

УДК: 581.524.3:631.417:631.445.2(470.13)

ВЛИЯНИЕ СУКЦЕССИИ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА НА СОСТАВ ВОДОРАСТВОРИМЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ В ПОЧВАХ ВЫРУБОК

© 2015 Е.М. Лаптева, Н.Н. Бондаренко, Ю.А. Виноградова,
О.С., Кубик Е.В. Шамрикова, В.В. Пунегов

Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН, г. Сыктывкар

Поступила в редакцию 06.04.2015

В данной статье рассмотрено влияние сплошнолесосечных рубок еловых лесов на изменение содержания и состава водорастворимых компонентов почвенного органического вещества. Комплекс низкомолекулярных органических веществ в подзолистых текстурно-дифференцированных почвах ельников черничных и на их вырубках представлен 26 соединениями, включая 12 карбоновых кислот, 10 углеводов и 4 спирта. Основной вклад в суммарное содержание водорастворимых углеводов вносят галактопираноза, манноза и D-рибоза, спиртов – глицерин и эритрит, низкомолекулярных органических кислот – глицериновая, гликолевая и молочная кислоты. В почвах вырубок на фоне возрастания общего содержания углерода водорастворимых органических соединений наблюдается снижение концентрации низкомолекулярных органических кислот, спиртов и углеводов.

Ключевые слова: еловые леса, подзолистые почвы, вырубки, водорастворимые органические соединения, низкомолекулярные органические кислоты, углеводы, спирты

ВВЕДЕНИЕ

В формировании и функционировании почв как компонентов наземных экосистем важную роль играют водорастворимые органические соединения (ВОС). Они образуются при разложении растительного опада, в процессе жизнедеятельности почвенного зоомикробного комплекса, в результате минерализации гумусовых соединений почвы [13, 20, 24]. С формированием в почвах пула ВОС тесно связаны процессы миграции в профиле почв и в ландшафтах элементов питания растений, органо-минеральных комплексов, продуктов выветривания и почвообразования [26, 32, 34, 25, 33] а также состав поверхностных вод водосборов [15, 35]. Содержание в почве углерода водорастворимых органических веществ считается одной из важных характеристик почвенного органического вещества (ПОВ), которая может служить надежным критерием состояния как

почв в целом, так и процессов гумусообразования в частности [21].

Комплекс ВОС в почвах включает широкий спектр соединений различной природы: от высоко- (водорастворимые гуминовые кислоты) до низкомолекулярных. В составе последних идентифицированы различные органические кислоты, аминокислоты, углеводы, полифенолы, уроновые кислоты и пр. [11]. Количественное соотношение компонентов ВОС определяется генезисом почв, составом включающегося в процессы разложения растительного опада, а также условиями его деструкции [37, 4, 19].

В Республике Коми вопросам изучения состава ВОС и их связи с условиями почвообразования всегда уделялось пристальное внимание [28, 1, 10], особенно, в последнее время, что обусловлено расширением возможностей инструментальной аналитической базы [31]. В настоящее время получена детальная характеристика содержания и состава низкомолекулярных органических кислот (НМОК) в таежных [30], а также водорастворимых органических соединений (НМОК, углеводов и спиртов) – в тундровых почвах Республики Коми [29].

Цель данной работы заключалась в выявлении закономерностей изменения состава водорастворимых органических соединений (низкомолекулярных органических кислот, углеводов, спиртов) в подзолистых текстурно-дифференцированных почвах в процессе естественного лесовосстановления на вырубках среднетаежных еловых лесов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проводили на территории Республики Коми (Усть-Куломский р-н), в подзоне

Лаптева Елена Морисовна, кандидат биологических наук, доцент, заведующая отделом почвоведения.

E-mail: lapteva@ib.komisc.ru

Бондаренко Наталья Николаевна, инженер экоаналитической лаборатории. E-mail: BondNikropolNik@mail.ru

Виноградова Юлия Алексеевна, кандидат биологических наук, научный сотрудник отдела почвоведения.

E-mail: vinogradova@ib.komisc.ru

Кубик Олеся Сергеевна, аспирант отдела почвоведения. E-mail: kubik-olesia@yandex.ru

Шамрикова Елена Вячеславовна, доктор биологических наук, доцент, заведующая лабораторией генезиса, географии и экологии почв отдела почвоведения.

E-mail: shamrik@ib.komisc.ru

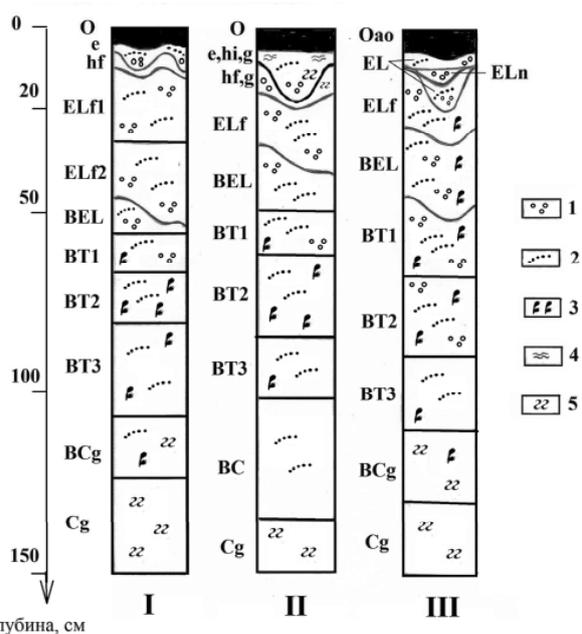
Пунегов Василий Витальевич, кандидат химических наук, старший научный сотрудник отдела «Ботанический сад».

