

БИОРАЗНООБРАЗИЕ, СИСТЕМАТИКА, ЭКОЛОГИЯ

УДК 581.557.24 : 582.47 : 546.3.002.637

© Д. В. Веселкин

ВЛИЯНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ И СЕРНИСТЫМ ГАЗОМ НА ЭКТОМИКОРИЗЫ PICEA OBOVATA И ABIES SIBIRICA

VESELKIN D. V. INFLUENCE OF HEAVY METAL AND SO₂ POLLUTION ON ECTOMYCORRHIZAS OF PICEA OBOVATA AND ABIES SIBIRICA

Успешное функционирование лесных сообществ во многом обеспечивается благодаря связям их доминантов и эдификаторов — древесных растений с микоризными грибами, высокое разнообразие которых обеспечивает возможность адаптации древесных растений к широкому спектру условий произрастания (John, Coleman, 1983; Каратыгин, 1993; Коваленко, 1998). В связи с этим исследования закономерностей техногенной трансформации разнообразия эктомикоризных ассоциаций могут иметь значение для понимания механизмов устойчивого функционирования экосистем в целом.

Неоднократно установленное снижение разнообразия эктомикоризных грибов, происходящее при разнообразных техногенных вмешательствах, позволило выдвинуть предположение о возможной функциональной связи между состоянием лесов и разнообразием микоризных грибов (Fellner, 1989). Анализ информации, относящейся к изучению собственно эктомикориз, также свидетельствует о выраженном в той или иной степени снижении их разнообразия при промышленном воздействии (Markkola, Ohtonen, 1988; Holopainen, 1989; Kowalski et al., 1989; Kropacek et al., 1989; Шкараба и др., 1991; Kraigher et al., 1996; Kieliszewska-Rikicka et al., 1997). В большинстве приведенных работ изучались последствия эмиссий газообразных поллютантов и только в одной (Kowalski et al., 1989) исследовались последствия от загрязнения сернистым ангидридом в сочетании с цинком.

Учитывая отсутствие в литературе информации о реакции эктомикориз древесных на острое хроническое загрязнение природных экосистем тяжелыми металлами, мы провели комплексное исследование состояния эктомикориз темнохвойных в условиях влияния металлосодержащих промышленных выбросов. В настоящем сообщении излагаются результаты изучения разнообразия эктомикориз.

Метод исследования

Работы проведены в естественных темнохвойных южнотаежных лесах Среднего Урала с разной степенью техногенной нарушенности. Пробные площади расположены в зоне воздействия Среднеуральского металлургического завода, выбрасывающего в атмосферу большое количество твердых, содержащих пыль Cu, Zn, Cd, Pb, As и Fe, и газообразных (SO₂) промышленных отходов. Вокруг предприятия выделены три зоны техногенной нагрузки: импактная (пробные площади на удалениях 1 и 2 км от завода), буферная (4.5 и 7 км) и фоновая (30 км), характеризующиеся последовательным сниже-

нием уровня загрязнения экосистем. В непосредственной близости от предприятия уровень содержания кислоторастворимых форм Cu в подстилке превышает фоновый в 65 раз, Pb — в 18, Cd — в 3—5 раз. Наряду с этим происходит техногенное подкисление почв: pH водной подстилки и верхнего минерального слоя почвы примерно на 1—1.5 ед. смещен в более кислую область (Воробейчик, 1995).

Исходно на пробных площадях были представлены елово-пихтовые леса лиственничного и различногочисленного типов на серых лесных почвах. В настоящее время облик лесов в результате техногенной трансформации существенно изменился: снизился запас, возросла доля сухостоя и изреженность древесного полога, почти полностью подавлено возобновление хвойных, произошла смена растительной ассоциации с неморально-кисличной на хвощовую, изменены морфологические и физико-химические параметры почвы, особенно верхних органических горизонтов (Воробейчик и др., 1994; Кайгородова, Воробейчик, 1996).

