

МИКРОБНЫЕ СООБЩЕСТВА ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ НА ВЫРУБКАХ СРЕДНЕТАЕЖНЫХ ЕЛОВЫХ ЛЕСОВ

© 2014 Ю.А. Виноградова¹, Е.М. Лаптева¹,
Е.М. Перминова¹, С.С. Анисимов², А.Б. Новаковский¹

¹ Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

² Институт естественных наук, Сыктывкарский государственный университет, г. Сыктывкар

Поступила 11.03.2014

В данной статье рассмотрено влияние сплошнолесосечных рубок на изменение состояния и структуры комплекса почвенных микроорганизмов. Показано, что на первых стадиях восстановления растительного покрова на вырубках, в связи с ухудшением экологического состояния подзолистых почв, происходит снижение численности и биомассы микроорганизмов, численности эколого-трофических групп микроорганизмов, функциональной активности микробиоты.

Ключевые слова: подзолистые почвы, вырубки, микробное сообщество, мультисубстратное тестирование

Почвенное микробное сообщество – наиболее мобильный блок почвенной биоты, активно реагирующий на любые изменения экологических условий как природного, так и техногенного характера. Основные компоненты комплекса почвенной микробиоты (водоросли, микроскопические грибы, актиномицеты, бактерии) успешно используются в качестве тест-систем для оценки экологического состояния как непосредственно почв, так и в целом наземных экосистем. В последние годы для этих целей широкое применение получил метод мультисубстратного тестирования (МТС) [3]. Изначально он был предложен для идентификации патогенных микроорганизмов [17], но в настоящее время успешно используется для диагностики микробных сообществ природных экосистем [19, 20, 18]. Его основным преимуществом, по сравнению с классическими микробиологическими методами (определение численности и соотношения эколого-трофических групп микроорганизмов, численности и биомассы бактерий, дрожжей и микроскопических грибов), является возможность оценки функционального состояния (функциональной активности, или функционального разнообразия) микробного сообщества, населяющего различные горизонты почвы [16, 2, 4].

В Республике Коми одним из значимых антропогенных факторов, приводящих к масштабным нарушениям природных наземных экосистем, следует отнести промышленные рубки. В результате смены растительности на вырубках

происходят существенные изменения растительности, меняются микроклиматические параметры формирующихся биотопов, гидрологический режим почв и их физико-химические свойства. Все это приводит к определенным структурным перестройкам комплекса почвенных беспозвоночных животных, а также почвенных микробных сообществ [7].

Цель данной работы заключалась в выявлении основных закономерностей изменения структуры и функционального состояния микробных сообществ подзолистых почв на первых этапах естественного лесовозобновления после сплошнолесосечных рубок среднетаежных еловых лесов.

ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проводили на территории Республики Коми, на стационарных участках, заложенных в Усть-Куломском р-не для проведения комплексных исследований на разновозрастных вырубках среднетаежных еловых лесов [10]. Район исследования расположен в Южно-Тиманском округе Вычегодской провинции среднетаежной подзоны типичных подзолистых почв [1]. В качестве объектов исследования выбраны подзолистые суглинистые почвы коренного ельника чернично-зеленомошного (участок ПП1) и лиственнично-хвойного насаждения, сформировавшегося после сплошнолесосечной рубки в 2001/2002 гг. (участок ПП2).

Детальная характеристика растительного покрова и почв ключевых участков представлена в работах [10, 5, 6]. Здесь отметим следующее. Участок ПП1 заложен в ельнике чернично-зеленомошным. Состав древостоя 6Е4Пх+Б, возраст 60-230 лет. Отмечен подрост ели и пихты. Травяно-кустарничковый ярус из *Vaccinium myrtillus*, *Maianthemum bifolium*, *Linnaea borealis*, *Dryopteris* (sp.) и др. В напочвенном покрове *Pleurozium shreberi*, *Hylocomium splendens*, редко *Polytrichum commune*, *Sphagnum girgensohnii*, проективное покрытие 80-85%. В почвенном покрове

Виноградова Юлия Алексеевна, кандидат биологических наук, научный сотрудник, vinogradova@ib.komisc.ru; Лаптева Елена Морисовна, кандидат биологических наук, доцент, зав. отделом почвоведения, lapteva@ib.komisc.ru; Перминова Евгения Максимовна, аспирант, perminova_83@mail.ru; Анисимов Сергей Сергеевич, студент, buynov_sergey@mail.ru; Новаковский Александр Борисович, кандидат биологических наук, научный сотрудник, novakovsky@ib.komisc.ru

доминируют подзолистые текстурно-дифференцированные почвы.