E-mail: punegov@ib.komisc.ru

средней тайги. В качестве объекта исследования выбраны почвы коренного ельника черничного (участок ПП1) и разновозрастных лиственно-хвойных насаждений, сформировавшихся после рубок ельников черничных в 2001/2002 (ПП2) и 1969/1970 гг. (ПП3). К настоящему времени на участке ПП3 сформировался средневозрастный березняк разнотравный с участием ели, пихты и единично осины. Формула древостоя 7Б2Е1Пх+Ос, возраст древостоя 36-38 лет. На участке ПП2 идет активное возобновление березы и рябины. В формировании молодняка участвует также сохранившийся при лесозаготовке подрост ели и пихты [23, 7, 22].

Почвенный покров выделенных участков представлен подзолистыми текстурно-дифференцированными почвами, развитыми на крупнопылеватых покровных суглинках. Для изучения изменения свойств почв на вырубках еловых лесов в пределах каждого участка закладывали опорные разрезы для отбора проб почв в соответствии с генетическими горизонтами. Детальная характеристика морфологического строения почв, их физико-химических свойств и особенностей состава почвенного органического вещества представлена в серии работ [23, 36, 7, 16]. Почва, характеризующая коренной еловый лес (ПП1), с позиций «Классификации и диагностики почв России» [14], относится к подзолистой глубоко глееватой с микропрофилем подзола почвы. Строение ее профиля может быть выражено формулой: O-[e-hf]-ELf-BEL-BT-BCg-Cg. На вырубке 2001/2002 гг. (ПП2) почва опорного разреза диагностирована как подзолистая поверхностно глееватая с микропрофилем подзола, формула профиля: O-[e,hi-hf]g-ELf-BEL-BT-BC(g). В средневозрастном березняке разнотравном (ПП3) почва опорного разреза соответствует подзолистой глубоко глееватой с формулой профиля: O-EL(n)-ELf-BEL-BT-BCg-Cg. Схематическое строение почв рассмотренных фитоценозов приведено на рис. 1.

Физико-химические исследования выполнены в отделах почвоведения, Ботанический сад и аккредитованной экоаналитической лаборатории Института биологии Коми НЦ УрО РАН. Содержание обменных катионов (Ca^{2+} ; Mg^{2+}) в почвах определяли вытеснением раствором KCl с последующим атомно-абсорбционным определением на «Хитачи 180-60», органического углерода $\omega(C_{org})$ – на CNHS-O анализаторе EA-1110 фирмы Carlo Erba. Массовую долю углерода водорастворимых соединений $\omega(C_{свс})$ определяли в фильтратах водных вытяжек дихроматным методом со спектрофотометрическим окончанием [27], актуальную кислотность (рН водных суспензий) – потенциометрически на иономере «Анион-4100». Водные суспензии готовили при массовом отношении почвы к воде 1 : 25 для органогенных и 1 : 5 для минеральных горизонтов при встряхивании на электромеханической



Глубина, см

Рис. 1. Схематическое строение профиля почв опорных разрезов:

I – подзолистая с микропрофилем подзола глубоко глееватая (участок ПП-1); II – подзолистая поверхностно глееватая с микропрофилем подзола (ПП-2); III – подзолистая глубоко глееватая (ПП-3); 1 – конкреции; 2 – скелетаны; 3 – глинистые пленки (натечи); 4 – потеки иллювиального гумуса; 5 – сизые и ржаво-охристые пятна оглеения.

мешалке в течение 15 мин. с последующим фильтрованием через бумажный фильтр «синяя лента» с диаметром пор 2 мкм. Количественное определение низкомолекулярных органических веществ в водных вытяжках из органогенных горизонтов осуществляли методом газовой хроматографии на хроматографе «Кристалл 2000М» в виде их триметилсилированных производных [31]. Функциональную активность микробных сообществ почв оценивали с использованием метода мультисубстратного тестирования [5] в соответствии со стандартной методикой [18].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Сведение древостоя на вырубках обуславливает сукцессионную смену растительного покрова [17], сопровождающуюся сопряженными с ней изменениями режимов и свойств почв. В подзоне средней тайги в первые годы после сплошнолесосечных рубок еловых лесов происходит временное переувлажнение подзолистых почв [23], меняется их термический режим в сторону повышения теплообеспеченности [6], изменяется качественный и количественный состав опада [8]. Нарастание на ранних стадиях сукцессии поверхностного оглеения в почвах вырубков (рис. 1), повышение в напочвенном покрове доли политриховых и сфагновых мхов определяют снижение в этот период функциональной активности почвенной микробиоты [3].

С характером поступления растительного опада в формирующихся на месте вырубок фитоценозах, особенностями его химического состава, спецификой функционирования почвенной биоты тесно связаны процессы формирования ПОВ, обуславливающие соответствующие изменения в составе гумусовых веществ подзолистых почв [7, 16].