В 1995 г. были отобраны микоризы подраста ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb.) и пихты сибирской (*Abies sibirica* Ledeb.), в 1995 г. — микоризы деревьев пихты первого яруса отдельно из лесной подстилки, гумусово-аккумулятивного (непосредственно под подстилкой) и элювиального (с глубины 15—20 см) почвенных горизонтов. Микоризы двухлетних всходов пихты отобраны в 1998 г. Сбор материалов осуществляли на одних и тех же пробных площадях всегда в конце вегетационного периода. Образцы фиксировали в 4 %-м формалине. Всего было просмотрено в глицерине без окрашивания около 2500 срезов поперечных микоризных окончаний толщиной 10—15 мкм. Определяли подтип грибоного чехла по И. А. Селиванову (1973, 1981). Бесструктурные чехлы подтипов R и S относили к одной группе SR.

Обсуждение результатов

У исследованных растений представлены зумицетные хальмогазовые эктомикоризы (Селиванов, 1981), включающие более или менее развитый грибоный чехол и сеть Гартига. Изучение срезов без окрашивания не позволило оценить степень развития мицелия внутри клеток паренхимы коры и внутри центрального цилиндра, поэтому существование иных типов микориз (эктоэндомикориз, псевдомикориз) не установлено. У деревьев первого яруса встречаются окончания с сетью Гартига, но без наружного грибоного чехла. Нередко в таких окончаниях 1—2 слоя периферических клеток коры коры не оплетены грибными гифами. До центрального цилиндра сеть Гартига, как правило, также не доходит. В отличие от микориз с развитыми чехлами в таких HN-окончаниях отсутствуют отмирающие (таннинные) клетки и не наблюдается потери тургора клетками коры коры. Последние всегда имеют изодиаметрическую, не трансформированную форму.

В общей сложности выявлены микоризы с 14 подтипами чехлов (табл. 1). У всех растений практически повсеместно отмечены чехлы B, BF, F и SR, которые образуют наибольшее количество микориз. Одним из данных подтипов может быть представлено до 23—58 % чехлов в выборке, в сумме же они формируют от 63 до 93 % микориз в зависимости от места отбора образцов, вида и возраста растения. У взрослых деревьев во всех случаях представлены HN-окончания, не найденные у всходов и подраста. Примерно в половине выборок имеются чехлы подтипов G, N, O, P и Q, каждый из которых формирует не более 10—11 % микориз в одном местообитании. В сумме их относительное обилие не превышает 12—14 % у одной группы растений в одной точке, за исключением одного случая — 25 %.

Общее число подтипов чехлов в зависимости от вида, возраста растения и почвенного горизонта варьирует в условиях наибольшего загрязнения от 4 до 9, в буферной зоне — от 8 до 11, в фоновой — от 6 до 12 (табл. 2). При этом у каждого из объектов число зарегистрированных в импактной зоне подтипов ниже, чем в фоновой. О снижении разнообразия чехлов в условиях загрязнения свидетельствует динамика значений индекса разнообразия Шеннона, которые в импактной зоне на 15—41 % ниже соответствующих

Относительное обилие подтипов микоризных чехлов (%) в разных зонах техногенной нагрузки