Участок ПП2 характеризует вырубку, где в зимний период 2001/2002 гг. были проведены сплошнолесосечные рубки главного пользования. В настоящее время на участке идет активное возобновление древесной растительности. На вырубке выражен интенсивный рост березы и рябины. В формирующемся фитоценозе значительную роль выполняет подрост хвойных растений, сохранившийся во время лесозаготовки. Следует отметить, что при проведении рубки напочвенный покров не был нарушен. Однако в его структуре в настоящее время происходят определенные изменения – почти исчезли *Vaccinium myrtillus*, *Trientalis europaea*, *Maianthemum bifolium*, *Linnaea borealis* и появились *V. vitis-idaea* и *Carex sp.* [10]. В напочвенном покрове доминируют политриховые мхи. Основным компонентом в структуре почвенного покрова являются подзолистые текстурно-дифференцированные с микропрофилем подзола почвы.

Для оценки состояния микробных сообществ подзолистых почв отбор проб проводили в августе 2013 г. из слоя живых мхов (СЖМ), подстильно-торфяного (подгоризонты О1, О2, О3) и подзолистого горизонта (ЕL(hg)). Для анализа использовали свежие образцы. Численность основных физиологических групп микроорганизмов почвы оценивали методом посева почвенных суспензий на твердые питательные среды [11]. Общее количество гетеротрофных бактерий учитывали на мясо-пептонном агаре (МПА), олигонитрофилов – на среде Эшби, олиготрофов – на голодном агаре, микроорганизмов, использующих минеральные формы азота, – на крахмало-аммиачном агаре (КАА). Численность бактерий и спор грибов, длину мицелия микроскопических грибов и их биомассу определяли с использованием метода люминесцентной микроскопии [9].

Мультисубстратное тестирование выполняли в соответствии со стандартной методикой [8]. При проведении анализа оценивали спектры потребления субстратов (СПС) микробными сообществами. В работе использовали стандартные 96-луночные планшеты с 47 источниками органического углерода (сахара, спирты, соли органических кислот, аминокислоты, амины, амиды, нуклеозиды). Планшеты инкубировали в термостате в течение 3-х суток при температуре 28°C до появления визуальной регистрируемой окраски ячеек. Изменение окраски субстратов вызвано развитием микроорганизмов, способных потреблять тест-субстрат, содержащийся в ячейке планшета, и восстанавливать бесцветный трифенилтетразолий в бордово-красный формазан. После окончания инкубации осуществляли фотометрическое считывание оптической плотности ячеек при длине волны 510 нм на фотометре «Уни-

план». На основании совокупности полученных данных рассчитывали коэффициенты биоразнообразия (индекс Шеннона, индекс выравненности Пиелу), рангового распределения потребления субстратов, стабильности сообщества (d), а также удельную метаболическую работу (W) и интегральный параметр (G) общего благополучия системы [4]. Для сравнения спектров потребляемых субстратов применяли дискриминантный и кластерный анализы (кластеризация – по Варду, мера расстояния – Манхеттенское расстояние) [15].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Как показали проведенные исследования, для рассмотренных почв характерны общие закономерности профильного изменения численности эколого-трофических групп микроорганизмов (ЭТГМ). В основном микроорганизмы сосредоточены в слое живых мхов и подстильно-торфяном горизонте (рис. 1). Максимальной численностью отличается верхняя часть лесной подстилки – подгоризонт О1. В слое живых мхов и в нижележащих подгоризонтах подстильно-торфяного горизонта численность микроорганизмов на 2-4 порядка меньше. При переходе от органогенных горизонтов к минеральным наблюдается резкое снижение общего количества гетеротрофных бактерий, учитываемых на твердых питательных средах. Такое распределение микроорганизмов типично для почв таежных экосистем [12]. Оно характерно и для почвы целинного, ненарушенного ельника чернично-зеленомошного (ПП1), и для почвы хвойно-лиственного насаждения, сформировавшегося на вырубке 2001/2002 гг. (ПП2).