В типичных подзолистых почвах мощность горизонта лесной подстилки обычно не превышает 10 см [9, 2]. В рассмотренных нами почвах она соответствует данному критерию и составляет в среднем 5-6 см. По своему качеству органо-генные горизонты почв участков коренного ельника и молодой вырубки практически идентичны. Они образованы в основном продуктами деструкции мхов с включением компонентов хвойного опада. В почве березняка разнотравного за 36-38 лет естественного самовосстановления растительного покрова после сплошнолесосечной рубки сформировалась грубогумусная подстилка, верхняя часть которой представлена в основном листовыми пластинками березы и осины, находящимися в разной стадии разложения – от свежего листового опада (горизонт О1) до хорошо разложенного растительного материала с включением минеральных компонентов почвы (горизонт Оао).

Профильное распределение ВОС в почвах ельника черничного и лиственнично-хвойных сообществ, сформированных на участках хронологически разновозрастных вырубок (табл.1), тесно коррелирует с общим содержанием в них углерода органических веществ – коэффициент корреляции 0.99. Максимальное количество углерода ВОС (0.4-0.9 % массы почвы) приходится на органо-генные горизонты, что характерно для почв таежных лесов [12, 4, 19]. В минеральных горизонтах доля водорастворимых компонентов, равно как и общего органического углерода, на 1-2 порядка ниже.

При относительно близкой массовой доле органического углерода в органо-генных горизонтах, почвы производных лиственнично-хвойных насаждений отличаются более высокими величинами абсолютного содержания углерода водорастворимых компонентов и возрастанием его доли в составе общего органического углерода (табл. 1). Развитие лиственных пород деревьев после рубки ельников черничных обусловило снижение кислотности верхних органо-генных горизонтов подзолистых почв и возрастание по мере становления древостоя содержания катионов кальция и магния, способствующих нейтрализации образующихся при разложении растительного опада соединений кислой природы.

Количественные параметры содержания в почвах различных водорастворимых соединений ПОВ во многом определяются используемыми методическими подходами их выделения и идентификации [11]. В данном случае, используя метода детекции низкомолекулярных органиче-

ских веществ, переходящих в водную вытяжку из органо-генных горизонтов, в виде их триметилсилированных производных [31, 30, 29], нам удалось выделить и идентифицировать в почвах коренного ельника черничного и лиственнично-хвойных насаждений, сформированных на вырубках, 26 низкомолекулярных органических веществ, включая карбоновые кислоты, углеводы и спирты. Максимальное количество ВОС – 738 мг кг^{-1} почвы – выявлено в лесной подстилке ненарушенного елового леса (ПП1). В соответствующих горизонтах почв лиственнично-хвойных насаждений, сформированных на участках ПП2 и ПП3, их содержание ниже – соответственно 294 и 441 мг кг^{-1} почвы. В почвах вырубок содержание всех групп идентифицированных водорастворимых низкомолекулярных компонентов ПОВ ниже, по сравнению с подзолистой почвой коренного елового леса. Более низкие значения ВОС, полученные для почв вырубок, могут быть обусловлены тем, что в результате проведенных исследований идентифицирован не весь комплекс водорастворимых соединений, определяющих общее содержание в водных вытяжках органического углерода, а только их небольшая часть.

В рассмотренных нами подзолистых почвах в структуре низкомолекулярных ВОС основную роль играют углеводы. На их долю приходится от 49% (ПП1) до 63-66% (ПП2, ПП3) от суммарного содержания всех идентифицированных компонентов ВОС (рис.2В). Возрастание в почвах вырубок относительного содержания сахаров может быть обусловлено изменением состава древостоя в процессе естественного лесовосстановления после сплошнолесосечных рубок и поступлением на поверхность почвы (за счет смены пород) значительного количества листьев березы и осины [8]. В составе углеводов идентифицировано 8 моносахаридов, относящихся к группам пентоз (арабиноза, D-рибоза), гексоз (манноза, D-фруктоза, D-глюкоза), альдопентоз (D-ксилопираноза, D-рибофураноза), альдогексоз (галактопираноза), и два дисахарида – сахароза и D-тураноза. Основной вклад в общее количество углеводов в рассмотренном ряду почв вносят такие моносахариды как галактопираноза, манноза и D-рибоза. На их долю приходится соответственно 45-61, 22-42 и 8-15 % от суммы идентифицированных углеводов. При этом в почвах вырубок отмечено возрастание, по сравнению с почвой ненарушенного елового леса, доли галактопиранозы и D-рибозы, при уменьшении практически в 2 раза относительного содержания маннозы. Различия между почвами в соотношении углеводов могут быть обусловлены как спецификой химического состава растительного опада, так и особенностями функционирования в почвах рассмотренных фитоценозов микробиоты. Как видно (рис. 3), микробные сообщества почв вырубок, в отличие от почвы ельника черничного, характеризуются

Таблица 1. Некоторые физико-химические свойства почв ельника черничного (ПП1) и лиственнично-хвойных насаждений, сформировавшихся на вырубке 2001/2002 (ПП2) и 1969/1970 гг. (ПП3)