Объект, почвенный горизонт	Зона нагрузки	Подтипы чехлов										SR	HN-окин-чания						
		плектенхиматические			BF	псевдопаренхиматические				двойные									
		A	B	C		E	F	G	I	K	N			O	P	Q			
Ель, подрост	Ф	15	50	—	—	—	10	15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8	—
	Б7/Б4 И2	17/6 14	44/41 58	10/10	—	—	10/10	12/8 9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+16 19	—
Пихта, всходы	Ф	6+	40	—	—	—	5	18	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5	—
	Б7/Б4 И2	6 6	24/17 41	—	—	—	8	24/40 11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	17/7 31	—
Пихта, подрост	Ф	+5	52	—	—	—	7	17	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+	—
	Б7/Б4 И2	5 5	31/44 58	-5	—	—	6/7	20/19 10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7 23/7	—
Пихта, первый ярус, подстилка	Ф	—	35	—	—	—	—	31	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6	—
	Б7/Б4 И2	+/-	28/25 54	—	—	—	+5	13/28 6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	23/10 21	—
Пихта, первый ярус, гумусовый	Ф	+	25	—	—	—	6	25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	9	—
	Б7/Б4 И2/И1	-/+	17/28 38/32	—	—	—	7/9	22/28 15/-	—	—	—	—	—	—	—	—	—	16 27/51	—
Пихта, первый ярус, элювиальный	Ф	—	29	—	—	—	12	18	—	—	—	—	—	—	—	—	—	21	—
	Б7/Б4 И2/И1	—	34/41	—	—	—	10/14	27/25 14/12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	21/18 28/30	—

Примечание. Ф — фоновая, Б — буферная (Б7 — удалено на 7 км от предприятия, Б4 — на 4,5 км), И — импактная зона техногенной нагрузки (И2 — удалено на 2 км, И1 — на 1 км). «+» — обилие микориз с чехлом менее 5%, «-» — отсутствие микориз с чехлом.

Таблица 2

Значения индекса разнообразия Шеннона в разных зонах техногенной нагрузки

Объект, почвенный горизонт	Зоны нагрузки		
	фоновая	буферная	импактная
Ель, подрост	1.43 (6)	1.65—1.79 (8—9)	1.12 (4)
Пихта, всходы	1.83 (9)	1.64—1.94 (8—9)	1.48 (7)
Пихта, подрост	1.51 (8)	1.73—1.81 (9)	1.14 (5)
Пихта, первый ярус, подстилка	1.71 (10)	1.63—1.89 (9—11)	1.38 (7)
Пихта, первый ярус, гумусовый	1.98 (12)	1.87—1.93 (10)	1.17—1.68 (5—9)
Пихта, первый ярус, элювиальный	1.84 (10)	1.80—1.82 (8—9)	1.50—1.71 (8—9)

Примечание. В скобках — число подтипов.

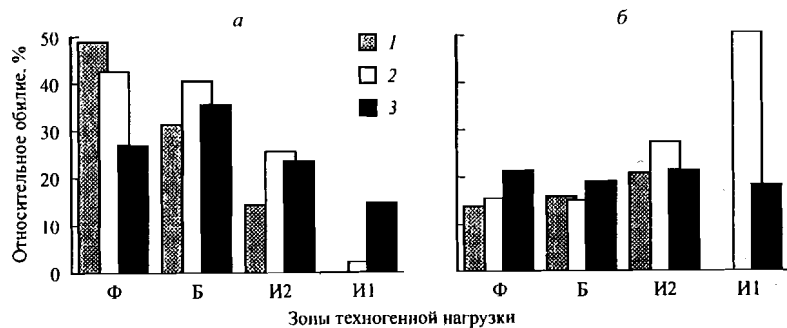
фоновых. Нередко наибольшие оценки богатства и разнообразия наблюдаются не на максимально удаленных от предприятия территориях, а на умеренно загрязненных.

Анализируя представленность отдельных подтипов в разных зонах техногенной нагрузки, отметим следующее. Ни разу не были зарегистрированы вблизи предприятия микоризные окончания с чехлами С, Е и К, довольно редко и с незначительным обилием встречающиеся и при отсутствии техногенной нагрузки. Далее, выделяются подтипы, отмеченные при загрязнении у большего или меньшего числа объектов, но относительное обилие которых в импактной зоне по сравнению с ненарушенными лесами обычно снижается. Это псевдопаренхиматические и двойные чехлы F, G, O и Q. Например, чехол F в фоновых условиях встречается у 15—31% микориз в выборке, в буферной зоне — у 8—40%, а в импактной зоне — не более чем у 15%, при этом в ряде случаев при максимальном загрязнении он отсутствует. Новых, не свойственных для ненарушенных лесов подтипов чехлов в условиях загрязнения не отмечено. В целом наблюдаемые при приближении к предприятию изменения в разнообразии грибных чехлов можно охарактеризовать как «обеднение».

