствует выживанию микробиоты в неблагоприятных условиях.

Измерение длины мицелия показало колебание данной величины в пределах от 0.26 до 1.64 м/г и

зависимость как от места отбора пробы, так и от вида форофита, кора которого была использована для микологического анализа (рис. 2). Промышленное загрязнение нефтеперерабатывающего комплекса оказывало влияние на длину гифов, приводя к увеличению их длины в 2–5 раз. Тенденция к увеличению количества мицелия на стволах деревьев четко прослеживалась для таких пород, как береза (в 4.9 раз), тополь (в 3.8 раз). Поскольку длина мицелия является степенью активности грибов [Домрачева и др., 2006], результаты

показали, что в промышленной зоне складываются благоприятные условия для развития эпифитных микромицетов на коре всех исследованных форофитов. В то же время на коре ели длина грибных гиф в промышленной и контрольной зонах ниже, чем на листопадных деревьях. Возможно, наблюдаемые различия связаны с наличием в коре хвойных пород биологически активных веществ, способных влиять на рост и размножение микроорганизмов [Смирнов и др., 2002].

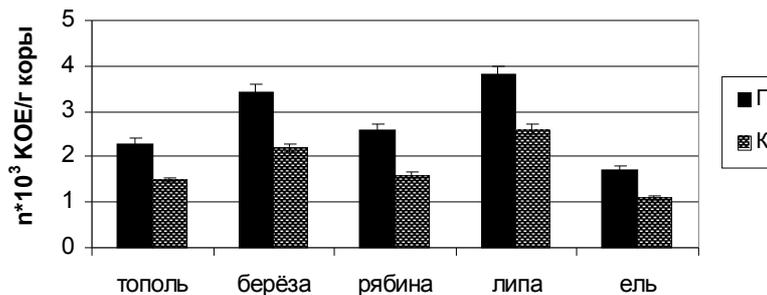


Рис. 1. Численность микроскопических грибов на коре древесных растений, КОЕ $\times 10^3/\text{г}$

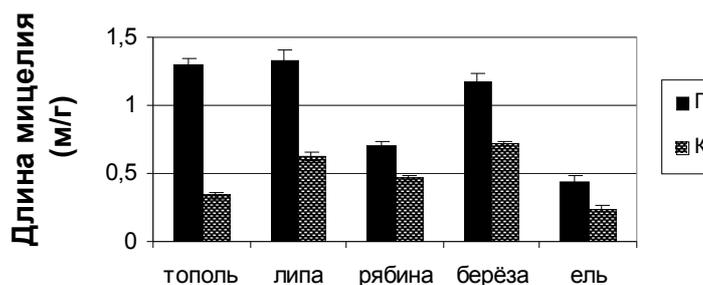


Рис. 2. Средняя длина гиф (м/г) микромицетов, выделенных с коры деревьев, произрастающих в промышленной и контрольной зонах

Анализ видового состава микроскопических грибов показал наличие на коре деревьев оппортунистических и фитопатогенных видов. Были обнаружены условно патогенные виды грибов, относящиеся к родам *Alternaria*, *Aspergillus*, *Aureobasidium*, *Penicillium*, *Trichoderma*, *Phoma*. Представители этих родов являются возбудителями заболеваний органов дыхания, кожных покровов, а также способствуют развитию аллергических реакций. На территории промзоны, по сравнению с контрольной, выявлено больше условно патогенных микромицетов, доля которых в контрольной зоне составляла 29%, а в зоне промышленного загрязнения – 57% от общего числа видов (рис. 3). Оппортунистические микозы человека, вызываемые условно патогенными грибами, представляют собой обширные поражения грибным мицелием слизистых оболочек или легких (реже других внутренних органов) у пациентов, страдающих иммунодефицитными состояниями или в послеоперационный период [Марфенина, 2005]. Отмечены изменения в структуре комплексов условно

патогенных видов грибов на коре деревьев в фоновой и загрязнённой зонах, а именно: только в составе комплекса грибов загрязнённой зоны выявлены условно патогенные виды: *Aspergillus candidus*, *A. flavus var.orysae*, *A. terreus*, *Aureobasidium pullulans*, *Penicillium chrysogenum*, *P. glabrum*, *Phoma glomerata*.

