

УДК 504.5-03[581.1]582.2/3

Химич Ю.Р., Исаева Л.Г.

*Институт проблем промышленной экологии
Севера Кольского научного центра Российской академии наук*

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ТРУТОВЫХ ГРИБОВ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ МЕДНО-НИКЕЛЕВОГО ПРОИЗВОДСТВА*

Y. Khimich, L. Isaeva

*Institute of North Industrial Ecology Problems, Cola Science Centre of the Russian
Academy of Science*

CHEMICAL COMPOSITION OF POLYPOROUS FUNGI IN THE ZONE OF INFLUENCE OF COPPER-NICKEL INDUSTRY

Аннотация. Metallurgical enterprises of Murmansk region render high technogenic loading on forest ecosystems. Chemical composition of polypore fungi on different stages of technogenic digression of biocenoses, caused by aerotechnogenic pollution, is studied. The concentration of copper and nickel in fruit bodies of polypore fungi increases as approaching combine "Severonickel". The concentrator of nickel is *Fomitopsis pinicola*, copper - *Phellinus igniarius*. In relation to many elements the tendency in their prime accumulation in hymenial layer, and then in other part of a fruit body of a fungi is observed.

Ключевые слова: Мурманская область, дереворазрушающие грибы, загрязнение, химический состав, гимениальный слой.

Abstract. The metallurgical industries of Murmansk region render high technogenic loading on forest ecosystems. Chemical composition of polypore fungi on different stages of technogenic digression of biocenoses, caused by aerotechnogenic pollution, is studied. The concentration of copper and nickel in fruit bodies of polypore fungi increases as approaching combine "Severonickel". The concentrator of nickel is *Fomitopsis pinicola*, copper - *Phellinus igniarius*. Concerning many elements the tendency in their prime accumulation in hymenial layer, and then in other part of a fruit body of a fungi is observed.

Key words: Murmansk region, wood-rotting fungi, pollution, chemical composition, hymenial layer.

Изучение ответной реакции компонентов лесных экосистем на воздействие промышленного аэротехногенного загрязнения является весьма актуальным. Тяжелые металлы как одни из основных загрязнителей оказывают непосредственное влияние на грибные организмы. Это проявляется в изменениях белковых структур, синтеза белка, преобразованиях генетического аппарата, подавлении роста мицелия и спорообразования [3], жизнеспособности спор [2]. Грибы могут накапливать тяжелые металлы в больших количествах, что отмечается многими исследователями [3; 9; 11]. Ключевую роль в аккумуляции грибами тяжелых металлов играют полисахариды клеточной стенки, белки, обогащенные цистеином и такие пигменты, как меланин [8]. Ряд исследований посвящен возможности использования грибов в качестве биоиндикаторов [4; 5; 10; 11]. Дереворазрушающие грибы могут поглощать тяжелые металлы как в ходе осаждения частиц из атмосферного воздуха, так и в процессе разложения из субстрата [7]. Установлено, что из макроэлементов для грибов особое значение имеют P, S, в обменных и других процессах участвуют K, Mg. Кальций, столь необходимый растениям, в грибах встречается в небольших количествах. Микроэлементами, необходимыми для развития и функционирования ферментов грибов, являются: Fe, Zn, Cu, Mn [1]. Известно, что

* © Химич Ю.Р., Исаева Л.Г.

для некоторых агарикоидных макромицетов характерно увеличение содержания тяжелых металлов по направлению ножка-шляпка-гимениальный слой [4]. Нами предпринята попытка изучить химический состав и толерантность трутовых грибов в лесах, расположенных на различном удалении от медно-никелевого предприятия.

На территории Мурманской области основным источником выбросов в атмосферу подкисляющих веществ и тяжелых металлов является комбинат «Североникель». В 2002-2008 гг. были отобраны образцы плодовых тел трутовых грибов и субстрата в лесных экосистемах на разных стадиях техногенной дигрессии. Отбор образцов проводился на расстоянии в 7, 10, 25, 29, 31 км от комбината «Североникель». Фоновый участок располагался в 260-270 км на ЮЗЗ от источника загрязнения. Объектами исследований послужили 4 вида грибов: *Fomitopsis pinicola* (Sw.: Fr.) P. Karst., *Fomes fomentarius* (L.: Fr.) Fr., *Phellinus igniarius* (L.: Fr.) Quil, *Piptoporus betulinus* (Bull.:Fr.) P. Karst.

Для *Fomitopsis pinicola*, *Fomes fomentarius*, *Piptoporus betulinus* содержание элементов определялось как в плодовом теле в целом, так и в гимениальном слое. Содержание элементов в дереворазрушающих грибах и субстрате определялось методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии, серы – колориметрически.

В табл. 1 представлен химический состав базидиом грибов на разном расстоянии от комбината «Североникель».