Судя по нашим данным, существует определенная взаимосвязь между анатомическим сложением (структурой) чехлов и их обилием в зависимости от интенсивности нагрузки. Выраженная отрицательная реакция на загрязнение характерна для хорошо структурированных псевдопаренхиматических и двойных чехлов, которые у подростка ели, например, в импактной зоне нагрузки отсутствуют. У всходов пихты относительное обилие данных чехлов при интенсивном загрязнении примерно в 3 раза ниже, чем в фоновых сообществах, у подростка — почти в 10 раз. У деревьев пихты первого яруса уменьшение значимости псевдопаренхиматических чехлов хорошо заметно в подстилке (в 3.3 раза) и в верхнем минеральном слое почвы (почти в 16 раз) и слабее, менее чем в 2 раза — в глубоко расположенном элювиальном горизонте (см. рисунок, а). Отметим, что в ненарушенных лесах обилие псевдопаренхиматических чехлов, убывает с нарастанием глубины почвенного слоя, а при максимальном загрязнении лучше все они представлены как раз на наибольшей глубине.

Максимальное обилие бесструктурных чехлов (19—51% микориз), наоборот, наблюдается в импактной зоне техногенной нагрузки. У всходов и подростка их количество в этих условиях по сравнению с фоном возрастает в 2.4—6.2 раза. У деревьев первого яруса обилие бесструктурных чехлов существенно, с 16% в фоновых условиях до 51% вблизи предприятия, увеличивается в верхнем слое минеральной части почвы, но в элювиальном горизонте их встречаемость в градиенте загрязнения практически не изменяется (см. рисунок, б).

Лучшая выраженность изменений в соотношении псевдопаренхиматических и бесструктурных чехлов именно в гумусово-аккумулятивном горизонте может свидетельствовать об обусловленности данных изменений непосредственно степенью загрязненности (или токсичности) почвы, которая снижается не только при удалении от предпри-



Относительное обилие псевдопаразитических и двойных (а) и бесструктурных (б) чехлов в фоновой (Ф), буферной (Б) и импактной (И1, И2 — на удалении 1 и 2 км от предприятия) зонах техногенной нагрузки.

1 — подстилка, 2 — гумусовый, 3 — элювиальный горизонт.

ятия, но и сверху вниз в почвенном профиле (Ильин, 1991; Воробейчик и др., 1994; Кайгородова, Воробейчик, 1996). Заметим, что по параметрам богатства и разнообразия чехлов влияние техногенной нагрузки также лучше просматривается в верхней части почвенного профиля.

Установленное в условиях загрязнения естественных лесов пылью тяжелых металлов заметное (но не катастрофическое) снижение разнообразия эктомикориз соответствует реакциям, наблюдаемым и при других типах промышленного воздействия на окружающую среду. Изменяющиеся соотношение хорошо структурированных псевдопаразитических и бесструктурных чехлов в пользу последних также отмечалось ранее (Kowalski et al., 1989; Шкараба и др., 1991). По нашим данным, микоризы с псевдопаразитическими чехлами характеризуются наименьшей частотой встречаемости таниновых клеток коры корня, в то время как микоризы с бесструктурными чехлами — наибольшей (Веселкин, 2001). Последний факт соотносится с установленной другими исследователями интенсификацией процессов старения микоризных окончаний при промышленных воздействиях (Holopainen, 1989; Ritter et al., 1989).

