



ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ ЛЕСНОГО ПОЧВОВЕДЕНИЯ

*Материалы VII Всероссийской научной
конференции с международным участием*

Петрозаводск, 13–17 сентября 2017 г.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ
ЛЕСНОГО ПОЧВОВЕДЕНИЯ

ПОЧВОВЕДЕНИЕ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО НАУЧНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ
КАРЕЛЬСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РАН
ИНСТИТУТ ЛЕСА КАРЕЛЬСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА РАН
ОТДЕЛЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ НАУК РАН
РОССИЙСКИЙ ФОНД ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ



ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ ЛЕСНОГО ПОЧВОВЕДЕНИЯ

*Материалы докладов
VII Всероссийской научной конференции
по лесному почвоведению
с международным участием*

Петрозаводск, 13–17 сентября 2017 г.

Петрозаводск
2017

УДК 630*114

ББК 43.4

Т33

Редакционная группа:

д.б.н., чл. корр. РАН О.Н. Бахмет

к.б.н. Г.В. Ахметова

к.б.н. С.Г. Новиков

Т33 Теоретические и прикладные аспекты лесного почвоведения:
Сборник материалов VII Всероссийской научной конференции по
лесному почвоведению с международным участием. Петрозаводск:
Карельский научный центр РАН, 2017. 419 с.

ISBN 978-5-9274-0790-3

В сборнике представлены материалы докладов VII Всероссийской научной конференции по лесному почвоведению, которые посвящены фундаментальным и прикладным проблемам лесного почвоведения. Сборник представляет интерес для широкого круга читателей.

*Конференция проведена при финансовой поддержке
Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ)
грант № 17-04-20482*

ISBN 978-5-9274-0790-3

© Институт леса КарНЦ РАН, 2017

© Карельский научный центр РАН, 2017

СОДЕРЖАНИЕ

ПЛЕНАРНАЯ СЕКЦИЯ

<i>Бахмет О.Н.</i> ЛЕСНОЕ ПОЧВОВЕДЕНИЕ: ДОСТИЖЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ	13
<i>Лукина Н.В., Орлова М.А., Казакова А.И.</i> ОЦЕНКА ДИНАМИКИ ЛЕСНЫХ ПОЧВ: МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОХОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ . . .	15
<i>Меняйло О.В.</i> ЗАСУХА И ПОДЗЕМНЫЙ ТРАНСПОРТ УГЛЕРОДА: СРАВНЕНИЕ РАЗНЫХ ДРЕВЕСНЫХ ПОРОД	18
<i>Рожков В.А.</i> ЕЩЁ РАЗ ПРО ЛЕС И ПОЧВУ	20
<i>Чертков О.Г.</i> ЭДАФОЛОГИЯ И ГЕНЕТИЧЕСКОЕ ПОЧВОВЕДЕНИЕ – АНТАГОНИСТИЧНЫ ИЛИ КОМПЛИМЕНТАРНЫ?	24

СЕКЦИЯ ГЕНЕЗИС И КЛАССИФИКАЦИЯ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

<i>Агаджанова Н.В.</i> ПЕДОГЕНЕТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ПОЧВАХ НИКИТСКОГО БОТАНИЧЕСКОГО САДА	28
<i>Алексеев И.И., Абакумов Е.В.</i> ОСОБЕННОСТИ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ЛЕСОТУНДРОВОГО ЭКОТОНА ЮЖНОГО ЯМАЛА . . .	32
<i>Антропова В.В., Колесникова В.М., Медведева М.В., Грабовик С.И.</i> ВЛИЯНИЕ ВЕТРОВАЛОВ НА ПОЧВЕННО-РАСТИТЕЛЬНО-РАСТИТЕЛЬНЫЙ ПОКРОВ КОРЕННЫХ ЕЛЬНИКОВ ВОДЛОЗЕРСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА	36
<i>Бобровский М.В.</i> ПЕДОАНТРАКОЛОГИЧЕСКИЕ И ПОЧВЕННО-МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ РЕКОНСТРУКЦИИ ИСТОРИИ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ	38
<i>Бобровский М.В., Лойко С.В.</i> ТЕМНОГУМУСОВЫЕ ПОЧВЫ КАЛУЖСКИХ ЗАСЕК: БОЛЕЕ 8000 ЛЕТ ГЕНЕЗИСА ПОД ЛЕСОМ	42
<i>Головлева Ю.А.</i> ГЕНЕЗИС И КЛАССИФИКАЦИЯ МЕЗОМОРФНЫХ ПОЧВ СРЕДНЕЙ И СЕВЕРНОЙ ТАЙГИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ	46
<i>Дубровина И.А., Батиста Ф., Барахас А.</i> ПОЧВЫ ЗАПОВЕДНИКА СЬЕРРА ГОРДА (ЦЕНТРАЛЬНАЯ МЕКСИКА)	49
<i>Ельчицинова О.А., Кузнецова О.В.</i> ГОРНО-ЛЕСНЫЕ ПОЧВЫ АЛТАЙСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БИОСФЕРНОГО ЗАПОВЕДНИКА	53