Участок, горизонт	Глубина, см	рН*	Содержание углерода			Обменные катионы, моль кг ⁻¹	
			ω(Сорг), %	ω (Свос), г кг ⁻¹	Свос, % от Сорг	Ca ²⁺	Mg ²⁺
ПП1. Ельник черничный							
O1	0-2(4)	4.22	47.80	6.23	1.3	16.98	2.08
O2	2(4)-3(6)	3.82	33.00	4.36	1.3	6.87	0.39
e	3(6)-6(12)	4.32	0.98	0.18	1.9	0.03	0.02
hf	6(12)-10(12)	4.04	2.55	0.39	1.5	0.23	0.14
ELf1	10(12)-31	4.75	0.18	0.06	3.1	0.45	0.23
ELf2	31-46(54)	4.96	0.16	0.06	3.8	1.45	0.86
BEL	46(54)-52(56)	4.97	0.17	0.05	3.0	5.83	3.28
BT1	56-67	4.87	0.25	0.05	1.9	7.89	4.38
BT2	67-81	4.96	0.17	0.05	2.9	9.32	5.35
BT3	81-106	5.51	0.15	0.03	2.1	10.80	5.51
BCg	106-123	5.33	0.16	0.05	3.4	10.94	5.93
Cg	123-150	5.49	0.19	0.04	2.3	11.55	6.22
ПП2. Молодое лиственнично-хвойное насаждение							
O1	0-5	4.33	47.30	7.10	1.5	21.56	1.58
O2	5-6	3.68	45.70	8.23	1.8	19.00	1.20
e,hi,g	6-8(20)	4.34	1.32	0.22	1.7	0.23	0.08
hf,g	8(20)-17(21)	4.32	1.77	0.24	1.3	0.21	0.05
ELf	17(21)-38(40)	4.77	0.32	0.08	2.3	0.59	0.31
BEL	38(40)-50	4.77	0.25	0.06	2.2	1.64	1.07
BT1	50-62(64)	5.01	0.27	0.05	1.7	3.45	1.95
BT2	62(64)-85	4.97	0.19	0.04	2.3	7.00	3.57
BT3	85-102	4.96	0.16	0.06	3.7	9.65	4.78
BCg	102-135	5.46	0.13	0.04	3.1	10.35	4.87
ПП3. Средневозрастной березняк разнотравный							
O1	0-0,5(1)	5.62	48.60	8.75	1.8	42.89	11.84
O2	1-2(4)	5.08	45.70	9.14	2.0	29.64	6.52
Oao	2(4)-5	4.35	19.80	4.36	2.2	0.00	0.00
EL	5-9(23)	4.34	0.79	0.14	1.8	0.21	0.05
ELn	10-15	4.67	0.68	0.12	1.8	0.38	0.12
EL	9(23)-26(31)	4.67	0.35	0.08	2.2	0.19	0.07
-"	12(18)-26(29)	4.81	0.50	0.09	1.8	0.19	0.06
BEL	26(31)-32(39)	4.92	0.49	0.09	1.9	0.61	0.24
-"	32(39)-45(52)	4.91	0.36	0.10	2.8	0.53	0.52
BT1	45(52)-67(68)	4.92	0.25	0.05	1.9	2.85	1.84
BT2	67(68)-90	5.11	0.18	0.05	3.0	7.19	4.28
BT3	90-110	5.25	0.14	0.05	3.5	8.44	4.93
BCg	110-130	5.31	0.15	0.04	2.9	8.87	5.22
Cg	130-150	5.55	0.16	0.07	4.4	9.39	5.32

* рН водных суспензий, ед. рН.

более высокой активностью потребления маннозы, что может объяснять снижение ее относительного содержания в почвах участков ПП1 и ПП2. Практически полное отсутствие в рассмотренных почвах арабинозы сочетается с высокой активностью ее утилизации микроорганизмами во всех рассмотренных почвах, но, особенно, в почве

коренного ельника. В отношении других углеводов сложно провести подобное сопоставление, поскольку они могут быть источниками энергии не только для почвенных микроорганизмов, но и для беспозвоночных животных.

Второе место по количеству в структуре индентифицированных ВОС в рассмотренном

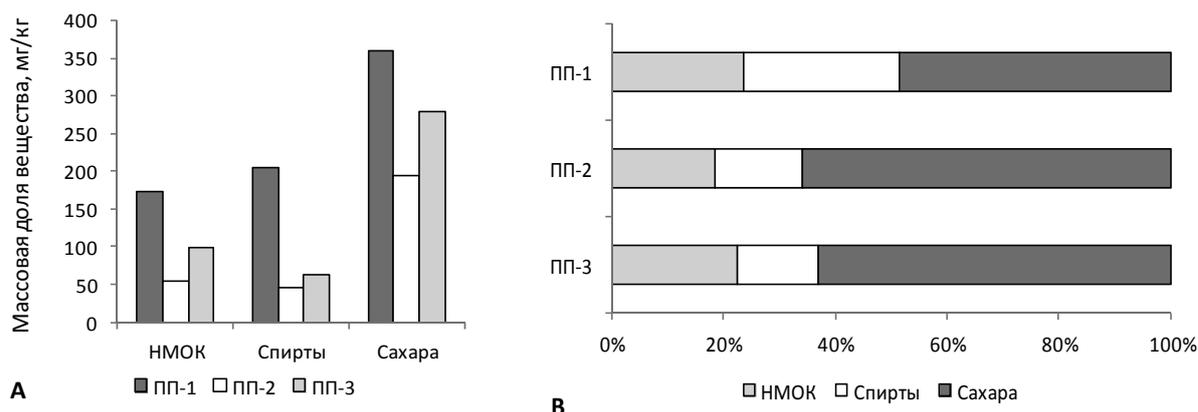


Рис. 2. Абсолютное (А, мг кг^{-1} почвы) и относительное (В, %) содержание водорастворимых низкомолекулярных органических кислот (НМОК), спиртов и сахаров в почвах коренного елового леса (ПП1) и лиственно-хвойных насаждений, сформировавшихся на вырубках 2001/2002 гг. (ПП2) и 1969/1970 гг. (ПП3)