Разнообразие эктомикоризных чехлов на определенной территории связано в первую очередь с разнообразием представленных на ней микоризных грибов. Об этом свидетельствует специфичность строения чехлов, формируемых разными видами грибов (Danielson et al., 1984; Godbout, Fortin, 1984; Мартикайнен, 1985; Gronbach, Agerer, 1986; Agerer, Weiss, 1989; Hansen, Vries, 1989; Agerer, 1996; Dames et al., 1999). Поэтому в качестве основной причины, обуславливающей снижение разнообразия грибов чехлов, можно считать происходящее с ростом уровня загрязнения территории снижение разнообразия собственно грибов-симбионтов. По-видимому, токсическое воздействие сказывается на разнообразии эктомикориз не только вследствие изменения состава микобиоты, но в определенной степени и путем прямого воздействия на них загрязнения. На разнообразие эктомикориз могут оказывать влияние возможные различия в продолжительности существования, скорости формирования и «старения» микориз, обусловленных уровнем токсичности почвы. Это может привести к изменению соотношения подтипов чехлов, считающихся возрастными (ранними — А, ВF или поздними — SR) этапами развития чехлов других подтипов.

Однозначно оценить последствия техногенного снижения разнообразия эктомикориз для отдельных растений и растительных сообществ в целом в настоящее время достаточно сложно. Общее снижение разнообразия грибов чехлов при загрязнении можно трактовать, как свидетельство упрощения структуры связей древесных растений с микоризными грибами, что в свою очередь рассматривается как неблагоприятная для фитобиоты реакция (Fellner, 1989), хотя прямые оценки связи разнообразия микориз с успеш-

ностью развития особей или сообществ в целом нам не известны. Функциональная активность отмирающих микориз с бесструктурными чехлами и с высокой представленностью неактивных клеток коры корня, вероятно, понижена, поэтому можно считать, что наблюдаемое на загрязненных территориях изменение соотношения обилия чехлов в пользу бесструктурных также ведет к негативным последствиям для растений.

Таким образом, разнообразие грибов эктомикоризных чехлов при загрязнении естественных экосистем пылью тяжелых металлов в комплексе с SO₂ снижается. Снижение разнообразия происходит преимущественно за счет выпадения редких подтипов, при этом относительное обилие псевдопаразитических и двойных чехлов по мере роста уровня техногенной нагрузки сокращается, а бесструктурных — возрастает. Признаки техногенной трансформации параметров разнообразия микориз отчетливее проявляются в верхней, наиболее загрязненной части почвенного профиля.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (01-04-96407), Комиссии РАН по работе с молодежью (грант № 280 6-го конкурса-экспертизы 1999 г.) и Минобразования РФ (Е00-6.0-119).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Веселкин Д. В. Структура эктомикориз сосны обыкновенной в связи с конкуренцией древостоя // Генетические и экологические исследования в лесных экосистемах. Екатеринбург, 2001. НИСО УрО РАН. С. 113—126.
- Воробейчик Е. Л. Изменение мощности лесной подстилки в условиях химического загрязнения // Экология. 1995. № 4. С. 278—284.
- Воробейчик Е. Л., Садыков О. Ф., Фарофонов М. Г. Экологическое нормирование техногенных загрязнений наземных экосистем (локальный уровень). Екатеринбург: Наука, 1994. 280 с.
- Ильин В. Б. Тяжелые металлы в системе почва—растения. Новосибирск: Наука, 1991. 149 с.
- Кайгородова С. Ю., Воробейчик Е. Л. Трансформация некоторых свойств серых лесных почв под действием выбросов медеплавильного комбината // Экология. 1996. № 3. С. 187—193.
- Каратыгин И. В. Козволюция грибов и растений. СПб.: Гидрометеоздат, 1993. 115 с.
- Коваленко А. Е. Роль эктомикоризных грибов в динамике лесных экосистем // Проблемы ботаники на рубеже XX—XXI веков. В 2 т. СПб., 1998. Т. 2. С. 25.
- Мартикайнен Н. Ф. О стабильности морфолого-анатомических признаков микориз // Микосимбиотрофизм и другие консортивные отношения в лесах Севера. Петрозаводск, 1985. С. 82—92.
- Селиванов И. А. Вопросы терминологии и классификации микориз и микоризоподобных образований // Микориза растений. Пермь, 1973. С. 3—44.
- Селиванов И. А. Микосимбиотрофизм как форма консортивных связей в растительном покрове Советского Союза. М.: Наука, 1981. 232 с.
- Шкараба Е. М., Переведенцева Л. Г., Мехолошин Л. Е. Консортивные связи лесных растений с грибами в условиях промышленного загрязнения // Экология. 1991. № 6. С. 12—17.
- Agerer R. Ectomycorrhizae of *Tomentella albobmarginata* (Thelephoraceae) on Scots pine // Mycorrhiza, 1996. Vol. 6, N 1. P. 1—7.
- Agerer R., Weiss M. Studies on ectomycorrhizae. XX. Mycorrhizae formed by *Thelephora terrestris* on Norway spruce // Mycologia. 1989. Vol. 81, N 3. P. 444—453.
- Dames J. F., Straker C. J., Scholtes M. C. Ecological and anatomical characterization of some *Pinus patula* ectomycorrhizas from Mpumalanga, South Africa // Mycorrhiza. 1999. Vol. 9, N 1. P. 9—24.
- Danielson R. M., Visser S., Parkinson D. Production of ectomycorrhizae on container-grown jack pine seedlings // Can. J. For. Res. 1984. Vol. 14, N 1. P. 33—36.