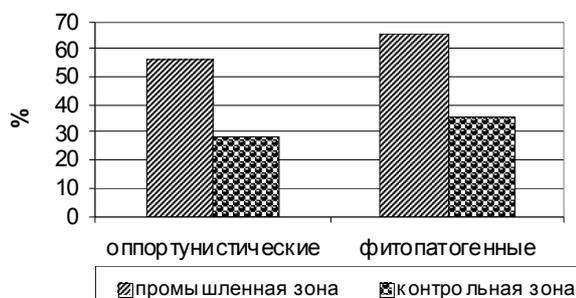


Рис. 3. Соотношение фитопатогенных и оппортунистических видов микромицетов на коре древесных растений

Наибольшим обилием в исследуемых зонах среди других аэрофильных оппортунистических видов микромицетов отличились *Alternaria alternata*, *Aspergillus fumigatus*, *A. niger*. Данная группа микромицетов представлена эврибионтными видами, выделяемыми из различных местообитаний; они часто обнаруживались в деградированных и химически загрязненных почвах [Герехова, 2007]. Также О.Е. Марфенина, Г.М. Фомичёва [2007] указывали на эвритопность таких потенциально патогенных микромицетов, как *Alternaria alternata*, *Aspergillus niger*. Все три вида могут выступать в качестве аллергенов; кроме того, *Aspergillus fumigatus* может вызывать микозы у больных с ослабленной иммунной системой, а *Alternaria alternata* – известный фитопатоген согласно литературным данным [Соболев, 1999; de Hoog et al., 2000; Саттон, Фотергилл, Ринальди, 2001; Зачиняева, Лебедева, 2003].

Многие из выделенных нами видов грибов по опасности их для человека или по уровню патогенности относятся к 2 группам: BSL-1 и BSL-2 (см. табл. 2).

Грибы группы BSL-1 – это, в принципе, безопасные для здоровья людей. Но при нарушении кожных покровов они могут попадать в организм человека и вызывать локализованные микозы на фоне иммунодефицита. Грибы группы BSL-2 могут попадать в организм здорового человека и сохра-

няться в нём, вызывая локализованные микозы. В ослабленном организме они могут распространяться более широко и проявлять свойства оппортунистов. В промышленной зоне их доля от видового разнообразия составляет 56%, тогда как в контроле – только 32%.

Аналогичным образом реагировали на загрязнение и фитопатогенные микромицеты. Как неблагоприятное воздействие загрязнения на экосистему можно расценивать и появление дереворазрушающего гриба *Phoma glomerata* на коре рябин промышленной зоны. А.Б. Кулько и О.Е. Марфениной [2001] также отмечено увеличение частоты встречаемости данного тёмноокрашенного пикнидиального гриба в снеговом покрове придорожной зоны.

Распространение потенциально патогенных микромицетов имеет определённую сезонную динамику. Наибольшее число оппортунистических микромицетов было обнаружено в летний и осенний периоды, 9 и 11 видов соответственно, а наименьшее (6 видов) в зимний период (табл. 3). По-видимому, низкие температуры воздуха оказываются лимитирующими для развития микробиоты. Схожие данные получены О.Е. Марфениной [2002], которая отмечает, что летний и осенний периоды являются самыми благоприятными временами года для развития опасных плесеней.