В структуре биомассы рассмотренных микробных сообществ основную роль играет мицелий микроскопических грибов (табл. 1). На его долю в почве участка ПП1 приходится 68,7-85,6% общей биомассы микроорганизмов. В направлении от органогенного горизонта к минеральному доля грибного мицелия в общей микробной биомассе снижается, но при этом происходит возрастание доли биомассы спор грибов – от 11,1 % в гор. О до 31,2% в гор. ЕL. Вклад в микробную биомассу прокариот незначителен. Максимальное ее количество (3,1% от общей микробной биомассы) приурочено к горизонту лесной подстилки.

Ранее проведенными исследованиями показано, что в биоклиматических условиях средней тайги на вырубках происходит временное переувлажнение почв, сопровождающееся активизацией процессов глееобразования, возрастанием кислотности верхней части почв [10], усилением агрессивности и миграционной способности гумусовых веществ [6], мобилизацией и сегрегацией соединений железа [21]. Максимально эти изменения выражены в почвах молодых вырубок (5-

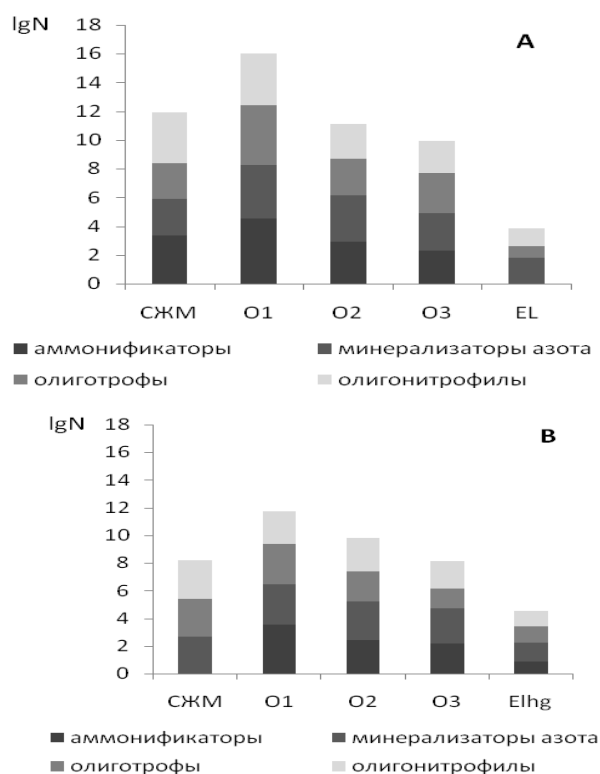


Рис. 1. Численность (lgN, где N – число жизнеспособных клеток в 1 г абсолютно-сухой почвы) и соотношение трофических групп микроорганизмов в почве коренного ельника чернично-зеленомошного (А) и хвойно-лиственного насаждения, сформировавшегося на вырубке 2001/2002 гг.

10 лет). Преобразование морфологических и физико-химических свойств подзолистых почв на вырубках нашло свое отражение в изменении параметров, характеризующих состояние почвенного микробного сообщества. Ухудшение экологических условий функционирования микроорганизмов на начальных этапах восстановления растительного покрова на вырубках в первую очередь проявилось в снижении численности и биомассы основных компонентов почвенного микробного комплекса (табл. 1). В лесной подстилке почвы участка ПП2, по сравнению с аналогичным горизонтом почвы коренного ельника (ПП2), в 6,5 раз снизилась численность и биомасса прокариот,

в 1,8-1,9 – численность и биомасса спор микроскопических грибов, длина и биомасса грибного мицелия. В минеральном подзолистом горизонте количественные параметры структурной перестройки микробного сообщества выражены более резко. В гор. ELhg почвы вырубки, имеющем морфохромотические признаки оглеения в виде сизовато-серых пятен, численность и биомасса бактерий снижены практически в 12-12,5 раз, спор грибов – в 4,6-5 раза. В тоже время длина и биомасса мицелия микроскопических грибов осталась практически на том же уровне, что может быть обусловлено естественными причинами – изначально слабым распространением грибного мицелия в минеральную толщу подзолистых почв и преимущественным его концентрированием в органогенных горизонтах почв таежных экосистем. Данные люминесцентной микроскопии (табл. 1) хорошо согласуются с результатами оценки численности эколого-трофических групп микроорганизмов методом посева на твердые питательные среды (рис. 1). В почвах вырубки (ПП2) во всех исследованных образцах суммарная численность эколого-трофических групп микроорганизмов на 2-4 порядка ниже по сравнению с аналогичными горизонтами коренного ельника чернично-зеленомошного (ПП1).

