

8. *Маячкина Н.В., Чугунова М.В.* Особенности биотестирования почв с целью их экотоксикологической оценки // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. 2009. № 1. С. 84-93.

Исследование выполнено при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (16.740.11.0528, 14.А18.21.0187, 14.А18.21.1269) и при государственной поддержке ведущей научной школы (НШ-5316.2010.4).

КОМПЛЕКСЫ ПОЧВЕННЫХ МИКРОСКОПИЧЕСКИХ ГРИБОВ В ДОЛИНЕ Р. ПАЗ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА

Корнейкова М.В.

Институт проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН, Апатиты, svyatkovskaya@inep.ksc.ru

Введение. В долине р. Паз расположен Государственный природный заповедник «Пасвик» (Мурманская область, Печенгский район) по обе стороны государственной границы России и Норвегии. Заповедник, общей площадью 17 тыс. га, был создан в 1992 г. как резерват для охраны мест обитаний и гнездований водоплавающих и околоводных птиц.

На территории заповедника были выявлены места загрязнений почвы нефтепродуктами (НП) — остров Варлама и гора Каскама.

Цель данной работы — изучение численности, видового разнообразия и структуры комплексов почвенных микроскопических грибов в заповеднике «Пасвик» и на прилегающих к нему территориях, в том числе на загрязненных нефтепродуктами.

Объекты и методы исследований

Исследования проводили в 2010–2011 гг. Объект исследования — почвы и почвенная микобиота заповедника «Пасвик» (о. Варлама и г. Каскама) и прилегающих к нему территорий (г. Кораблекк, Калкупя).

Для микологического анализа отбор почвенных проб выполнен из органогенного горизонта, а там, где он был эродирован — из слоя 0–5 см. Всего взято 28 образцов. Численность микромицетов определяли методом посева на сусло-агар с добавлением молочной кислоты из расчета 4 мл на 1 л среды для ингибирования роста бактерий. Анализ биологического разнообразия грибов выполнен на основе культурально-морфологических признаков с использованием общепринятых определителей. Видовые названия уточняли по пополняемым спискам видов в базе данных “Species fungorum” (www.indexfungorum.org).

Содержание нефтепродуктов в почве определяли методом инфракрасной спектрометрии на анализаторе «АН-2» производства ООО «Нефтехимавтоматика». Значения рН почвенной водной суспензии (1:2.5) — потенциометрически.

Результаты и обсуждения. *Химические свойства исследованных почв.* Значения рН водной почвенной суспензии на всех апробированных участках находятся в кислотном диапазоне и изменяются от 3.8 до 5.7. Наименьшие значения рН почвенной суспензии отмечены в горной тундре и сосняке на г. Калкупя, наибольшее — на вырубке о. Варлама.

Наиболее высокая влажность почвы (200–450%) была выявлена на участках, имеющих органогенный оторфованный горизонт, удерживающий влагу. Влажность голых пятен, загрязненных НП, на о. Варлама и г. Каскама минимальна (1.5–6%).

Исследуемые почвы входят в разряд почв с низкой и средней биогенной активностью. Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) нефтепродуктов для них составляют не более 2 г/кг. Выявлены участки, в которых содержание нефтепродуктов в десятки раз выше норм ОДК: голые пятна на о. Варлама — 30.0±3.0 г/кг на глубине 0-5 см, 45.8±4.4 г/кг на глубине 5–10 см; на г. Каскама, — от 39.0±3.1 г/кг на вершине горы до 82.3±4.5 г/кг на юго-восточном склоне.

Численность микроскопических грибов. В таблице 1 приведены данные по численности микроскопических грибов. Наименьшее их число выявлено в голом пятне на о. Варлама — 0.2±0.05 тыс. КОЕ/г и на вершине загрязненной НП г. Каскама — 2.5±0.8 тыс. КОЕ/г, наибольшее — в лесной подстилке о. Варлама — 210.0±36.2 тыс. КОЕ/г. На г. Калкупя численность микроскопических грибов колеблется от 38.7 до 66.4 тыс. КОЕ/г. На г. Кораблекк численность микроскопических грибов колеблется от 6.4 до 9.6 тыс. КОЕ/г почвы в зависимости от природной зоны.