Таблица 3

Обилие условно патогенных микромицетов коры древесных растений в разные сезоны

Виды микромицетов	Время года							
	Весна		Лето		Осень		Зима	
	П	К	П	К	П	К	П	К
<i>Alternaria alternata</i>	0.75	-	1.44	1.93	2.71	1.9	1.52	-
<i>Aspergillus candidus</i>	-	-	-	-	1.2	-	-	-
<i>A. fumigatus</i>	2.15	1.95	3.6	0.6	3.35	1.7	2.33	0.85
<i>A. niger</i> var. <i>niger</i>	9.4	8.3	8.52	6.96	3.35	1.6	2.0	1.2
<i>A. flavus</i> var. <i>oryzae</i>	-	-	1.6	-	1.16	-	-	-
<i>A. terreus</i>	-	-	0.12	-	-	-	-	-
<i>Aureobasidium pullulans</i>	0.43	-	-	-	-	-	-	-
<i>Penicillium chrysogenum</i>	-	-	-	-	1.6	-	-	-
<i>P. citrinum</i>	-	0.3	0.18	0.8	-	0.3	0.12	0.12
<i>P. glabrum</i>	-	-	-	-	0.5	-	-	-
<i>P. purpurogenum</i>	-	0.75	-	-	-	-	-	0.6
<i>Trichoderma viride</i>	0.24	-	0.7	0.96	0.57	0.12	0.5	-
<i>T. koningii</i>	1.6	-	2.33	-	1.16	0.75	-	-
<i>T. harzianum</i>	-	-	-	-	2.0	0.24	-	-
<i>Phoma glomerata</i>	-	-	0.12	-	-	-	-	-
Всего	6	4	9	5	10	7	5	4
Всего видов	8		9		11		6	

Заключение

Таким образом, проведенные исследования образцов коры древесных растений позволили выявить 41 вид микроскопических грибов. Изучен-

ные древесные растения по степени уменьшения видового разнообразия можно расположить в следующем порядке: *Betula pendula* Roth. – 23 вида → *Populus nigra* L. – 21 → *Tilia cordata* Mill. – 16 → *Picea obovata* Ledeb. – 9 → *Sorbus aucuparia* L. – 6.

В зоне промышленного загрязнения наблюдалось упрощение видовой структуры комплекса микромицетов, при этом отмечено увеличение длины гиф и биомассы грибного мицелия на стволах древесных растений вблизи нефтеперерабатывающего комплекса. Также на загрязнённой территории обнаруживалось большее число условно патогенных для человека и животных видов микромицетов, чем на контрольной территории. Аналогичным образом реагировали на загрязнение и фитопатогенные микромицеты, в промышленной зоне их количество возрастало по сравнению с таковыми фоновой территории.

Полученные результаты могут быть использованы для биоиндикации. Нами показано, что промышленное загрязнение нефтехимического комплекса приводит к изменениям в комплексах микроскопических грибов, обитающих на коре древесных растений. Это может способствовать накоплению грибного мицелия на коре с перераспределением доминирования к небольшому числу устойчивых видов, представляющих потенциальную опасность для здоровья человека.