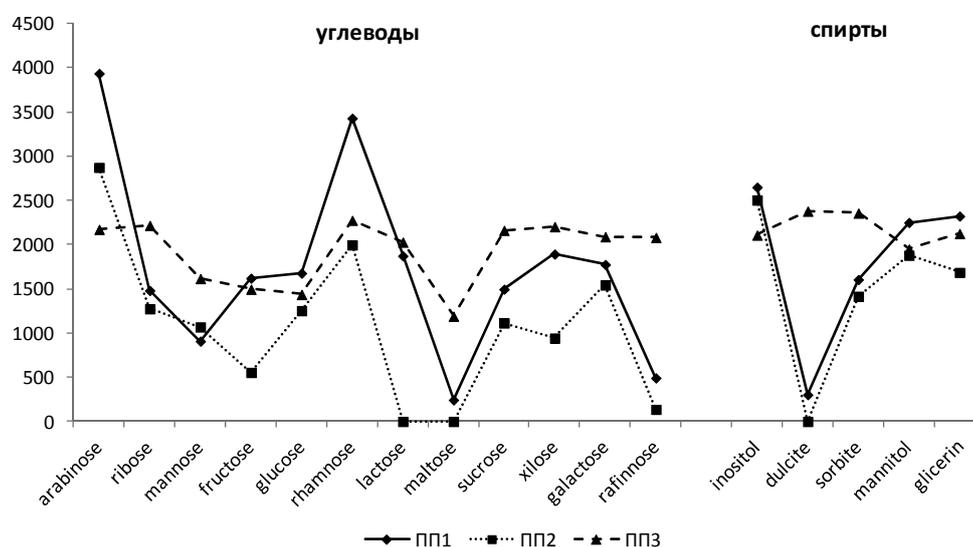


Рис. 3. Активность потребления углеводов и спиртов микробными сообществами почв коренного елового леса (ПП1) и лиственно-хвойных насаждений, сформировавшихся на вырубках 2001/2002 гг. (ПП2) и 1969/1970 гг. (ПП3), по оси Y – оптическая плотность субстратов.

ряду почв занимают спирты. Как и для углеводов (рис.2А), в почвах вырубок отмечается их снижение в 3.8 (ПП2) и 2.4 (ПП3) раза, по сравнению с ельником черничным (ПП1). Из 4 идентифицированных спиртов основной вклад в их суммарное содержание вносят глицерин (46-72 %) и эритрит (40-51 %). На долю мио-инозитола приходится 2-5 % от суммы всех спиртов, а 5-атомный спирт рибитол был обнаружен в незначительном количестве только в почве участка ПП3. Повышение доли глицерина при переходе от почвы коренного ельника (46 %) к почвам участков ПП2 (54 %) и ПП3 (72 %) соотносится со снижением в этом ряду активности его потребления микробными сообществами, функционирующими в горизонтах лесных подстилок (рис.3). Аналогичная картина характерна и для изменения содержания в органогенных горизонтах 6-атомного спирта мио-инозитола и активности утилизации микро-

организмами его стереоизомера инозитола. Следует отметить, что в процессе сукцессионной смены растительности в почвах вырубок по мере формирования лиственного древесного полога происходит снижение в составе водорастворимых спиртов доли 4-атомного спирта эритрита – с 52 % в коренном ельнике до 40-41 % в почвах разновозрастных фитоценозов, формирующихся на месте сплошнолесосечных рубок еловых лесов.

Известно, что низкомолекулярные органические кислоты играют значимую роль в процессах формирования подзолистых почв [9, 33]. В настоящее время установлено (Шамрикова и др., 2013), что в подзолистых почвах присутствует, в зависимости от их типовой принадлежности, от 20 до 24 различных НМОК, в составе которых преобладают оксикислоты. В исследованных нами почвах идентифицировано только 12 карбоновых кислот, что обусловлено применением только одной методики

Таблица 2. Содержание низкомолекулярных органических кислот в водных вытяжках из органогенных горизонтов почв ельника черничного (ПП1) и лиственно-хвойных насаждений, сформировавшихся на вырубке 2001/2002 (ПП2) и 1969/1970 гг. (ПП3), мг дм⁻³

Кислота	Ключевой участок		
	ПП1	ПП2	ПП3
<i>Алифатические незамещенные карбоновые кислоты</i>			
пропандикарбоновая	0,28	0,07	0,06
2,4-гексадионовая (сорбиновая)	0,23	0,08	0,15
бутандионовая (янтарная)	0,11	0,00	0,00
Сумма	0,62	0,15	0,21
<i>Алифатические замещенные карбоновые кислоты</i>			
2-оксипропановая (молочная)	1,10	0,16	0,52
2-оксиэтановая (2-оксиуксусная, гликолевая)	1,38	0,34	0,58
2-оксибутандикарбоновая	0,45	0,17	0,26
3-оксибутановая (3-оксимасляная)	0,47	0,07	0,13
2,3-диоксипропановая (глицериновая)	2,04	0,59	1,21
2,3,4-триоксибутановая	0,43	0,41	0,66
2,3,4,5-тетраоксипентановая	0,21	0,09	0,11
2,3,4,5,6-пентаоксигексановая (галактоновая)	0,59	0,28	0,33
Сумма	6,67	2,11	3,8
<i>Ароматические замещенные карбоновые кислоты</i>			
3,4-диоксибензойная (протокатехиновая)	0,16	0,08	0,11
Сумма	0,16	0,08	0,11

– детекцией НМОК в виде их триметилсилированных производных, без использования дополнительно хромато-масс-спектрометрического определения качественного состава НМОК без изменения их химического состава [30].

