

УДК 582.287.237 : 634.948 : 632.15

© В. М. Лосицкая, М. А. Бондарцева, В. И. Крутов

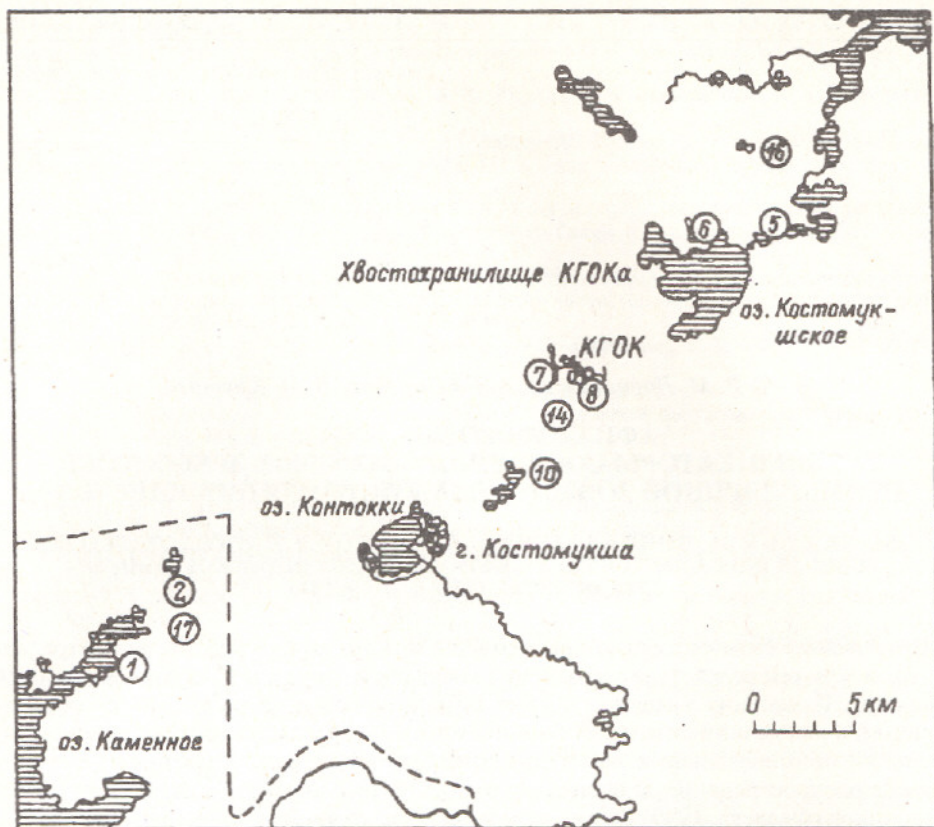
АФИЛЛОФОРОВЫЕ ГРИБЫ КАК ИНДИКАТОРЫ СОСТОЯНИЯ СОСНОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЗОНЫ ГОРОДА КОСТОМУКШИ (КАРЕЛИЯ)

LOSITSKAYA V. M., BONDARTSEVA M. A., KRUTOV V. I. APHYLLOPHORACEOUS
FUNGI AS INDICATORS OF THE PINE STANDS STATUS IN THE KOSTOMUKSHA
CITY INDUSTRIAL ZONE (KARELIA)

В последние годы серьезную проблему для многих стран представляет деградация лесных экосистем вследствие загрязнения атмосферы, почвы и воды промышленными выбросами. Изменения жизненно важных параметров среды отражаются на состоянии экосистем в целом и их отдельных компонентов. Метод биоиндикации происходящих изменений применительно к различным группам организмов приобретает все более широкое распространение. В оценке состояния лесных экосистем наряду с изучением лишайников (Фадеева, 1999) весьма перспективным оказалось изучение базидиальных грибов, являющихся важным компонентом гетеротрофного блока. В основе метода применительно к дереворазрушающим грибам лежит различный уровень чувствительности организмов к изменению условий среды обитания: наиболее чувствительные виды элиминируют, а освобождающиеся экологические ниши занимают виды-эвритофы (Бондарцева, Свищ, 1991; Бондарцева и др., 1994). Исследование видового состава грибов в условиях промышленного загрязнения на территории России проведено лишь в отдельных регионах и касается в основном агарикоидных макромицетов (Петров, 1988, 1992; Томилин, 1992; Мехрошин, 1994, и др.). В известных публикациях по афиллофоровым грибам (Бондарцева, 1994) преимущественно был сделан акцент на изменение видового состава в антропологизированных экосистемах без участия загрязняющего компонента (у дорог, вблизи поселков, на вырубках и т. п.). Влияние промышленных выбросов в окрестностях предприятий и в крупных городах изучено значительно слабее (Юпина, 1988).