Библиографический список

- Билай В.И., Коваль Э.З. Аспергиллы. Киев: Наук. думка, 1988. 204 с.
- Билай В.И., Курбацкая З.А. Определитель токсинобразующих микромицетов. Киев: Наук. думка, 1990. 234 с.
- Волчатова И.В. и др. Микогенный ксиллиз в условиях антропогенного загрязнения // Лесоведение. 2007. № 5. С. 27–31.
- Домрачева Л.И. и др. Альго-микологические и фитотоксические комплексы при химическом загрязнении почвы // Экология и почва: лекции и докл. XIII Всерос. школы. Пущино, 2006. Т. 5. С. 88–98.
- Дубовик И.Е., Климина И.П. Эпифитные водоросли в городских экосистемах Предуралья // Водоросли и цианобактерии в природных и сельскохозяйственных экосистемах: материалы Междунар. науч.-практ. конф. Киров, 2010. С. 107–110.
- Дубовик И.Е., Киреева Н.А., Климина И.П. Эпифитные сообщества цианопрокариот, водорослей и микроскопических грибов древесных растений г. Уфы и возможность их использования в биоиндикации // VI Междунар. конф. «Актуальные проблемы современной альгологии»: тез. докл. Киев, 2012. С. 104–105.
- Дубовик И.Е., Шарипова М.Ю. Наземные и водные эпифитные цианопрокариоты и водоросли и возможность их использования в оценке состояния окружающей среды // Теоретическая и прикладная экология. 2016. № 1. С. 51–55.
- Евдокимова Г.А., Корнейкова М.В., Лебедева Е.В. Сообщества микромицетов в почвах в зоне воздействия алюминиевого завода // Микология и фитопатология. 2007. Т. 41, вып. 1. С. 20–28.
- Зачиняева А.В., Лебедева Е.В. Микромицеты загрязнённых почв северо-западного региона России и их роль в патогенезе аллергических форм микозов // Микология и фитопатология. 2003. Т. 37, № 5. С. 69–74.
- Кулько А.Б., Марфенина О.Е. Распространение микроскопических грибов в придорожных зонах городских автомагистралей // Микробиология. 2001. Т. 70, № 5. С. 709–713.
- Марфенина О.Е. Реакция микроскопических грибов на загрязнение почв тяжёлыми металлами // Биологические науки. 1989. № 9. С. 89–93.
- Марфенина О.Е. Антропогенные изменения комплексов микроскопических грибов в почвах: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. М., 1999. 50 с.
- Марфенина О.Е. Опасные плесени в окружающей среде // Природа. 2002. № 11. С. 33–38.
- Марфенина О.Е. Антропогенная экология почвенных грибов. М.: Медицина для всех, 2005. 196 с.
- Марфенина О.Е., Фомичева Г.М. Потенциально патогенные мицелиальные грибы в среде обитания человека. Современные тенденции // Микология сегодня. М.: Национальная академия микологии, 2007. Т. 1. С. 235–266.
- Методы почвенной микробиологии и биохимии / под ред. Д.Г. Звягинцева. М.: Изд-во МГУ, 1991. 304 с.
- Милько А.А. Определитель мукоциальных грибов. Киев: Наук. думка, 1974. 302 с.
- Мирчинк Т.Г. Почвенная микология. М.: Изд-во МГУ, 1988. 220 с.
- Одум Ю. Экология. М.: Мир, 1986. Т. 2. 376 с.
- Саттон Д., Фотергилл А., Ринальди М. Определитель патогенных и условно патогенных грибов. М.: Мир, 2001. 468 с.
- Сафонов М.А., Сафонова Т.И. Варьирование характеристик микоценозов в зависимости от уровня антропогенной нагрузки // Вестник Оренбургского государственного университета. 2009. № 6. С. 332–334.
- Смирнов В.Ф. и др. Действие терпеноидов на физиолого-биохимическую активность грибов-деструкторов промышленных материалов // Химия растительного сырья. 2002. № 4. С. 29–33.
- Соболев А.В. Значение микромицетов в патологии легких у человека // Проблемы медицинской микологии. 1999. Т. 1, № 3. С. 4–9.
- Станкявичене Д., Урбонас В. Разнообразие агариковых грибов и эктомикоризы в градиенте антропогенного загрязнения в лиственном лесу // Микология и фитопатология. 2006. Т. 40, № 2. С. 108–116.

Терехова В.А. Микромицеты в экологической оценке водных и наземных экосистем. М.: Наука, 2007. 215 с.

de Hoog G.S. et al. Atlas of clinical fungi. Centraalbureau voor Schimmelcultures. Utrecht: Universitat Rovira i Virgili, 2000. 1126 p.