В составе идентифицированных карбоновых кислот в почвах ельника черничного и производных лиственно-хвойных насаждений основную роль играют алифатические замещенные кислоты (табл. 2). Основной вклад в их общее количество в почвах всех участков вносят 2,3-диоксипропановая (глицериновая), 2-оксиэтановая (гликолевая) и 2-оксипропановая (молочная) кислоты. В принципе, это характерно для таежных и тундровых почв европейского Северо-Востока. Ранее проведенными исследованиями было установлено, что в подзолистых почвах средней тайги, глееподзолистых почвах северной тайги и тундровых поверхностно-глееватых почвах в больших количествах присутствует молочная (20–35%), гликолевая (до 12%), глицериновая (до 10%), оксимасляная и яблочная кислоты [30].

В рассмотренных нами почвах суммарное количество всех групп карбоновых кислот, снижается на вырубках, особенно значительно в первые годы после сведения древостоя (на участке ПП2 содержание НМОК составило 2.26 мг дм⁻³). По мере восстановления растительного покрова наблюдается постепенное возрастание НМОК до 4.01 мг дм⁻³ (участок ПП3), однако уровня ненарушенного елового леса – 7.29 мг дм⁻³ – эти показатели не достигают. Более низкие значения

образующихся НМОК в почвах вырубок могут быть связаны, с одной стороны, с изменением характера растительного покрова, оказывающего существенное влияние на качественные и количественные показатели продуцирования карбоновых кислот в почвах [37]. С другой, с особенностями гидрологического режима почв вырубок и функционирования в них почвенной микробиоты. Не исключено, что временное повышение уровня увлажнения почв после сведения древостоя, в условиях их формирования в автоморфных позициях водоразделов (хорошо дренированные позиции рельефа), способствует более активной миграции вниз по профилю, в минеральную часть почвы, водорастворимых НМОК, образующихся при разложении растительного опада, в виде их комплексных соединений с катионами металлов. Последнее может объяснять низкое содержание НМОК в горизонте лесной подстилки почвы на участке ПП2. Практически двукратное снижение концентрации НМОК в органогенных горизонтах средневозрастного лиственно-хвойного насаждения (ПП3) по сравнению с коренным еловым лесом (ПП1), по всей видимости, связано с резким повышением функциональной активности почвенной микробиоты по мере становления древостоя, проявляющейся в возрастании потребления микроорганизмами практически всех используемых для мультисубстратного тестирования солей низкомолекулярных органических кислот, за исключением аспарагиновой кислоты (рис. 4).

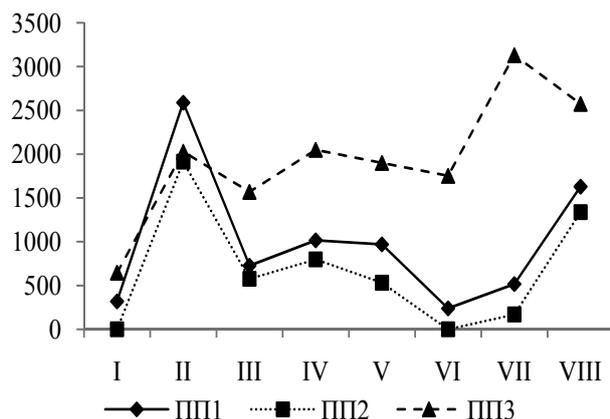


Рис. 4. Активность потребления микроорганизмами почв коренного елового леса (ПП1) и лиственно-хвойных насаждений, сформировавшихся на вырубках 2001/2002 гг. (ПП2) и 1969/1970 гг. (ПП3) солей

низкомолекулярных органических кислот:

I – уксусной; II – аспарагиновой; III – лимонной; IV – щавелевой; V – малеиновой; VI – пропионовой; VII – октановой; VIII – молочной (по оси Y – оптическая плотность субстратов)

ВЫВОДЫ

1) С использованием метода газовой хроматографии в подзолистых текстурно-дифференцированных почвах, формирующихся под пологом еловых лесов и лиственно-хвойных фитоценозов, сформировавшихся на их вырубках, выделены и идентифицированы 26 низкомолекулярных водорастворимых органических веществ, в том числе 12 карбоновых кислот, 10 углеводов и 4 спирта;

2) Установлено, что основной вклад в суммарное содержание водорастворимых углеводов в почвах вносят галактопираноза, манноза и D-рибоза, спиртов – глицерин и эритрит, низкомолекулярных органических кислот – алифатические замещенные карбоновые кислоты, в первую очередь глицериновая, гликолевая и молочная;

3) Выявлены закономерности изменения содержания и состава водорастворимых органических соединений в процессе восстановления растительности после сплошнолесосечных рубок ельников черничных. Показано, что в почвах вырубок при возрастании общего содержания углерода водорастворимых органических соединений происходит снижение концентрации низкомолекулярных органических кислот, спиртов и углеводов;