Одним из наиболее мощных источников загрязнения окружающей среды в Республике Карелия является Костомукшский горно-обогатительный комбинат (КГОК). Он расположен на северо-западе Карелии, начал функционировать в 1982 г. и ежегодно выбрасывает в атмосферу более 60 тыс. т загрязняющих веществ в различных формах. Основной компонент выбросов — диоксид серы, который является сильным фитотоксикантом (Литинский, 1996).

С 1986 г. Институт леса КарНЦ проводит комплексные исследования по изучению воздействия аэровыбросов КГОКа на лесные экосистемы. В августе 1997 г. нами был исследован видовой состав афиллофоровых грибов на пробных площадях (п. п.) промышленной зоны г. Костомукши, удаленных на 0.5—23 км от КГОКа. Карта-схема расположения пробных площадей представлена на рисунке. Обследованные п. п. размером 0.24 га заложены в средневозрастных (65—68 лет) и спелых (105—130 лет) сосняках чернично-вороничных на песчаных подзолах — наиболее



Карта-схема расположения пробных площадей в промышленной зоне г. Костомукши.

распространенном в этом районе типе леса. Все они расположены по линии господствующих ветров (юго-запад—северо-восток). На большинстве участков имеется второй ярус из ели, а также единично встречаются береза и осина. Краткая характеристика п. п. отражена в табл. 1. Некоторые п. п. (1, 2, 17) находятся на границе заповедника «Костомукшский», расположенного в 20 км юго-западнее комбината.

Таблица 1

Характеристика пробных площадей

Номер п. п.	Состав древостоя	Возраст древостоя, лет	Удаленность от КГОКа, км
1	9С1БедЕ	65	23
2	9С1Б + Е	130	21
5	10СедЕ, Б	68	12
6	9С1ЕедБ	105	9
7	8С1Е1БедОс	105	0.5
8	7С2Е1Б	105	0.5
10	8С2Е + Б	105	5
14	8С1Б1Е, Ос	105	2
16	9С1Б + Е	105	13
17	9С1Б + Е	110	23

Афиллофоровые грибы заповедника «Костомукшский» и пробных площадей
в промышленной зоне г. Костомукши