Видовое разнообразие комплексов микроскопических грибов. На г. Каскама было выделено всего 17 видов микроскопических грибов и грибы со стерильным мицелием (табл. 2). Из

загрязненного участка выделено 10 видов, относящихся к 3 отделам, 5 классам, 7 порядкам, 8 семействам, 9 родам и грибы со стерильным мицелием. Два вида *Aureobasidium microstictum* и *Amorphotheca resiniae* были отмечены впервые в почвах Кольского полуострова. Из чистой почвы г. Каскама выделено 8 видов микромицетов, относящихся к 2 отделам, 5 классам, 5 порядкам, 6 семействам и 6 родам.

На острове Варлама было выделено 12 видов микроскопических грибов (см. табл. 2). Из загрязненных пятен - 9 видов грибов, относящихся к 2 отделам, 5 классам, 5 порядкам, 5 семействам, 5 родам и группа грибов со стерильным мицелием. На контрольном участке острова - 6 видов, относящихся к 2 отделам, 3 классам, 3 порядкам, 4 семействам, 4 родам и группа грибов со стерильным мицелием

Таблица 1. Численность почвенных микроскопических грибов (тыс. КОЕ/г).

Место отбора проб	Численность грибов (тыс. КОЕ/г)
г. Каскама, голое пятно замазученное	2.5±0.8
г. Каскама, контроль	42.8±5.5
о. Варлама, загрязненное пятно	0.2±0.05
о. Варлама, контроль	210.0±36.2
г. Калкупя, горная тундра	38.7±8.5
г. Калкупя, березняк	66.4±8.0
г. Калкупя, сосняк	43.5±5.7
г. Кораблекк, горная тундра	9.6±1.2
г. Кораблекк, горная лесотундра	8.2±1.9
г. Кораблекк, сосняк	6.4±0.9

Таблица 2. Структура комплексов почвенных микромицетов на территориях заповедника, загрязненных НП (г. Каскама, о-в Варлама).

Виды	г. Каскама		о-в Варлама	
	Загрязненный участок	Контроль	Загрязненный участок	Контроль
Отдел Zygomycota Класс Incertae sedis Порядок Mucorales Семейство Mortierellaceae				
<i>Mortierella longicollis</i> Dixon-Stew.	-	-	-	1.0/50
Семейство Mucoraceae				
<i>Mucor</i> sp.	-	2.2/67	-	-
Семейство Umbelopsidaceae				
<i>Umbelopsis isabellina</i> (Oudem.) W.Gams	-	3.1/67	76/20	1.0/100
Отдел Ascomycota Класс Eurotiomycetes Порядок Eurotiales Семейство Trichocomaceae				
<i>Penicillium canescens</i> Sopp	-	-	-	0.7/50
<i>P. glabrum</i> (Wehmer) Westling	0.3/17	-	3.3/20	-
<i>P. implicatum</i> Biourge	-	1.3/33	-	-
<i>P. lividum</i> Westling	-	-	-	2.0/50
<i>P. multicolor</i> Grig.-Man. Et Porad.	-	6.2/67	-	-
<i>P. raistrickii</i> G.Sm.	-	-	0.8/20	-
<i>P. spinulosum</i> Thom	-	15.6/100	0.4/20	77.0/50
<i>P. trzebinskii</i> K.M.Zalessky	-	-	0.4/20	-
Класс Sordariomycetes Порядок Hypocreales Семейство Hypocreaceae				
<i>Trichoderma koningii</i> Oudem	-	-	4.5/80	-
<i>T. viride</i> Pers.	-	3.1/100	0.4/20	5.0/50
Семейство Incertae sedis				
<i>Acremonium rutilum</i> W.Gams	19.9/17	-	-	-
<i>Memmoniella echinata</i> (Rivolta) Galloway	9.2/17	-	-	-