Использование метода МСТ для характеристики функциональной активности почвенной микробиоты показало, что микробные сообщества рассмотренных почв близки по количеству потребляемых субстратов. В органогенных горизонтах из 47 субстратов микробиотой использовано 13-30 (ПП1) и 23-33 (ПП2) источника органического углерода. Микробное сообщество подзолистых горизонтов ассимилирует всего 19 субстратов. Широкий спектр потребляемых субстратов, охватывающий различные классы соединений, свидетельствует о достаточно высоком функциональном потенциале бактериальных сообществ, составляющих основу микробных комплексов в лесных подстилках ненарушенной подзолистой почвы (ПП1) и почвы «молодой» вырубки (ПП2).

Таблица 1. Численность и биомасса микроорганизмов в почвах ельника чернично-зеленомошного (ПП1) и хвойно-лиственного насаждения, сформировавшегося на вырубке 2001/2002 гг. (ПП2)

Участок	Горизонт	Численность			Биомасса (мг/г почвы)		
		бактерии, млн кл./г	споры грибов, млн кл./г	мицелий грибов, м/г	бактерии	мицелий грибов	споры грибов
ПП1	O	3680	27.7	556.4	0.078	2.17	0.28
	EL	5.0	5.0	28.78	0.0001	0.11	0.05
ПП2	O	570	15.1	288.23	0.012	1.12	0.16
	ELhg	0.4	1.1	25.6	$8.3 \cdot 10^{-6}$	0.10	0.01

Почвы целинного леса и вырубки отличаются по интенсивности потребления субстратов (рис. 2А). На участке ПП1 микробные сообщества лес-

ной подстилки и подзолистого горизонтов близки по их суммарному потреблению. Несколько выбивается в этом ряду подгоризонт O3 (подгори-

зонт гумификации), где суммарная интенсивность ассимиляции источников органического углерода снижена практически в 2 раза по сравнению с верхними подгоризонтами подстилки и горизонтом EL. В пределах стратифицированной на подгоризонты лесной подстилки отмечается достаточно четкая тенденция снижения доли потребления пентоз, олигосахаридов и низкомолекулярных органических кислот (НМОК) по мере повышения степени разложения растительных остатков (СЖМ → O1 → O2 → O3) и повышения – активности использования аминокислот и азотсодержащих органических соединений (мочевина, креатинин, тимидин). Микробное сообщество подзолистого горизонта характеризуется резким снижением потребления пентоз и олигосахаридов

и активизацией использования НМОК и полимерных (крахмал, декстран, твин-80) соединений.

По сравнению с почвой участка ПП1, на участке ПП2 практически во всех горизонтах снижается интенсивность потребления субстратов, за исключением подгоризонта O3 (рис. 2А). При этом, в отличие от почвы целинного леса, в нижней части лесной подстилки почвы вырубki (подгоризонты O2 и O3, где осуществляются процессы микробной трансформации растительного материала), наблюдается более активное потребление микробными сообществами НМОК при снижении использования полимерных соединений (рис. 2В). Активизация потребления НМОК обусловлена возрастанием их продуцирования в условиях повышения увлажнения почв [14].