Виды грибов	Номера пробных площадей											
	0	1	2	5	6	7	8	10	14	16	17	
<i>Albatrellus confluens</i> (Alb. et Schwein. : Fr.) Kotl. et Pouzar	+											
• <i>Amphinema byssoides</i> (Pers. : Fr.) J. Erikss.							+					
<i>Amyloporia xantha</i> (Fr. : Fr.) Bondartsev et Singer	+		+		+	+						+
<i>Antrodia serialis</i> (Fr.) Donk	+	+	+		+	+		+	+			+
<i>A. sinuosa</i> (Fr.) P. Karst.				+	+	+	+	+				+
<i>Antrodiella semisupina</i> (Berk. et Curtis) Ryvarden	+	+										
<i>Asterodon ferruginosus</i> Pat.	+											
<i>Athelia bombacina</i> (Pers.) Jülich									+			
<i>Botryobasidium botryosum</i> (Bres.) J. Erikss.	+				+	+	+					
<i>B. candicans</i> J. Erikss.								+				
<i>B. subcoronatum</i> (Höhn. et Litsch.) Donk				+		+						+
<i>Ceraceomyces serpens</i> (Tode : Fr.) Ginns						+			+			
<i>C. violascens</i> (Fr. : Fr.) Jülich												+
<i>Ceriporiopsis pannocincta</i> (Romell) Gilb. et Ryvarden	+											
* <i>Chaetoderma luna</i> (Romell ex Rogers et H. S. Jacks.) Parmasto						+						
<i>Climacocystis borealis</i> (Fr.) Kotl. et Pouzar	+											
<i>Coltricia perennis</i> (L. : Fr.) Murrill	+			+		+						
<i>Columnocystis abietina</i> (Pers. : Fr.) Pouzar								+				
<i>Conferticium ochraceum</i> (Fr. : Fr.) Hallenb.							+					
<i>Coniophora arida</i> (Fr.) P. Karst.						+						
<i>C. fusispora</i> (Cooke et Ellis) Sacc.				+								+
<i>C. olivacea</i> (Pers. : Fr.) P. Karst.		+					+		+	+	+	+
<i>Daedaleopsis confragosa</i> (Bolton : Fr.) Schröt.										+		
<i>Dacryobolus karstenii</i> (Bres.) Oberw. ex Parmasto				+	+	+						+
<i>Fomes fomentarius</i> (L. : Fr.) Fr.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Fomitopsis pinicola</i> (Alb. et Schwein.) P. Karst.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Gloeophyllum sepiarium</i> (Wulfen : Fr.) P. Karst.	+		+		+			+				
• <i>Hydnellum ferrugineum</i> (Fr. : Fr.) P. Karst.	+											
<i>Hyphoderma praetermissum</i> (P. Karst.) J. Erikss. et A. Strid	+	+		+					+			
<i>H. setigerum</i> (Fr.) Donk	+											+
<i>Hyphodontia alutacea</i> (Fr.) J. Erikss.									+			
<i>H. aspera</i> (Fr.) J. Erikss.					+							
<i>H. breviseta</i> (P. Karst.) J. Erikss.	+	+						+				+
<i>H. subalutacea</i> (P. Karst.) J. Erikss.				+								
<i>Hypochnicium geogenium</i> (Bres.) J. Erikss.									+			
<i>Inonotus obliquus</i> (Pers. : Fr.) Pilát	+	+		+		+	+		+			+
<i>I. radiatus</i> (Sow. : Fr.) P. Karst.	+											
<i>Laxitextum bicolor</i> (Fr.) Lentz							+					
<i>Onnia triqueter</i> (Lentz : Fr.) Imazeki	+											
<i>Oxyporus corticola</i> (Fr.) Ryvarden			+									
<i>Peniophora polygonia</i> (Pers. : Fr.) Bourdot et Galzin						+						
<i>Phanerochaete laevis</i> (Pers. : Fr.) J. Erikss. et Ryvarden	+	+			+	+		+	+			+