Класс <i>Dothideomycetes</i> Порядок <i>Dothideales</i> Семейство <i>Dothioraceae</i>				
<i>Aureobasidium microstictum</i> (Bubak) W.B. Cooke	53/50	-	-	-
<i>Aureobasidium pullulans</i> var. <i>melanogenum</i> Herm.-Nijh.	0.3/17	0.4/33	-	-
Семейство <i>Incertae sedis</i>				
<i>Phoma herbarum</i> Westend	2.0/33	-	-	-
Порядок <i>Capnodiales</i> Семейство <i>Davidiellaceae</i>				
<i>Amorphotheca resinae</i> Parbery	9.2/33	-	-	-
<i>Hormodendron cladosporioides</i> (Fresen.) Sacc.	-	-	10.3/40	-
Порядок <i>Incertae sedis</i> Семейство <i>Muxotrichaceae</i>				
<i>Oidiodendron rhodogenum</i> Robak	0.3/17	-	-	-
Класс <i>Leotiomyces</i> Порядок <i>Helotiales</i> Семейство <i>Sclerotiniaceae</i>				
<i>Sclerotinia sclerotiorum</i> Lib. (de Bary)	0.3/17	-	0.4/20	-
Класс <i>Incertae sedis</i> Порядок <i>Incertae sedis</i> Семейство <i>Incertae sedis</i>				
<i>Gliomastix murorum</i> var. <i>murorum</i> (Corda) S. Hughes	-	0.4/33	-	-
Отдел <i>Basidiomycota</i> Класс <i>Microbotryomycetes</i> Порядок <i>Sporibolales</i> Семейство <i>Incertae sedis</i>				
<i>Rhodotorula</i> sp.	2.8/33	-	-	-
<i>Sterilia mycelia</i>	0.6/17	-	3.3/20	12.0/50

Примечание. Через косую линию обилие видов, пространственная частота встречаемости. Прочерк означает – не выявлены.

На загрязненном участке г. Каскама как по обилию, так и по частоте встречаемости доминировал представитель группы грибов с темнопигментированным мицелием *Aureobasidium microstictum* (53 и 50 % соответственно), ранее не встречавшийся в исследуемых нами почвах Кольского полуострова. Высокое значение индекса обилия также было выявлено у вида *Acremonium rutilum* (20%), однако его пространственная частота встречаемости составила всего 17%. На чистом участке г. Каскама как по обилию, так и по частоте встречаемости доминировали *Penicillium spinulosum* и *P. multicolor*, кроме них по частоте встречаемости преобладали виды *Trichoderma viride* и *Umbelopsis isabellina*.

Таблица 3. Структура комплексов почвенных микромицетов на гг. Калкупя и Кораблекк.

Вид	г. Калкупя			г. Кораблекк
	Горная тундра	Березняк	Сосняк	
Отдел <i>Zygomycota</i> Класс <i>Incertae sedis</i> Порядок <i>Mucorales</i> Семейство <i>Mucoraceae</i>				
<i>Mucor</i> sp.	-	1.6/33	-	-
Семейство <i>Umbelopsidaceae</i>				
<i>Umbelopsis isabellina</i> (Oudem.) W.Gams	3.7/33	1.3/67	-	11.0/100
Отдел <i>Ascomycota</i> Класс <i>Eurotiomycetes</i> Порядок <i>Eurotiales</i> Семейство <i>Trichocomaceae</i>				
<i>Penicillium canescens</i> Sopp	-	-	-	9.0/66
<i>P. glabrum</i> (Wehmer) Westling	-	-	-	17.0/66
<i>P. lividum</i> Westling	-	-	-	35.0/100
<i>P. implicatum</i> Biourge	19.4/67	17.9/67	-	-
<i>P. multicolor</i> Grig.-Man. Et Porad.	0.3/33	-	-	-
<i>P. raistrickii</i> G.Sm.	4.8/33	4.6/67	2.6/67	-
<i>P. spinulosum</i> Thom	26.9/100	18.2/67	55/100	9.0/66
<i>P. thomii</i> Maire	6.5/67	1.3/100	-	-
<i>P. trzebinskii</i> K.M.Zalesky	18.7/100	16.6/33	34.3/100	-

Примечание: то же, как в табл. 2.

На загрязненном участке о. Варлама по обилию доминировали виды *Umbelopsis isabellina* (76%) и *Hormodendron cladosporioides* (10.3%), по частоте встречаемости - вид *Trichoderma koningii*, к часто встречающимся относился *H. cladosporioides*. Остальные виды были редкими. На чистом участке по обилию преобладали *Penicillium spinulosum* и грибы со стерильным мицелием, а по частоте встречаемости – *Umbelopsis isabellina*.