<i>Еремченко О.З., Митракова Н.В., Литин И.Н.</i> МОРФОГЕНЕТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПЕСЧАНЫХ ПОЧВ КАМСКИХ ТЕРРАС	56
<i>Иванов А.В., Степанов А.А., Демянчук А.В.</i> ПРИРОДА ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ТЕМНОГУМОСОВЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ СЕВЕРНЫХ УВАЛОВ (СЕВЕРО-ВОСТОК КОСТРОМСКОЙ ОБЛАСТИ) ..	58
<i>Катаева М.Н., Соколов Д.В.</i> ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПОЧВ И УСЛОВИЯ МЕСТООБИТАНИЙ В СОСНОВЫХ ЛЕСАХ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА	59
<i>Козлова А.А.</i> ПРОБЛЕМЫ ДИАГНОСТИКИ И КЛАССИФИКАЦИИ ПОЧВ ЛЕСНЫХ ЛАНДШАФТОВ ЮЖНОГО ПРЕДБАЙКАЛЬЯ	64
<i>Кутенков С.А., Стойкина Н.В.</i> К ВОПРОСУ О ГЛУБОКИХ ТОРФЯНЫХ ЗАЛЕЖАХ БОЛОТНЫХ ЛЕСОВ	68
<i>Надпорожская М.А., Чертов О.Г.</i> ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ КЛАССИФИКАЦИИ ФОРМ ГУМУСА	70
<i>Попов А.И., Русаков А.В., Яковлев А.О.</i> ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ ПРОФИЛЯ ПЕСЧАНЫХ АЛЬФЕГУМУСОВЫХ ПОЧВ	74
<i>Собисевич А.В.</i> ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЧВЕННОГО ОТРЯДА КАРЕЛО-МУРМАНСКОЙ ЭКСПЕДИЦИИ	78
<i>Фомина Е.В., Касаткина Г.А.</i> ПРОЦЕССЫ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ И ТРАНСФОРМАЦИЯ МИНЕРАЛОВ В ПОЧВАХ ХВОЙНЫХ ЛЕСОВ СЕВЕРА КАРЕЛЬСКОГО ПЕРЕШЕЙКА	82
<i>Хлуденцов Ж.Г., Кононцева Е.В.</i> ПОЧВЫ ЗЕМЕЛЬ ЛЕСНОГО НАЗНАЧЕНИЯ ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ АЛТАЙСКОГО КРАЯ ..	84
<i>Цепляева В.С., Колесникова В.М.</i> СОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ПОЧВ НА ШУНГИТСОДЕРЖАЩИХ ПОРОДАХ ЗАОНЕЖЬЯ	87
<i>Червоная А.А., Розанова М.С., Семиколенных А.А.</i> БУРОЗЕМООБРАЗОВАНИЕ В ЛЕСНЫХ БИОГЕОЦЕНОЗАХ СЕВЕРНОГО УРАЛА НА ПРИМЕРЕ ПЕЧОРО-ИЛЫЧСКОГО ЗАПОВЕДНИКА (РЕСПУБЛИКА КОМИ)	90
<i>Шахтарова О.В., Денева С.В., Русанова Г.В.</i> ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ ПРОФИЛЯ И СВОЙСТВ ПОЧВ ЛЕСНЫХ ЛАНДШАФТОВ ЛЕСОТУНДРЫ (РЕСПУБЛИКА КОМИ)	93
<i>Юлдашев Г., Исагалиев М., Абдухакимова Х., Солиева С.</i> СОСТАВ И СВОЙСТВА ПОГЛОЩЕННЫХ ОСНОВАНИЙ ГОРНО-ЛЕСНЫХ ПОЧВ ЮГА ФЕРГАНЫ	97

СЕКЦИЯ ДИНАМИКА И ПРОДУКТИВНОСТЬ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