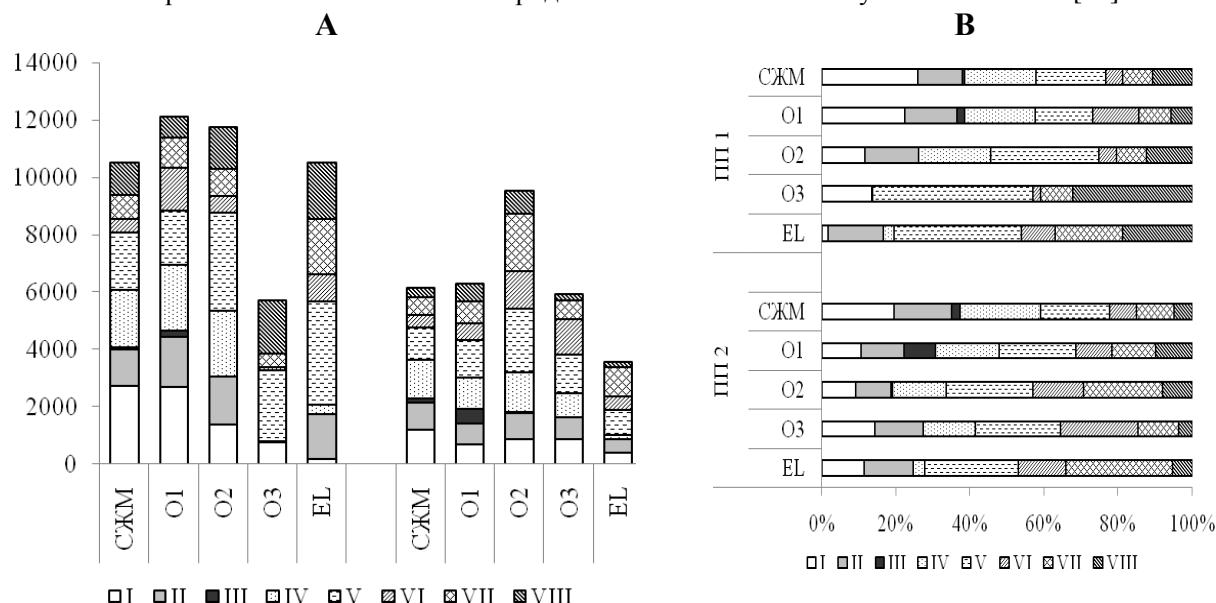


Рис. 2. Абсолютная (А; по вертикали: оптическая плотность; по горизонтали: горизонт почвы, участок) и относительная (Б; по вертикали: горизонт почвы, участок; по горизонтали: процент) интенсивность потребления микробными сообществами различных групп субстратов: I – пентозы; II – гексозы; III – олигосахариды; IV – спирты; V – аминокислоты; VI – низкомолекулярные органические кислоты; VII – полимеры; VIII – азотсодержащие органические соединения

Анализ спектров потребления субстратов почвенными микробными сообществами и их оценка на основе такого расчетного параметра как удельная метаболическая работа W, выявили четкие различия в рассматриваемом ряду почв (табл. 2). Максимальными показателями метаболической работы (1753-2581) характеризуются микробные сообщества почвы коренного ельника (ПП1). На вырубке это показатель снижен, в зависимости от генетического горизонта (подгоризонта), в 1,3-2,2 раза. Наиболее существенно выражено уменьшение величины удельной метаболической работы W в минеральном подзолистом горизонте вырубki: в почве целинного леса этот показатель составляет 2581, в почве вырубki – 1163.

Следует отметить, что микробные сообщества горизонтов лесных подстилок почв участков ПП1

и ПП2, особенно их верхних подгоризонтов O1 и O2, включая слой живого мха, незначительно отличаются по функциональному разнообразию. Значения индекса биоразнообразия Шеннона варьируют в узком пределе 4,3-4,7. Основные различия прослеживаются при сопоставлении нижней части лесных подстилок (гор. O3) и подзолистого горизонта. В почве целинного леса индекс Шеннона составил – 3,3-3,9, в почве вырубki – 4,0-4,3. Возрастание функционального разнообразия микробных сообществ в почвах вырубki обусловлено, скорее всего, расширением спектра поступающего органического материала в почву и на ее поверхность в результате смены пород – на вырубке формируется молодое лиственное насаждение из березы, осины, рябины с участием в подросте хвойных. В качественном отношении растительный опад, ежегодно включающийся в

биологический круговорот, на вырубках имеет определенные отличия от опада коренного елового леса [5]. Опад листовых насаждений характеризуется более высоким содержанием азота, кальция, магния, по сравнению с химическим составом опада в ельниках чернично-зеленомошных, что может обуславливать расширение разнообразия почвенных микроорганизмов, несмотря на переувлажнение почвы вырубки.

Использование метода мультисубстратного тестирования позволяет оценить не только функциональную активность микробного

сообщества, но и его экологическое состояние на основе расчета коэффициента рангового распределения потребления субстратов d как меры дестабилизации или возмущенности системы и интегрального параметра общего благополучия системы G как отношения биоразнообразия к неустойчивости [3, 4]. В табл. 3 приведена разработанная М.В. Горленко и П.А. Кожевиным [3] шкала для характеристики состояния микробных сообществ по данным коэффициента рангового потребления субстратов d .