References

- Bilay V.I., Koval E.Z. *Aspergilly* [Aspergillus]. Kiev, Naukova Dumka Publ., 1988. 204 p. (In Russ.).
- Bilay V.I., Kurbatskaya Z.A. *Opređitel' toksinobrazujuščich micromycetov* [Determinant of toxin-producing micromycetes]. Kiev, Naukova dumka Publ., 1990. 234 p. (In Russ.).
- Volchatova I.V., Aleksandrova G.P., Khamitullina Ye.A., Medvedeva S.A. [Mycogenic xylolysis in anthropogenic pollution]. *Lesovedenie*. N 5 (2007): pp. 27-31. (In Russ.).
- Domracheva L.I., Dabah E.V., Kondakova L.V., Varaksina A.I. [Algo-Mycological and Phytotoxic Complexes in Chemical Soil Pollution]. *Ėkologija i počvy* [Ecology and soil. Lectures and reports of XIII all-Russian school]. Pushchino, 2006, Vol. V, pp. 88-98. (In Russ.).
- Dubovik I.E., Klimina I.P. [Epiphytic algae in urban ecosystems of the Urals]. *Vodorosli i cianobakterii v prirodnych i sel'skochozjajstvennych ėkosistemach* [Algae and cyanobacteria in natural and agricultural ecosystems. Mather. Intern. scientific and practical conference dedicated to the 100th anniversary of the birth of prof. E.A. Shtina]. Kirov, 2010, pp. 107-110. (In Russ.).
- Dubovik I.E., Kireeva N.A., Klimina I.P. [Epiphyte communities of cyanoprokaryotes, algae and microscopic fungi of woody plants in Ufa and the possibility of their use in bioindication]. *VI Meždunarodnaja konferencija0 «Aktual'nye problemy sovremennoj al'gologii»* [VI Intern. Confer. "Actual problems of modern algology" Abstracts]. Kiev, 2012, pp. 104-105. (In Russ.).
- Dubovik I.E., Sharipova M.Yu. [Terrestrial and aquatic epiphytic cyanoprokaryotes and algae and the possibility of their use in assessing the state of the environment]. *Teoretičeskaja i prikladnaja ėkologija*. N 1 (2016): pp. 51-55. (In Russ.).
- Yevdokimova G.A., Korneykova M.V., Lebedeva Ye.V. [Communities of micromycetes in soils in the zone of aluminum plant exposure]. *Mikologija i fitopatologija*. V. 41, Iss. 1 (2007): pp. 20-28. (In Russ.).
- Zachinyayeva A.V., Lebedeva Ye.V. [Micromycetes of contaminated soils of the northwestern region of Russia and their role in the pathogenesis of allergic forms of mycoses]. *Mikologija i fitopatologija*. V. 37, N 5 (2003): pp. 69-74. (In Russ.).
- Kul'ko A.B., Marfenina O.Ye. [Distribution of microscopic fungi in roadside areas of urban highways]. *Mikrobiologija*. V. 70, N 5 (2001): pp. 709-713. (In Russ.).
- Marfenina O.Ye. [The reaction of microscopic fungi to soil contamination with heavy metals]. *Biologičeskie nauki*. N 9 (1989): pp. 89-93. (In Russ.).
- Marfenina O.Ye. *Antropogennye izmenenija kompleksov mikroskopičeskich gribov v počvach. Avtoref. dis doct. boil. nauk* [Anthropogenic changes in the complexes of microscopic fungi in soils. Abstract Doct. Diss.]. Moscow, 1999. 50 p. (In Russ.).
- Marfenina O.Ye. [Dangerous mold in the environment]. *Priroda*. N 11 (2002): pp. 33-38. (In Russ.).
- Marfenina O.Ye. *Antropogennaja ėkologija počvennych gribov* [Anthropogenic ecology of soil fungi]. Moscow, Medicina dlja vsech Publ., 2005. 196 p. (In Russ.).
- Marfenina O.Ye., Fomicheva G.M. [Potentially pathogenic filamentous fungi in the human habitat. Modern tendencies]. *Mycologia segodnja* [Mycologia today]. Moscow, 2007, V. 1, pp. 235-266. (In Russ.).
- Zvjaginцев D.G., ed. *Metody počvennoj mikrobiologii i biochimii* [Methods of soil microbiology and biochemistry]. Moscow, MGU Publ., 1991. 303 p. (In Russ.).
- Milko A.A. *Opređitel' mucoralnyh gribov* [Determinant of mucoral fungi]. Kiev, Naukova Dumka Publ., 1974. 302 p. (In Russ.).
- Mirchink T.G. *Počvennaja micologia* [Soil mycology]. Moscow, MGU Publ., 1988. 220 p. (In Russ.).
- Odum O.P. *Ėkologija* [Ecology]. Moscow, Nauka Publ. 1986. 396 p. (In Russ.).
- Sutton D., Artigill A., Rinaldi M. *Opređitel' patogennyh i uslovno patogennyh gribov* [Determinant of pathogenic and conditionally pathogenic fungi]. Moscow, Mir Publ., 2001. 468 p. (In Russ.).
- Safonov M.A., Safonova T.I. [Variation of the characteristics of mycocenoses depending on the level of anthropogenic load]. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta*. N 6 (2009): pp. 332-334. (In Russ.).
- Smirnov V.F., Kuzmin DA, Smirnova ON, Trofimov A.N. [The effect of terpenoids on the physiological and biochemical activity of fungi-destroyers of industrial materials]. *Chimia rastitel'nogo syr'ja*. N 4 (2002): pp. 29-33. (In Russ.).
- Sobolev A.V. [The importance of micromycetes in lung pathology in humans]. *Problemy medicinskoj micologii*. V. 1, N 3 (1999): pp. 4-9. (In Russ.).
- Stankevičienė D., Urbonas V. [Variety of agaric fungi and ectomycorrhiza in the gradient of anthropo-