Fomitopsi pinicola. В фоновых условиях содержание меди как биогенного элемента превалирует над содержанием никеля. Вблизи комбината «Североникель» окаймленный трутовик аккумулирует больше никеля, чем меди; наблюдаются высокие концентрации кальция, магния, алюминия, железа, цинка. В гимениальном слое гриба содержание многих элементов выше, чем в остальной части плодового тела. Данный вид из макро-

элементов аккумулирует больше магния (по сравнению с кальцием и калием).

В пораженной древесине ели, по мере удаления от источника загрязнения, увеличилось содержание основных элементов питания (Ca, Mg, K); уменьшилось содержание Cu и Ni. По некоторым элементам (Ca, K, Mg, Al, Ni, Cu) можно отметить, что их содержание выше в пораженном грибом субстрате, чем в здоровой древесине. В ходе разложения часть макро- и микроэлементов локализуется из коры в гниющую древесину, так как в коре их концентрация выше, чем в древесине [6]. В процессе разложения нарушается целостность коры, и элементы могут поступать с осадками в разрушающуюся древесину. Гниющая древесина содержит больше влаги, кислая среда способствует переходу в доступное состояние многих элементов.

Fomes fomentarius. Для этого вида также характерна активная аккумуляция макроэлементов и микроэлементов в гимениальном слое. Из макроэлементов настоящий трутовик в первую очередь накапливает Ca. Для Cd характерно относительно равномерное распределение. В отношении Mn и Ni можно отметить, что они накапливаются в гимениальном слое в меньшей степени, чем в остальной части гриба. В отличие от окаймленного трутовика, данный вид активнее накапливает Cu, чем Ni. В субстрате по мере удаления от комбината увеличивалось содержание Ca, Al, Fe, Zn, Cu, S; увеличивается содержание Ni.

Piptoporus betulinus. Из макроэлементов березовая губка в первую очередь аккумулирует калий. В сравнении с ранее упомянутыми видами в плодовом теле гриба больше содержится фосфора. В гимениальном слое содержание макроэлементов и многих микроэлементов выше по сравнению с остальной частью плодового тела. Накопление Ni и Pb равномерное. Концентрация Mn в гимениальном слое меньше, чем в остальной части карпофора. По сравнению с другими исследуемыми видами накапливает гораздо меньше Ni и Cu.

Таблица 1

Содержание элементов (мгкг⁻¹) в плодовых телах дереворазрушающих грибов на разном удалении от комбината «Североникель»

км*	Плодовое тело	Ca	Mg	K	Al	Fe	P	
<i>Fomitopsis pinicola</i> ($\bar{x} \pm S_x$)								
7	гим. слой	988,0 ± 688,1	21728,5 ± 3264,1	2832,6 ± 730,6	25,8 ± 7,3	97,4 ± 21,3	2185,1 ± 606,4	
	п/т	622,7 ± 331,3	6712,5 ± 797,1	2076,6 ± 824,1	31,4 ± 1,3	42,0 ± 1,8	1363,7 ± 507,2	
25	гим. слой	310,7 ± 98,2	4321,6 ± 1404,3	3736,4 ± 435,5	12,9 ± 3,9	41,8 ± 5,2	2964,3 ± 620,0	
	п/т	213,9 ± 53,1	5756,2 ± 1093,5	2300,4 ± 336,6	11,2 ± 1,8	22,1 ± 2,1	1159,4 ± 293,1	
31	гим. слой	180,8 ± 42,7	6887,5 ± 1953,6	3945,2 ± 70,2	19,8 ± 9,9	50,9 ± 17,2	2681,4 ± 596,9	
	п/т	118,7 ± 7,1	4638,7 ± 748,8	1247,6 ± 48,6	13,3 ± 3,1	20,6 ± 5,8	543,6 ± 102,1	
фон	ц.п.т.	96,5 ± 36,4	6005,7 ± 1676,4	1759,9 ± 407,3	13,2 ± 0,3	18,7 ± 6,4	643,4 ± 264,8	
<i>Fomes fomentarius</i> ($\bar{x} \pm S_x$)								
7	гим. слой	6316,3 ± 915,9	682,8 ± 46,5	4582,4 ± 350,1	19,7 ± 3,3	50,3 ± 15,5	2450,5 ± 198,1	
	п/т	2153,3 ± 384,6	436,2 ± 50,2	2137,7 ± 294,1	18,4 ± 1,3	44,3 ± 9,5	855,6 ± 76,2	
10	гим. слой	3993,7 ± 1225,3	1025,5 ± 240,9	2315,3 ± 379,7	4,3 ± 1,3	20,0 ± 1,1	1446,5 ± 560,4	
	п/т	2046,3 ± 20,7	722,6 ± 28,3	1413,5 ± 25,3	1,9 ± 0,2	16,3 ± 3,1	853,1 ± 343,7	
31	гим. слой	7811,9 ± 3185,0	3313,1 ± 2039,7	4063,2 ± 670,4	13,8 ± 4,0	23,3 ± 2,0	2043,3 ± 345,1	
	п/т	2692,9 ± 645,8	2975,9 ± 2253,0	2624,3 ± 603,7	8,6 ± 4,9	18,6 ± 5,0	652,0 ± 105,0	
фон	ц.п.т.	3940,1 ± 412,8	2887,9 ± 642,6	3148,9 ± 506,3	24,7 ± 3,3	20,2 ± 2,4	1248,4 ± 136,8	
<i>Piptoporus betulinus</i> ($\bar{x} \pm S_x$)								
29	гим. слой	982,9	1307,6	9808,9	11,5	28,2	7419,7	
	п/т	517,5	931,1	6979,2	9,4	18,5	1833,8	
фон	ц.п.т.	336,3 ± 14,9	678,1 ± 32,2	2393,4 ± 129,5	6,1 ± 0,7	14,7 ± 1,0	1364,9 ± 127,3	
<i>Fomitopsis pinicola</i> ($\bar{x} \pm S_x$)								
7	гим. слой	2002,4 ± 2,5	42,0 ± 30,4	529,9 ± 67,8	456,4 ± 39,8	53,9 ± 4,3	1,0 ± 0,2	0,5 ± 0,04
	п/т	1387,1 ± 127,9	21,5 ± 10,7	246,1 ± 0,7	297,1 ± 21,2	17,2 ± 1,3	0,7 ± 0,3	0,2 ± 0,03