Виды грибов	Номера пробных площадей										
	0	1	2	5	6	7	8	10	14	16	17
<i>Phanerochaete sanguinea</i> (Fr.) Pouzar	+	+	+	+		+	+		+	+	
<i>Ph. sordida</i> (P. Karst.) J. Erikss. et Ryvar den	+							+	+	+	
<i>Phellinus chrysoloma</i> (Fr.) Donk	+	+				+	+	+		+	
<i>Ph. conchatus</i> (Pers. : Fr.) Pat.	+										
<i>Ph. igniarius</i> (L. : Fr.) Quél	+						+	+	+	+	
<i>Ph. laevigatus</i> (Fr.) Bourdot et Galzin	+										
<i>Ph. lundellii</i> Niemelä	+		+	+		+					+
* <i>Ph. pini</i> (Brot. : Fr.) A. Ames	+		+		+	+	+	+	+		+
<i>Ph. tremulae</i> (Bondartsev) Bondartsev et Borissov			+			+		+			+
* <i>Ph. viticola</i> (Schwein. : Fr.) Donk	+				+						
• <i>Phellodon tomentosus</i> (Fr.) Banker				+			+	+			
* <i>Phlebia cretacea</i> (Bourdot et Galzin) J. Erikss. et Hjortstam			+								
<i>Phlebiella borealis</i> K. H. Larss. et Hjortstam									+		
<i>Ph. pseudotsugae</i> (Burt) K. H. Larss. et Hjortstam					+				+		
• <i>Piloderma croceum</i> Erikss. et Hjortstam	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+
<i>Piptoporus betulinus</i> (Bull. : Fr.) P. Karst.	+		+		+	+	+		+		+
<i>Polyporus varius</i> Fr.								+			
<i>Postia fragilis</i> (Fr.) Jülich					+	+					
** <i>P. hibernica</i> (Berk. et Broome) Jülich				+							
* <i>Pseudomerulius aureus</i> (Fr. : Fr.) Jülich	+										
<i>Resinicium bicolor</i> (Alb. et Schwein. : Fr.) Parmasto						+		+			
<i>R. furfuraceum</i> (Bres.) Parmasto	+	+		+		+		+			+
<i>Scytinostroma galactinum</i> (Fr.) Donk									+		
<i>Sistotrema raduloides</i> (P. Karst.) Donk	+										
* <i>Sistotremastrum suecicum</i> Litsch. ex J. Erikss.										+	
<i>Skeletocutis amorpha</i> (Fr.) Kotl. et Pouzar		+		+							
<i>S. odora</i> (Sacc.) Ginns	+										
<i>Stereum hirsutum</i> (Willd. : Fr.) Gray					+		+	+			
<i>S. sanguinolentum</i> (Alb. et Schw. : Fr.) Fr.				+	+	+					
• <i>Tomentella lapida</i> (Pers.) Stalpers								+			
• <i>T. stuposa</i> (Link) Stalpers									+		
<i>Trametes hirsuta</i> (Wulfen : Fr.) Pilát			+								
<i>T. ochracea</i> (Pers.) Gilb. et Ryvar den			+					+			
<i>T. pubescens</i> (Schumach. : Fr.) Pilát	+					+					
<i>Trechispora vaga</i> (Fr.) Liberta				+							+
<i>Trichaptum abietinum</i> (Pers. : Fr.) Ryvar den	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+
<i>T. hollii</i> (J. C. Schmidt : Fr.) Kreisel				+							+
<i>T. pargamentum</i> (Fr.) G. Cunn.							+			+	
<i>Tubulicrinis effugiens</i> (Bourdot et Galzin) Liberta									+		
<i>T. gracillimus</i> (D. P. Rogers et H. S. Jacks.) G. Cunn.										+	
<i>T. subulatus</i> (Bourdot et Galzin) Donk				+							+
<i>Vararia investiens</i> (Schwein.) P. Karst.			+	+							
Всего видов	38	15	17	23	20	29	19	21	24	9	24
Количество индикаторных видов	3	—	2	1	2	2	1	1	1	1	1
Количество видов-микоризообразователей	2	1	1	2	1	1	3	1	1	—	1

Примечание. П. п. 0 — территория заповедника. Условные обозначения: звездочка — индикаторные виды для старых и две звездочки — для очень старых сосновых лесов (Kotiranta, Niemelä, 1996). Знаком «•» отмечены виды-микоризообразователи.

Распространение афиллофоровых грибов с различным типом гифальной системы на пробных площадях (количество видов/% от общего числа видов)

Тип гифальной системы	Пробная площадь										
	заповедник	1	2	5	6	7	8	10	14	16	17
М	20/53	8/53	4/24	13/57	6/30	14/48	9/47	8/38	15/63	5/56	12/50
Д	13/34	4/27	8/47	8/34	11/55	12/41	8/42	9/43	7/29	1/11	10/42
Т	5/13	3/20	5/29	2/9	3/15	3/11	2/11	4/19	2/8	3/33	2/8
Всего	38/100	15/100	17/100	23/100	20/100	29/100	19/100	21/100	24/100	9/100	24/100

Примечание. М — грибы с мономитическим, Д — с димитическим, Т — с тримитическим типом гифальной системы.

Кроме того, были обследованы также спелые сосняки черничные на территории заповедника «Костомукшский».