4) Показана связь содержания некоторых водорастворимых низкомолекулярных соединений в почвах вырубок с активностью их потребления микроорганизмами, функционирующими в органогенных горизонтах подзолистых почв ельников черничных и фитоценозов, сформировавшихся после их рубки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Арчегова, И. Б. Химический состав лизиметрических вод подзолистой почвы Коми АССР / И. Б. Арчегова // Почвоведение. 1976. № 3. С. 66-76.
- Атлас почв Республики Коми [под ред. Г. В. Добровольского, А. И. Таскаева, И. В. Забоевой]. Сыктывкар, 2010. 356 с.
- Виноградова, Ю. А. Микробные сообщества подзолистых почв на вырубках среднетаежных еловых лесов / Ю. А. Виноградова, Е. М. Лаптева, Е. М. Перминова, С. С. Анисимов, А. Б. Новаковский // Известия Самарского научного центра РАН. 2014. Т. 16. № 5. С. 74-80.
- Горбачева, Т. Т. Органический углерод в водах подзолов Кольского полуострова / Т. Т. Горбачева, Н. В. Лукина // Лесоведение. 2004. №4. С. 43-50.
- Горленко, М. В. Мультисубстратное тестирование природных микробных сообществ / М. В. Горленко, П. А. Кожевин. М.: МАКС Пресс, 2005. 88 с.
- Дымов, А. А. Влияние рубок главного пользования на изменение температурного режима среднетаежных подзолистых почв Республики Коми / А. А. Дымов, Е. М. Лаптева // Экологические функции лесных почв в естественных и нарушенных ландшафтах: Матер. IV Всерос. науч. конф. с междунар. участием по лесному почвоведению. Ч.1. Апатиты, 2011. С. 77-81.
- 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. 39-47.
- Дымов, А. А. Растительный опад в коренном ельнике и лиственно-хвойных насаждениях / А. А. Дымов, К. С. Бобкова, В. В. Тужилкина, Д. А. Ракина // ИВУЗ «Лесной журнал». 2012. № 3. С. 7-18.
- Забова И. В. Почвы и земельные ресурсы Коми АССР [под ред. И. Н. Герасимова]. Сыктывкар, 1975. 375 с.
- Каверин, Д. А. Особенности строения многолетнемерзлых торфяников на Европейском Северо-Востоке и состава их органического вещества / Д. А. Каверин, Е. М. Лаптева, А. В. Пастухов // Теоретическая и прикладная экология. 2015. №1. С. 13-20.
- Караванова, Е. И. Водорастворимые органические вещества: фракционный состав и возможности их сорбции твердой фазой лесных почв (обзор литературы) / Е. И. Караванова // Почвоведение. 2013. № 8. С. 924-936.
- Кауричев, И. С. Образование водорастворимых органических веществ в почвах как стадия превращения растительных остатков / И. С. Кауричев, И. М. Яшин // Известия ТСХА. 1989. Вып.1. С. 47-57.
- Кауричев, И. С. Теория и практика метода сорбционных лизиметров в экологических исследованиях / И. С. Кауричев, И. М. Яшин, В. А. Черников. М.: Изд-во МСХА, 1996. 142 с.
- Классификация и диагностика почв России / Сост.: Л. Л. Шишов, В. Д. Тонконогов, И. И. Лебедева, М. И. Герасимова. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
- Корсунов, В. М. Химический состав почвенных растворов и пути их миграции в элементарных ландшафтах Салаирского кряжа / В. М. Корсунов // Исследование и моделирование почвообразования в лесных биогеоценозах. Новосибирск: Наука, 1979. С. 62-67.
- Лаптева, Е. М. Изменение гумусного состояния среднетаежных подзолистых почв под влиянием сплошнолесосечных рубок / Е. М. Лаптева, Н. Н. Бондаренко // Теоретическая и прикладная экология. 2015. №1. С. 34-43.
- Леса Республики Коми [под ред.: Г. М. Козубова, А. И. Таскаева]. М., 1999. 332 с.
- Методика выполнения измерений интенсивности потребления тест-субстратов микроорганизмами