На горе Калкупя было выделено 8 видов микроскопических грибов, причем 7 в горной тундре, 8 – в березняке, всего 3 вида – в сосняке (табл. 4). Эти грибы относятся к 2 отделам, 2 классам, 2 порядкам, 3 семействам и 3 родам. Преобладают виды рода *Penicillium* (67% от общего количества выделенных видов). **На горе Кораблекк** выделено 5 видов микромицетов, относящихся к 2 отделам, 2 классам, 2 порядкам, 2 семействам и 2 родам.

На г. Калкупя по обилию видов во всех исследованных зонах доминировали грибы *P. spinulosum*, *P. trzebinskii*, а в горной тундре и березняке еще вид *P. implicatum*. По частоте встречаемости вид *P. spinulosum* преобладал на всех участках, виды *P. implicatum* и *P. thomii* – в зонах горной тундры и березняке, *P. trzebinskii* – в горной тундре и сосняке, *P. raistrickii* – в березняке и сосняке, *Umbelopsis isabellina* – в березняке.

На г. Кораблекк по обилию видов доминировали *P. lividum* и *P. glabrum*, по частоте встречаемости - *P. lividum* и *Umbelopsis isabellina*.

Выводы. Таким образом, на территории заповедника «Пасвик» выявлены места загрязнений почв нефтепродуктами (остров Варлама и гора Каскама). Содержание углеводов в этих местах в десятки раз превышает их ОДК, доходя до 30-80 г/кг. Изучено видовое разнообразие комплексов микроскопических грибов на территории заповедника в местах, загрязненных НП (г. Каскама и о-в Варлама) и чистых от НП территориях (гг. Кораблекк и Калкупя). На г. Каскама выделено 17 видов микромицетов, на о-ве Варлама – 12, на г. Калкупя – 8, на г. Кораблекк – 5. Два вида микромицетов *Aureobasidium microstictum* и *Amorphotheca resiniae* были выделены впервые в почвах Кольского полуострова и являются доминирующими в почвах, загрязненных НП на территории заповедника «Пасвик».

ВЛИЯНИЕ ПРЕАДСОРБИРОВАННОЙ ГУМИНОВОЙ КИСЛОТЫ НА ПОГЛОЩЕНИЕ СВИНЦА ПОЧВАМИ И ПОЧВЕННЫМИ МИНЕРАЛАМИ

Курочкина Г.Н., Пинский Д.Л.

Учреждение Российской академии наук Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения (ИФХиББП РАН), colloid41@ Rambler.ru

Введение. Современная экологическая обстановка характеризуется быстрым ростом в окружающей среде концентраций тяжелых металлов (ТМ), в том числе свинца. Свинец, как и многие тяжелые металлы, чрезвычайно прочно сорбируется высокодисперсной частью почвы [3, 4, 7-9, 11, 12]. Органическая часть почвенного поглощающего комплекса (ППК) представлена, главным образом, гумусовыми веществами, которые в основном закреплены на глинистых минералах почв. В этом проявляется матричная функция почвы, упомянутая в работе [5]. Благодаря карбоксильным, гидроксильным, карбонильным группам и ароматическим фрагментам гумусовые кислоты вступают в ионные, донорно-акцепторные и гидрофобные взаимодействия. Гумусовые кислоты связывают в прочные комплексы ионы металлов в воде и почве, поэтому их используют для рекультивации территорий, загрязненных тяжелыми металлами [10, 13, 14]. При этом на поверхности почвенных минералов формируются минералоорганические пленки и кластеры, обладающие свойствами отличными от свойств исходной поверхности [2-4, 6, 11]. Накоплено немало данных о связывании металлов гуминовыми кислотами, а также минералами, покрытыми гумусовыми пленками [2, 3]. При этом выявлено, что металлы, находящиеся в пленках гуминовых кислот на высокодисперсных частицах почвы, являются важной миграционной формой рассеянных металлов.

Вышеприведенные исследования взаимодействия гуминовых кислот с тяжелыми металлами и почвенными минералами не дают однозначного ответа о механизме адсорбции и формирования минералоорганических адсорбционных слоев, ответственных за поглощательные свойства модифицированной системы к тяжелым металлам. Следовательно, механизмы адсорбции гуминовых кислот (ГК) минеральными компонентами почв изучены недостаточно и являются актуальными в почвоведении.