Таблица 2. Результаты оценки функционального состояния микробных сообществ по данным мультисубстратного тестирования

Площадка, горизонт	Количество потребленных субстратов, N	Коэффициент			Интегральный параметр общего благополучия системы, $G=N/d$	Удельная метаболическая работа, W
		рангового распределения субстратов, d	выравниваемости, E	Шеннона, H		
ПП1 СЖМ	30	0.7	0.9	4.6	6.2	1892
ПП1 O1	27	0.7	1.0	4.5	6.3	2044
ПП1 O2	25	0.5	0.9	4.3	9.0	2303
ПП1 O3	13	1.0	0.9	3.3	3.3	1753
ПП1 EL	19	0.4	0.9	3.9	9.3	2581
ПП2 СЖМ	28	1.2	0.9	4.5	3.8	1197
ПП2 O1	33	1.2	0.9	4.7	3.9	1196
ПП2 O2	25	0.6	0.9	4.3	6.8	1803
ПП2 O3	23	0.8	1.0	4.3	5.1	1218
ПП2 ELhg	19	2.6	0.9	4.0	1.6	1163

Таблица 3. Зависимость характера системы от значения d по [3]

Значение d	Характеристика благополучия системы
0,01-0,1	Благополучная избыточная система с максимальным запасом прочности
0,1-0,4	Устойчивая стабильная система
0,4-0,8	Система с истощенными ресурсами или система, находящаяся под обратимым воздействием какого-либо нарушающего фактора
0,8-1,0	Кризисная дестабилизированная система
Более 1,0	Необратимо нарушенная система

Как показали проведенные расчеты (табл. 2), микробные сообщества практически всех горизонтов подзолистой почвы целинного леса, за исключением нижней части лесной подстилки (O3), отвечают системе с истощенными ресурсами или находящимися под обратимым воздействием какого-либо нарушающего фактора ($d = 0,4-0,7$). Подгоризонт гумификации O3 по показателям коэффициента рангового потребления субстратов d попадает в категорию кризисной дестабилизированной системы ($d = 1,0$). Почва целинного леса не имеет антропогенных нарушений, ее микробиота функционирует в режиме, соответствующем естественной природной динамике. Возможно, относительное неблагополучие в состоянии микробного сообщества почвы участка ПП1 обусловлено спецификой погодных условий года наблюдений. По данным ближайшей к стационарным участкам метеостанции «Помоздино», лет-

ний период 2013 г. характеризовался аномально жаркими погодными условиями с недобором осадков. Иссушение лесных подстилок под пологом темнохвойного елового леса могло повлиять на ухудшение условий функционирования почвенной биоты. Однако в сравнении с почвой вырубки микробные сообщества почвы целинного леса оказались наиболее благополучными с точки зрения качества или «здоровья» почвы (табл. 2). Для почвы вырубки получены более высокие значения коэффициента рангового распределения d и наименьшие – интегрального параметра общего благополучия системы G (табл. 2). Расчетные данные позволяют рассматривать микробное сообщество почвы участка ПП2 в качестве необратимо нарушенной системы (слой живых мхов, подгоризонт O1, горизонт ELhg) и кризисной дестабилизированной системы (горизонт O3). Только лишь комплекс микроорганизмов средней части

лесной подстилки – подгоризонта ферментации – отвечает системе с нарушенными ресурсами. Таким образом, ухудшение экологических условий на ранних стадиях послерубочной сукцессии за счет временного переувлажнения почв, развития в них процессов оглеения и повышения кислотности [10], нашло свое отражение в дестабилизации функционирования комплекса микроорганизмов в почвах вырубki.

Статистическая обработка спектров поглощения субстратов с использованием кластерного анализа выявила определенную специфичность микробных сообществ рассмотренных почв (рис. 3). Объединились в один кластер и оказались наиболее близки по функциональным характеристикам микробные сообщества органогенных горизонтов участков ПП1 и ПП2 и слоя живых мхов на участке ПП1. Что вполне объяснимо, т.к. на первых этапах восстановительной сукцессии растительного покрова на вырубках еловых лесов в подзоне средней тайги еще сохраняется сходство в строении горизонтов лесных подстилок почвы вырубki и целинного леса. Минеральные горизонты и слой живых мхов почвы вырубki образуют отдельный кластер.