Продолжение табл. на стр. 75

Продолжение табл. 1

км*	Плодовое тело	S	Mn	Zn	Ni	Cu	Pb	Cd
25	гим. слой	894,3 ± 94,8	8,7 ± 4,5	494,5 ± 357,9	13,2 ± 2,1	9,8 ± 1,7	0,04 ± 0,03	0,1 ± 0,03
	п/т	537,6 ± 53,6	35,1 ± 11,0	377,3 ± 148,7	36,6 ± 15,5	4,9 ± 1,5	0,1 ± 0,1	0,2 ± 0,01
31	гим. слой	571,7 ± 104,5	15,9 ± 0,3	154,6 ± 72,9	6,1 ± 1,5	4,4 ± 0,9	0,01 ± 0,005	0,1 ± 0,02
	п/т	318,3 ± 19,3	16,4 ± 2,1	157,8 ± 6,9	12,5 ± 1,9	1,5 ± 0,3	0,01 ± 0,001	0,2 ± 0,02
фон	ц.п.т.	433,3 ± 55,3	7,96 ± 1,7	115,9 ± 2,3	0,7 ± 0,04	3,1 ± 0,6	0,4 ± 0,02	0,1 ± 0,02
<i>Fomes fomentarius</i> ($\bar{x} \pm S_x$)								
7	гим. слой	1083,9 ± 132,1	5,9 ± 1,4	166,5 ± 29,2	30,1 ± 7,4	63,7 ± 10,1	0,6 ± 0,1	0,4 ± 0,1
	п/т	470,8 ± 132,7	5,9 ± 1,3	76,2 ± 19,8	54,5 ± 6,0	68,0 ± 7,3	0,3 ± 0,1	0,7 ± 0,1
10	гим. слой	290,9 ± 240,9	2,7 ± 1,0	160,8 ± 42,4	5,6 ± 2,3	39,7 ± 1,5	0,3 ± 0,2	0,1
	п/т	200,6 ± 48,1	3,9 ± 1,1	143,5 ± 10,8	10,5 ± 5,2	49,5 ± 9,0	0,5 ± 0,2	0,1 ± 0,01
31	гим. слой	1418,9 ± 313,7	7,3 ± 1,1	154,0 ± 33,4	4,5 ± 1,2	36,7 ± 10,0	0,5 ± 0,04	0,31 ± 0,29
	п/т	776,9 ± 453,0	22,1 ± 10,4	60,1 ± 17,2	5,7 ± 0,6	22,2 ± 8,7	0,1 ± 0,04	0,3 ± 0,1
фон	ц.п.т.	745,2 ± 126,9	68,5 ± 21,3	66,6 ± 6,5	0,9 ± 0,2	14,7 ± 1,5	0,7 ± 0,1	0,28 ± 0,04
<i>Piptoporus betulinus</i> ($\bar{x} \pm S_x$)								
29	гим. слой	1449,8	8,2	373,9	1,4	4,7	0,05	0,03
	п/т	433,4	35,7	132,0	1,4	1,5	0,05	0,01
фон	ц.п.т.	439,6 ± 42,2	22,7 ± 5,0	134,3 ± 15,9	0,3 ± 0,1	1,42 ± 0,5	0,3 ± 0,1	н/о

Примечание: * км – расстояние от комбината на ЮЗ; гим. слой – гимениальный слой; п/т – плодовое тело без гимениального слоя; ц.п.т. – плодовое тело целиком; н/о – не определяли.