Fellner R. Mycorrhiza-forming fungi as bioindicators of air pollution // Ecol. and Appl. Aspects of Ecto- and Endomycorrhizal Assoc. Praha, 1989. Pt 1. P. 115—120.

Godbout C., Fortin J. A. Synthesized ectomycorrhizae of aspen: fungal genus level of structural characterization // Can. J. Bot. 1984. Vol. 63, N 2. P. 252—256.

Gronbach E., Agerer R. Charakterisierung und Inventur der Fichten-Mykorrhizen im Högwald und deren Reaktionen auf saure Beregnung // Forstwiss. Cbl. 1986. Bd 105, H. 4. S. 329—335.

Holopainen T. Ecological and ultrastructural response of Scots pine mycorrhizas to industrial pollution // Ecol. and Appl. Aspects of Ecto- and Endomycorrhizal Assoc. Praha, 1989. Pt 1. P. 185—190.

Jansen A. E., Vries de F. M. Mycorrhizas on Douglas fir in the Netherlands // Ecol. and Appl. Aspects of Ecto- and Endomycorrhizal Assoc. Praha, 1989. Pt 1. P. 197—200.

John T. V., Coleman D. C. The role of mycorrhizae in plant ecology // Can. J. Bot. 1983. Vol. 61. P. 1005—1014.

Kieliszewska-Rikicka B., Rudawska M., Leski T. Ectomycorrhiza of young and mature scots pine trees in industrial regions in Poland // Environ. Pollut. 1997. Vol. 98, N 3. P. 315—324.

Kowalski S., Wojewoda W., Bartnik C., Rupik A. Mycorrhizal species composition and infection patterns in forest plantations exposed to different levels of industrial pollution // Ecol. and Appl. Aspects of Ecto- and Endomycorrhizal Assoc. Praha, 1989. Pt 1. P. 249—256.

Kraigher H., Batic F., Agerer R. Types of ectomycorrhizae and mycobioindication of forest site pollution // Phyton. 1996. Vol. 36, N 3. P. 115—120.

Kropacek K., Kristinova M., Chmelikova E., Cudlin P. The mycorrhizal inoculation potential of forest soil exposed to different pollution stress // Ecol. and Appl. Aspects of Ecto- and Endomycorrhizal Assoc. Praha, 1989. Pt 1. P. 271—278.

Marckola A. M., Ohtonen R. Mycorrhizal fungi and biological activity of humus layer in polluted pine forests in the surroundings of Oulu // Karstenia. 1988. Vol. 28, N 1. P. 45—47.