В настоящее время имеет место поиск оптимальных критериев для оценки состояния природных и подверженных антропогенному воздействию лесных экосистем. Современные методы биоиндикации базируются прежде всего на анализе видового разнообразия, встречаемости отдельных (индикаторных) видов и структуры сообществ. По данным лесопатологического мониторинга, достоверных различий в фитосанитарном состоянии сосновых древостоев, находящихся на разном удалении от источника промышленного загрязнения, с 1986 г. (начало наблюдений) до настоящего времени не выявлено. В несколько худшем состоянии оказались древостои на п. п. 16, расположенной в 13 км к северо-востоку от комбината, в зоне второго максимума загрязнения воздуха диоксидом серы (Лазарева и др., 1992). Изучение афиллофоровых грибов на этих площадях позволило получить следующие результаты. Всего на обследованной территории в сосняках черничных нами было зарегистрировано 83 вида из 54 родов афиллофоровых грибов (табл. 2). Среди них отмечено 6 видов (*Chaetoderma luna*, *Phellinus pini*, *Ph. viticola*, *Phlebia cretacea*, *Pseudoterulius aureus*, *Sistotremastrum suecicum*), являющихся индикаторными для старых, и 1 вид (*Postia hibernica*) для очень старых сосновых лесов (Kotiranta, Niemelä, 1996). На обследованном участке в заповеднике было обнаружено 38 видов, 5 из которых являются индикаторными. На различных п. п. в промышленной зоне г. Костомукши отмечено от 9 до 29 видов. Количество зарегистрированных индикаторных видов колеблется здесь от 0 до 2, причем в большинстве случаев это *Phellinus pini*. Таким образом, можно отметить некоторое снижение видового разнообразия афиллофоровых грибов в промышленной зоне г. Костомукши и на границе заповедника по сравнению с его основной территорией. Сокращение видового разнообразия грибов в окрестностях промышленных предприятий отмечается и другими исследователями, занимавшимися этой проблемой (Петров, 1988; Селиванов и др., 1992). Антропогенные нарушения структуры лесных экосистем выражаются не только в уменьшении общего числа видов афиллофоровых грибов, но также в смене доминантов. Наиболее чувствительными к изменениям среды среди базидиальных грибов являются виды-микоризообразователи (Шкараба и др., 1991; Петров, 1992; Селиванов и др., 1994), поэтому особое внимание уделялось грибам, относящимся к этой экологической группе. Почти на всех обследованных п. п. и на территории заповедника было отмечено от 1 до 3 видов-микоризообразователей из изучаемой группы. Активный микоризообразователь из числа афиллофоровых грибов — *Piloderma croceum* был отмечен, хотя и в небольшом количестве, на всех

пробных площадях, кроме п. п. 16, расположенной в 13 км к северо-востоку от комбината и в непосредственной близости от хвостохранилища КГОКа. При оценке видового разнообразия афиллофоровых грибов в различных типах леса следует учитывать также процентное соотношение видов с различным типом гифальной системы (Бондарцева, Свищ, 1991; Бондарцева, 1994; Бондарцева и др., 1996). Распределение найденных на конкретных п. п. видов по типу строения базидиом отмечено в табл. 3. Как видно из этой таблицы, грибы с мономитическим типом строения практически на всех обследованных п. п. составляют примерно половину видового состава, что соответствует показателям для северной тайги (Bondarceva, 1992). Преобладание тримитических форм на п. п. 16 говорит о некоторой расстроенности сосновых лесов.

Таким образом, общий низкий уровень видового разнообразия, высокий процент видов — эвритопов с тримитическим типом гифальной системы (*Fomes fomentarius*, *Fomitopsis pinicola*, *Gloeophyllum sepiarium*, *Trametes hirsuta*, *T. ochracea*, *T. pubescens*) позволяют предположить, что отрицательное влияние воздушных выбросов проявляется особенно сильно на п. п. 16, расположенной в зоне повышенного загрязнения, что согласуется с результатами по оценке состояния древостоя (Лазарева и др., 1992) и данными по изучению лишайников (Фадеева, 1999). Продолжение мониторинга может дать новые важные результаты по изучению динамики трансформации видового состава и оценке влияния КГОКа на лесные экосистемы.

Список литературы

Бондарцева М. А. Морфологические структуры базидиом афиллофоровых грибов как ключ к пониманию их эволюции и механизма экологического и географического расселения // Проблемы лесной фитопатологии и микологии: Тез. докл. М., 1994. С. 8—9.

Бондарцева М. А., Лосицкая В. М., Свищ Л. Г. Влияние антропогенного фактора на распространение афиллофоровых грибов // Проблемы лесной фитопатологии и микологии: Тез. докл. М., 1994. С. 10—11.