genic pollution in the deciduous forest]. *Micologija i fitopatologija*. V. 40, N 2 (2006): pp. 108-116. (In Russ.)

Terekhova V.A. *Micromycety v ěcologiĉeskoj ocenke vodnyh i nazemnyh ěcosistem* [Micromycetes in the environmental assessment of aquatic and terrestrial ecosystems]. Moscow, Nauka Publ., 2007.

215 p. (In Russ.).

de Hoog G.S., Guarro J., Gene J., Figueras M.J. Atlas of clinical fungi. Centraalbureau voor Schimmelcultures. Utrecht, Universitat Rovira i Virgili, 2000. 1126 p.

Поступила в редакцию 22.03.2018

Об авторах

Дубовик Ирина Евгеньевна, доктор биологических наук, профессор кафедры физиологии и общей биологии ФГБОУ ВО «Башкирский государственный университет»
ORCID: 0000-0002-0832-6983
 450076, г. Уфа, ул. Заки Валиди, 32; dubovikie@mail.ru; (347)2736778

Шарипова Марина Юрьевна доктор биологических наук, профессор кафедры физиологии и общей биологии ФГБОУ ВО «Башкирский государственный университет»
ORCID: 0000-0003-0907-5984
 450076, г. Уфа, ул. Заки Валиди, 32; sharipovamy@mail.ru; (347)2736778

Климина Инна Павловна, кандидат биологических наук
ORCID: 0000-0002-0832-6983
 kliminaip@mail.ru; (347)2736778

About the authors

Dubovik Irina E., doctor of biology, professor of the Department of physiology and General biology Bashkir State University.
ORCID: 0000-0002-0832-6983
 32, Z. Validy str., Ufa, Russia, 450076; dubovikie@mail.ru; (347)2736778

Sharipova Marina Yu., doctor of biology, professor of the Department of physiology and General biology Bashkir State University.
ORCID: 0000-0003-0907-5984
 32, Z. Validy str., Ufa, Russia, 450076; sharipovamy@mail.ru; (347)2736778

Klimina Inna Pavlovna, candidate of biology
ORCID: 0000-0002-0832-6983
 kliminaip@mail.ru; (347)2736778

Информация для цитирования:

Дубовик И.Е., Шарипова М.Ю., Климина И.П. Влияние аэротехногенных загрязнений на состав сообществ эпифитных микромицетов г. Уфы // Вестник Пермского университета. Сер. Биология. 2018. Вып. 2. С. 130-138. DOI: 10.17072/1994-9952-2018-2-130-138.

Dubovik I.E., Sharipova M.Yu., Klimina I.P. [The impact of aerial technogenic pollution on the epiphytic community composition of the of micromycetes of the city of Ufa]. *Vestnik Permskogo universiteta. Biologija*. Iss. 2 (2018): pp. 130-138. (In Russ.). DOI: 10.17072/1994-9952-2018-2-130-138.