Phellinus igniarius. В фоновых условиях химический состав гриба отличается более высоким содержанием Ni (3,9 мгкг⁻¹) и Cu (33,9 мгкг⁻¹), по сравнению с другими исследуемыми видами. Вблизи источника загрязнения характеризуется высоким содержанием меди (174,1 мгкг⁻¹). Накопление таких важных элементов, как Mg, Ca и Cu, вероятно, связано с биологией вида. Данный вид является паразитом, поражающим живые деревья, который приводит к постепенному усыханию дерева-хозяина, изымая питательные элементы.

Таким образом, по мере приближения к

источнику загрязнения наблюдается увеличение содержания тяжелых металлов (медь, никель) в плодовых телах дереворазрушающих грибов и в пораженной ими древесине. Выявлено высокое содержание элементов в гимениальном слое по сравнению с остальной частью плодового тела гриба. Показано, что трутовые грибы обладают избирательностью в отношении накопления элементов, что определяется их видоспецифичностью. Установлено, что в плодовых телах исследуемых трутовых грибов Mn накапливается в малых количествах, несмотря на высокое содержание в субстрате. Однолетние плодовые

тела трутовых грибов аккумулируют Ni и Cu меньше, чем многолетние базидиомы.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Беккер, З.Э. Физиология грибов и их практическое использование / З.Э. Беккер. М.: Изд-во Московского университета, 1963. 269 с.
2. Вотинцева, А.А. Рост и развитие настоящего трутовика в зоне аэротехногенного загрязнения медно-никелевым производством / А.А. Вотинцева, Л.Г. Исаева // Современные экологические проблемы Севера (к 100-летию со дня рождения О.И. Семенова-Тян-Шанского). Материалы международной конференции. Апатиты: КНЦ РАН, 2006. С. 40-43.
3. Горбунова, Е.А. Тяжелые металлы как фактор стресса для грибов: проявление их действия на клеточном и организменном уровнях / Е.А. Горбунова, В.А. Терехова // Микология и фитопатология. - 1995. Т. 29. Выпуск 4. С. 63-69.
4. Горельшев Д.В. Возможность использования грибов в качестве биоиндикаторов тяжелых металлов / Д.В. Горельшев, А.Н. Калинин // Естественные науки и экология. 2003. № 7. С. 197-199.
5. Иванов А.И. Характер накопления железа, марганца и цинка плодовыми телами некоторых ксилотрофных базидиомицетов (Aphyllorphorales s.l., Agaricales s.l., Auriculariales) / А.И. Иванов, А.В. Скобанев // Микология и фитопатология. 2008. Т. 42. Выпуск. 3. С. 252-256.
6. Лукина Н.В. Биогеохимические циклы в лесах Севера в условиях аэротехногенного загрязнения / Н.В. Лукина, В.В. Никонов. Апатиты: Изд-во Кольского научного центра РАН. 1996. Ч.2. 192 с.
7. Надеин А.Ф. Распределение серы и тяжелых металлов в системе древесина-кора-деревообразующие грибы / А.Ф. Надеин, С.Н. Тарханов // Экологическая химия. 2005. Т. 14. Выпуск 1. С. 47-51.
8. Ровбель Н.М. Сорбционный потенциал структурных компонентов мицелия ксилотрофных базидиомицетов / Н.М. Ровбель, И.А. Гончарова // Грибы в природных и антропогенных экосистемах. Труды международной конференции, посвященной 100-летию начала работы профессора А.С. Бондарцева в Ботаническом институте им. В.Л. Комарова РАН. Санкт-Петербург, 24-28 апреля 2005 г. Санкт-Петербург, 2005. Том 2. С. 143-147.
9. Чураков Б.П. Тяжелые металлы в представителях различных эволюционных групп грибов / Б.П. Чураков [и др.] // Микология и фитопатология. 2004. Т. 38. Выпуск 2. С. 68-77.
10. Юпина Г.А. К использованию дереворазрушающих грибов в качестве биоиндикаторов тяжелых металлов / Г.А. Юпина [и др.] // Микология и фитопатология. 1986. Т. 20. Выпуск 6. С. 478-480.
11. Gabriel J. Heavy metal content in Wood-decaying fungi collected in Prague and in the National Park Šumava in the Czech Republic / J.Gabriel [et al.] // Bull. Environ. Contam. Toxicol. 1997. Vol. 59. P. 595-602.