Бондарцева М. А., Свищ Л. Г. Изменение видового состава трутовых грибов в условиях антропогенного воздействия // Проблемы лесопатологического мониторинга в таежных лесах европейской части СССР. Петрозаводск, 1991. С. 9—10.

Бондарцева М. А., Крутов В. И., Лосицкая В. М., Кивиниеми С. Н. Комплексы дереворазрушающих грибов хвойных древостоев заповедника «Кивач» (Русская Карелия) и биосферного заповедника «Северная Карелия» (юго-восточная Финляндия) // Проблемы антропогенной трансформации лесных биогеоценозов Карелии. Петрозаводск, 1996. С. 121—139.

Лазарева И. П., Кучко А. А., Кравченко А. В., Габукова В. В., Литинский П. Ю., Поташева М. А., Калинкина Н. М. Влияние аэротехногенного загрязнения на состояние сосновых лесов Северной Карелии. Петрозаводск, 1992. 52 с.

Литинский П. Ю. Оценка динамики деградации лесов в зоне воздействия выбросов Костомукшского ГОКа дистанционными методами // Проблемы антропогенной трансформации лесных биогеоценозов Карелии. Петрозаводск, 1996. С. 182—192.

Мехоношин Л. Е. Экологические аспекты взаимоотношений лесных растений и макромицетов в условиях промышленного загрязнения: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. СПб., 1994. 23 с.

Петров А. Н. Экологическая структура флоры агариковых грибов в зоне действия аэропромвыбросов // Изучение грибов в биогеоценозах. Свердловск, 1988. С. 140.

Петров А. Н. Макромицеты-симбиотрофы в зоне действия аэропромвыбросов // Экология и плодonoшение макромицетов-симбиотрофов древесных растений. Петрозаводск, 1992. С. 47—48.

Селиванов И. А., Шкараба Е. М., Мехоношин Л. Е., Переведенцева Л. Г. Реакция шляпочных грибов на загрязнение окружающей среды // Экология и плодonoшение макромицетов-симбиотрофов древесных растений. Петрозаводск, 1992. С. 54—55.

Селиванов И. А., Шкараба Е. М., Мехоношин Л. Е. Реакции грибов на техногенное загрязнение в природных лесах Перми // Проблемы лесной фитопатологии и микологии. М., 1994. С. 71—72.

Томилин Б. А. Экология симбиотрофных макромицетов в условиях антропогенного стресса // Экология и плодonoшение макромицетов — симбиотрофов древесных растений. Петрозаводск, 1992. С. 3—6.

Фадеева М. А. Лишайники сосновых лесов северо-запада Карелии в условиях атмосферного загрязнения: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. СПб., 1999. 27 с.

Шкараба Е. М., Переведенцева Л. Г., Мехоношин Л. Е. Консортивные связи лесных растений с грибами в условиях промышленного загрязнения // Экология. 1991. № 6. С. 12—17.

Юпина Г. А. Дереворазрушающие грибы антропогенных территорий // Изучение грибов в биогеоценозах. Свердловск, 1988. С. 158.

Bondarceva M. A. Life forms of higher fungi in European ecosystems // Fungi in Europe: investigation, recording and mapping. Kew, 1992. P. 157—170.

Kotiranta H., Niemelä T. Uhanalaiset käävät Suomessa. Tonien, uudistettu painos. Helsinki: S. Y. E., 1996. 184 p.

Ботанический институт
им. В. Л. Комарова РАН
Санкт-Петербург
Институт леса КарНЦ
Петрозаводск

Поступила 27 IV 1999

SUMMARY

The influence of the Kostomuksha factory emissions on the aphyllorhizaceous fungi biodiversity was examined. The study took place both on sample plots in Kostomuksha industrial zone and at the Kostomuksha reserve. Total of 83 species belonging to 54 genera were collected in the region, among those 6 are indicator species for the old pine forests, and 1 is indicator species for the very old ones. Total of 38 species were found in the reserve, while the sample plots in Kostomuksha industrial zone were inhabited by 9 to 29 species. Number of indicator species varied from 2 to zero. The strongest influence of factory emission was recorded at the sample plot located in 13 km to the north-east from the factory. Further monitoring is required.

Рецензент — В. А. Соловьев