Ritter T., Kottke I., Oberwinkler F. Vitality and ageing of the ectomycorrhizae of damaged and undamaged trees // Ecol. and Appl. Aspects of Ecto- and Endomycorrhizal Assoc. Praha, 1989. Pt 1. P. 415—421.

Институт экологии растений и животных УрО РАН
Екатеринбург

Поступила 24 V 2002

SUMMARY

Decrease of diversity of ectomycorrhizal mantles of spruce and abies in condition of heavy metal and SO₂ pollution was noted. Comparative abundance of pseudoparenchymatous and double mantles decreases with rise of technogenous influence; comparative abundance of unstructured mantles increases. In the most degree the diversity of mycorrhizas changes in upper, most impacted part of soil profile.

Рецензент — В. И. Шубин

УДК 631.466.1/547.912.002.637

© Н. А. Киреева, М. Д. Бакаева, Н. Ф. Галимзянова

ВЛИЯНИЕ НЕФТЕПРОДУКТОВ НА КОМПЛЕКС ПОЧВЕННЫХ МИКРОМИЦЕТОВ

KIREEVA N. A., BAKAEVA M. D., GALIMZYANOVA N. F. INFLUENCE OF PETROLEUM PRODUCTS ON THE COMPLEX OF SOIL MICROMYCETES

Нефть и продукты ее переработки входят в список наиболее часто встречающихся загрязнителей окружающей среды. Если утечка сырой нефти происходит преимущественно в процессе транспортировки и хранения, то полученные в результате ее переработки топливо, смазочные и строительные материалы попадают в окружающую среду в процессе их эксплуатации. Постоянно поступая в почву городов и промышленных предприятий, нефтепродукты могут стать одной из причин антропогенного стресса данных экосистем.

Ряд работ посвящен изучению процессов, происходящих в микробных сообществах, загрязненных нефтепродуктами природных ландшафтов (Solano-Serena et al., 1998; Chaineau, 1999; Лебедева, 2000). Однако влияние на почвенные микроорганизмы таких углеводородных смесей, как газولين, бензин, керосин, дизельное топливо, мазут и т.д., пока еще нельзя считать достаточно изученным.

Настоящая работа посвящена изучению некоторых характеристик микробиоты почв, подвергшихся воздействию нефтепродуктов.

Исследования проводили в лабораторных условиях на темно-серой лесной тяжелосуглинистой почве (гумус — 7,8 %, pH водной вытяжки — 5,7, N_{общ} — 4520 мг/кг). Почву искусственно загрязняли нефтепродуктами в концентрациях 0,5, 5 и 8 % от ее веса. В качестве загрязнителей были использованы бензин автомобильный А-95, моторное масло индустриальное И-40А и дизельное топливо летнее. Контролем служила та же почва без внесения pollutants. Vegetationные сосуды емкостью 2 л инкубировали в термостате при 27°C в течение 9 мес. Видовой состав сахаролитических грибов определяли путем посева почвенной суспензии на агаризованную среду Чапека в 10-кратной повторности. Видовую идентификацию грибов проводили по определителям (Пидошничко, 1972; Егорова, 1986; Билай, Коваль, 1988; Билай, Курбацкая, 1990).

Комплекс типичных видов определяли на основе пространственной и временной встречаемости (Мирчинк, 1988; Марфенина и др., 1996).

Длину гиф определяли методом мембранных фильтров. Для фильтрации использовали мембранные фильтры «Владипор» с диаметром пор 2,5 мкм. Измерения длины гиф проводили с помощью окуляр-микрометра при увеличении 10x40. Для дифференциации мертвого и живого мицелия образцы окрашивали смесью диантлового голубого с водным раствором фенола. Отдельно подсчитывали длину темно- и светлоокрашенных форм мицелия (Методы..., 1991).

Для количественной характеристики изменений структуры комплекса микромикробов всех вариантов опыта был подсчитан коэффициент сходства Сьерсенса — Чеканова