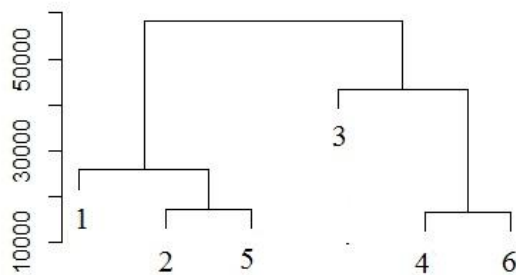


Рис. 3. Дендрограмма сходства в потреблении субстратов микробными сообществами коренного ельника (ПП1) и «молодой» вырубki (ПП2) (кластеризация – по Варду, мера расстояния – Манхеттенское расстояние). Условные обозначения: слой живого мха – 1 (ПП1), 4 (ПП2); лесная подстилка – 2 (ПП1), 5 (ПП2); подзолистый горизонт – 3 (ПП1), 6 (ПП2).

ВЫВОДЫ

1) Установлены параметры, характеризующие микробные сообщества подзолистых почв северо-таежных еловых лесов;

2) Показано, что в горизонтах лесных подстилок подзолистых почв вырубок происходит снижение численности, биомассы и функциональной активности микроорганизмов. В меньшей степени эти изменения затрагивают показатели длины мицелия и его биомассы в минеральных подзолистых горизонтах;

3) На ранних стадиях сукцессии после рубки еловых лесов происходит дестабилизация экологического состояния почвенных микробных комплексов.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта программы Президиума РАН №12-П-4-1065 «Взаимосвязь структурно-функциональной и пространственно-временной организации почвенной биоты с динамическими аспектами изменения подзолистых почв и почвенного органического вещества в процессе естественного восстановления таежных экосистем Европейского Северо-Востока после рубок главного пользования».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Атлас почв Республики Коми / Под ред. Г.В. Добровольского, А.И. Таскаева, И.В. Забоевой. Сыктывкар, 2010. 356 с.
2. Беленева И.А. Применение метода мультисубстратного тестирования для характеристики морских сообществ обрастания металлов и сплавов / И.А. Беленева, У.В. Харченко, Ю.Л. Ковальчук // Биология моря. 2010. Т. 36. № 2. С. 145-150.
3. Горленко М.В. Мультисубстратное тестирование природных микробных сообществ / М.В. Горленко, П.А. Кожевин. М.: МАКС Пресс, 2005. 88 с.
4. Добровольская Т.Г. Реакция бактериальных сообществ лесной подстилки и почвы на внесение легкодоступных источников углерода и азота / Т.Г. Добровольская, М.В. Горленко, Н.В. Костина, А.Л. Степанов, С.А. Нестеров, А.В. Тиунов // Проблемы агрохимии и экологии. 2012. № 2. С. 36-41.
5. Дымов А.А. Растительный опад в коренном ельнике и лиственно-хвойных насаждениях / А.А. Дымов, К.С. Бобкова, В.В. Тужилкина, Д.А. Ракина // Лесной журнал. 2012. № 3. С. 7-18.
6. Дымов А.А. Изменение органического вещества таежных почв в процессе естественного лесовозобновления растительности после рубок (средняя тайга Республики Коми) / А.А. Дымов, Е.Ю. Милановский // Почвоведение. 2014. № 1. С. 1-9.
7. Лаптева Е.М. Влияние рубок главного пользования на биотический комплекс среднетаежных подзолистых почв / Е.М. Лаптева, А.А. Колесникова, А.А. Таскаева, Т.Н. Конакова, А.А. Кудрин, Ю.А. Виноградова, Е.М. Перминова // Разнообразие лесных почв и биоразнообразие лесов: Матер. докл. V-ой Всеросс. науч. конф. по лесному почвоведению. Пущино, 2013. С. 175-177.
8. Методика выполнения измерений интенсивности потребления тест-субстратов микробными сообществами почв и почвоподобных объектов фотометрическим методом: ФР.1.37.2010.08619., ПНД Ф Т 16.1.17-10. М., 2010.
9. Методы почвенной микробиологии и биохимии / Под ред. Д.Г. Звягинцева. М.: Изд-во МГУ, 1991. 304 с.
10. Путеводитель научной почвенной экскурсии. Подзолистые суглинистые почвы разновозрастных вырубок (подзона средней тайги). Сыктывкар, 2007. 84 с.
11. Теплер Е.З. Практикум по микробиологии / Теплер Е.З., Шильникова В.К., Переверзева Г.И.. М.: Дрофа, 2004. 256 с.
12. Регуляторная роль почвы в функционировании таежных экосистем / Отв. ред. Г.В. Добровольский. М.: Изд-во Наука, 2002. 364 с.
13. Стольникова Е.В. Микробная биомасса, ее активность и структура в почвах старовозрастных лесов Европейской территории России / Е.В. Стольникова, Н.Д. Ананьева, О.В. Чернова // Почвоведение. 2001. № 4. С. 479-494.