- сообществами почв и почвоподобных объектов фотометрическим методом: ФР.1.37.2010.08619., ПНД Ф Т 16.1.17-10. М., 2010.
19. Мотузова, Г.В. Водорастворимые органические вещества подстилок Al-Fe-гумусовых подзолов Кольского полуострова / Г.В. Мотузова, А.В. Зорина, А.А. Степанов // Почвоведение. 2005. №1. С. 65-73.
 20. Орлов Д.С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации. М.: Изд-во МГУ. 1990. 325 с.
 21. Орлов, Д. С. Дополнительные показатели гумусного состояния почв и их генетических горизонтов / Д.С. Орлов, О.Н. Бирюкова, М.С. Розанова // Почвоведение. 2004. №8. С. 918-926.
 22. Осипов, А.Ф. Продуктивность спелого ельника и производных листовенно-хвойных насаждений на типичных подзолистых почвах / А.Ф. Осипов, К.С. Бобкова, В.В. Тужилкина, А.А. Дымов // Освоение Севера и проблемы природовосстановления: Доклады IX Всероссийской научной конференции. Сыктывкар, 2014. С.58-62.
 23. Путеводитель научной почвенной экскурсии. Подзолистые суглинистые почвы разновозрастных вырубков (подзона средней тайги). Сыктывкар, 2007. 84 с.
 24. Регуляторная роль почвы в функционировании таежных экосистем. М.: Наука, 2002. 365 с.
 25. Соколова, Т.А. Роль почвенной биоты в процессах выветривания минералов (обзор литературы) / Т.А. Соколова // Почвоведение. 2011. № 1. С.64-81.
 26. Тейт Р. III. Органическое вещество почвы. М.: Мир, 1991. 400с.
 27. Теория и практика химического анализа почв [под ред. Л. А. Воробьевой]. М.: ГЕОС, 2006. 400 с.
 28. Цыпанова, А.Н. К вопросу динамики подвижных форм железа и воднорастворимого органического вещества в типичных сильноподзолистых почвах / А.Н. Цыпанова, Л.Н. Фролова // Труды Коми филиала АН СССР. Сыктывкар, 1961. № 11. С. 117-123.
 29. Шамрикова, Е.В. Влияние разнообразия биоты на состав низкомолекулярных водорастворимых органических соединений почв южной тундры / Е.В. Шамрикова, О.С. Кубик, В.В. Пунегов, И.В. Груздев // Почвоведение. 2014. №3. С. 295-303.
 30. Шамрикова, Е.В. Водорастворимые низкомолекулярные органические кислоты в автоморфных суглинистых почвах тундры и тайги / Е.В. Шамрикова, И.В. Груздев, В.В. Пунегов, Ф.М. Хабибуллина, О.С. Кубик // Почвоведение, 2013. № 6. С. 691-697.
 31. Шамрикова, Е.В. Качественный анализ водных вытяжек из подзолистых почв Республики Коми на содержание органических соединений хромато-масс-спектроскопическим методом / Е.В. Шамрикова, И.В. Груздев, В.В. Пунегов, Е.В. Ванчикова, А.А. Ветошкина // Вода: химия и экология. 2011. № 11. С. 58-63.
 32. Яшин И.М. Взаимодействие гидроксида железа, препаратов гуминовых кислот и доломита с водорастворимыми органическими веществами подзолистых почв // Известия ТСХА. 1991. №5. С. 46-61.
 33. Яшин, И.М. Исследование влияния почвенной биогенной кислотности на подзолообразование / И.М. Яшин, И.И. Васнев, Р. Валентини, А.А. Петухова, Л.П. Козут // Известия ТСХА. 2012. Вып. 6. С. 142-157.
 34. Chen Yong-liang. Effect of root derived organic acids on the activation of nutrients in the rhizosphere soil / Chen Yong-liang, Guo Yu-qiang, Han Shi-jie, Zou Chun-Yu-mei, Cheng Guo-ling // J. Forest. Res. 2002. 13, № 2. P. 115-118.
 35. Easthouse, K.B. Dissolved organic carbon fractions in soil and stream water during variable hydrological conditions at Birkenes, Southern Norway / Kent B. Easthouse, Jan Mulder, Nils Christophersen, Hans M. Seip // Water. Resour. Res. 1992. 28, № 6. P. 1585-1596.
 36. Falsone, G. The effect of clear cutting on podzolisation and soil carbon dynamics in boreal forests (Middle Taiga zone, Russia) / G. Falsone, L. Celi, A. Caimi, G. Simonov, E. Bonifacio / Geoderma. 2012. Vol. 177-178. P. 27-38.
 37. Strobel, B.W. Influence of vegetation on low-molecular-weight carboxylic acids in soil solution – a review / B.W. Strobel // Geoderma. 2001. V. 99. P. 169-198.

VEGETATION COVER SUCCESSION AND ITS ROLE IN COMPOSITION OF WATER-SOLUBLE ORGANIC COMPOUNDS IN SOILS OF CUT AREAS

© 2015 E.M. Lapteva, N.N. Bondarenko, Yu.A. Vinogradova,
O.S. Kubik, E.V. Shamrikova, V.V. Punegov

Institute of Biology of the Komi Science Centre of the Ural Division RAS, Syktывkar

The paper deals with impacts of clear cuttings in spruce forests on content and composition of water-soluble components of soil organic matter. Low-molecular-weight organic substances in podzolic texturally-different soils under bilberry spruce forests and cut areas include 26 compounds of 12 carbonic acids, 10 carbohydrates, and 4 alcohols. The most popular water-soluble carbohydrates are galactopyranose, mannose, and D-ribose, alcohols – glycerin and erythrin, organic acids – glyceric, glycolic, and lactic acids. Soils at cut areas increase in total carbon content of water-soluble organic compounds and decrease in concentration of low-molecular-weight organic acids, alcohols, and carbohydrates.

Keywords: spruce forests, podzolic soils, cut areas, water-soluble organic compounds, low-molecular-weight organic acids, carbohydrates, alcohols.

Elena Lapteva, Candidate of Biology, Chief of the Soil Science Department. E-mail: lapteva@ib.komisc.ru

Natalia Bondarenko, Engineer of the Ecoanalytical Laboratory of the Soil Science Department. E-mail: BondNikropolNik@mail.ru

Yulia Vinogradova, Candidate of Biology, Research Fellow at the Soil Science Department. E-mail: vinogradova@ib.komisc.ru

Olesia Kubik, Graduate Student at the Soil Science Department. E-mail: kubik-olesia@yandex.ru.

Elena Shamrikova, Doctor of Biology, Chief of the Soil Science Department. E-mail: shamrik@ib.komisc.ru

Vasilii Punegov, Candidate of Chemistry, Senior Research Fellow of the Botanical Garden Department.

E-mail: punegov@ib.komisc.ru