14. *Шамрикова Е.В.* Кислотность почв таежной и тундровой зон Европейского Северо-Востока России. СПб.: Наука, 2013. 160 с.
15. *Шипунов А.Б.* Наглядная статистика. Используем R! / А.Б. Шипунов, Е.М. Балдин, П.А. Волкова, А.И. Коробейников, С.А. Назарова, С.В. Петров, В.Г. Суфиянов. М.: ДМК Пресс, 2012. 298 с.
16. *Якушев А.В.* Микробиологическая характеристика вермикомпостирования методом мультисубстратного тестирования / А.В. Якушев, Б.А. Бызов // Почвоведение. 2008. № 11. С. 1381-1387.
17. *Garland J.L.* Classification and characterization of heterotrophic microbial communities on the basis of patterns of community-level sole-carbon-source utilization / J.L. Garland, A.L. Mills // Appl. Environ. Microbiol. 1991. Vol. 57. No 8. P. 2351-2359.
18. *Gömöryova E.* Soil microbial community response to variation in vegetation and abiotic environment in a temperate old-growth forest / E. Gömöryova, K. Ujhazy, M. Martinek., D. Gömöry // Applied Soil Ecology. 2013. Vol. 68. P. 10-19.
19. *Preston-Mafham, J.* Analysis of microbial community functional diversity using sole-carbon-source utilization profiles – a critique / J. Preston-Mafham., L. Boddy, P. Randerson // Microbiology Ecology. 2002. Vol. 42. P. 1-14.
20. *Tian Y.* Soil microbial communities associates with the rhizosphere of cucumber under different summer cover crops and residue management: A 4-year field experiment / Y. Tian, X. Zhang, J. Wang, L. Gao // Scientia Horticulturae. 2013. Vol. 150. P. 100-109.
21. *Lapteva E.M.* Behavior of Iron Compounds in Soils of a Chronosquence of Clear-Cuts / E.M. Lapteva, A.A. Dymov // Soil and Water Conservation under Changing Land Use. Lleida, Spain, 2006. P. 231-234.

MICROBE COMMUNITIES IN PODZOLIC SOILS AT LOGGED SPRUCE FOREST AREAS OF THE MIDDLE TAIGA ZONE

© 2014 Yu.A. Vinogradova¹, E.M. Lapteva¹, E.M. Perminova¹, S.S. Anisimov², A.B. Novakovskiy¹

¹ Institute of Biology, Komi Science Centre, Ural Division RAS

² Institute of Natural Sciences, Syktyvkar State University, Syktyvkar

This paper is devoted to the influence of clear-cut forest areas on the health status and structure of soil microorganisms. The initial vegetation cover restoration stages at clear cuttings are characterized with a declining number and biomass of microorganisms, fewer ecologic-trophic groups of microorganisms, and a less functional activity of microbiota, due to bad ecological status of podzolic soils.

Key words: podzolic soils, clear cuttings, microbe community, multi-substrate testing

Vinogradova Yulia, Candidate of Biology, Researcher at the Soil Science Department, vinogradova@ib.komisc.ru; *Lapteva Elena*, Candidate of Biology, Chief of the Soil Science Department, lapteva@ib.komisc.ru; *Perminova Evgenia*, Graduate Student at the Soil Science Department, perminova_83@mail.ru; *Anisimov Sergey*, Student at the Syktyvkar State University, buynov_sergey@mail.ru; *Novakovskiy Alexander*, Candidate of Biology at the North's Flora and Vegetation Department, novakovskiy@ib.komisc.ru.