<i>Бараненкова А.А., Мартыненко О.В., Карминов В.Н., Щепашенко Д.Г., Онтиков П.В., Морозова В.С., Крылова Е.Н.</i> ПОЧВЕННЫЕ ФАКТОРЫ УСТОЙЧИВОСТИ ЕЛОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО ПОДМОСКОВЬЯ	101
<i>Казакова А.И., Лукина Н.В.</i> ОЦЕНКА ЛАБИЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОДСТИЛКИ ХВОЙНО-ШИРОКОЛИСТВЕННЫХ ЛЕСОВ (НА ПРИМЕРЕ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ)	104
<i>Кузнецов М.А.</i> ДИНАМИКА ЭМИССИИ CO ₂ С ПОВЕРХНОСТИ ВЫРУБКИ ЕЛЬНИКА В ТЕЧЕНИЕ ВЕГЕТАЦИОННОГО СЕЗОНА	107
<i>Припутина И.В., Фролова Г.Г., Быховец С.С., Шанин В.Н.</i> ОЦЕНКА ДИНАМИКИ ПОЧВЕННОГО ПЛОДОРОДИЯ ПРИ ИСКУССТВЕННОМ ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИИ ПО ДАННЫМ ИМИТАЦИОННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ	110
<i>Солодовников А.Н.</i> СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЧВ РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИЯ	114
<i>Чевердин Ю.И., Ахтямов А.Г.</i> ГЕНЕЗИС, МЕЛИОРАЦИЯ И ЛЕСНАЯ БИОПРОДУКТИВНОСТЬ ЧЕРНОЗЕМНЫХ СОЛОНЦОВЫХ ПОЧВ	116
<i>Шорохова Е.В., Капица Е.А.</i> ПУТИ И СКОРОСТЬ БИОГЕННОГО КСИЛОЛИЗА В ТАЕЖНЫХ ЛЕСАХ	118

СЕКЦИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ РОЛЬ ПОЧВ В КРУГОВОРОТЕ ВЕЩЕСТВ И УСТОЙЧИВОСТИ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ

<i>Ахметова Г.В.</i> ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВООБРАЗУЮЩИХ ПОРОД И ПОЧВ СРЕДНЕТАЕЖНОЙ ПОДЗОНЫ КАРЕЛИИ	122
<i>Бобкова К.С., Робакидзе Е.А., Торлопова Н.В.</i> РОЛЬ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ В БИОЛОГИЧЕСКОМ КРУГОВОРОТЕ ВЕЩЕСТВ В СТАРОВОЗРАСТНЫХ ЕЛЬНИКАХ СРЕДНЕЙ ТАЙГИ РЕСПУБЛИКИ КОМИ	126
<i>Икконен Е.Н., Гарсиа-Кальдерон Н.Е., Ибаньес-Уэрта А., Этчеверс Х.Д., Красильников П.В.</i> ЭМИССИЯ CO ₂ ИЗ ПОЧВЫ ПОД ПОСАДКАМИ ЭВКАЛИПТОВ, МЕКСИКА	130
<i>Кожевникова Н.К., Луценко Т.Н., Бурдуковский М.Л., Перепелкина П.А., Шапов В.В.</i> ПОСТУПЛЕНИЕ ИМИГРАЦИЯ НИТРАТНОГО АЗОТА В ГОРНЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВАХ ЮЖНОГО СИХОТЭ-АЛИНЯ	134

<i>Кошелева Ю.А., Тимофеева Я.О.</i> ЛИТОФИЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ (Rb, Sr, Y, Zr, V) В ПОЧВАХ ЗАПОВЕДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ ПРИМОРСКОГО КРАЯ	137
<i>Курганова И.Н., Лопес де Гереню В.О., Мякшина Т.Н., Сапронов Д.В., Кудеяров В.Н.</i> ЭМИССИЯ CO ₂ ИЗ ПОЧВ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ ЮЖНОГО ПОДМОСКОВЬЯ	141
<i>Максимова Е.Ю., Абакумов Е.В.</i> СПЕКТРОСКОПИЯ ЯДЕРНОГО МАГНИТНОГО И ЭЛЕКТРОННОГО ПАРАМАГНИТНОГО РЕЗОНАНСА ГУМУСОВЫХ КИСЛОТ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ ПОСТПИРОГЕННЫХ ПОЧВ	145
<i>Мошкина Е.В., Мамай А.В., Медведева М.В.</i> ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И УСТОЙЧИВОСТИ АВТОМОРФНЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ В УСЛОВИЯХ УРБАНИЗАЦИИ (НА ПРИМЕРЕ г. ПЕТРОЗАВОДСКА)	149
<i>Осипов А. Ф., Сизоненко Т. А.</i> ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ЭМИССИЮ CO ₂ С ПОВЕРХНОСТИ ПОЧВЫ СОСНЯКА БРУСНИЧНО-ЛИШАЙНИКОВОГО	154
<i>Пуртова Л.Н., Киселева И.В.</i> ЭМИССИЯ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА ИЗ ПОЧВ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ ПРИМОРЬЯ	157
<i>Разгулин С.М.</i> ДЕСТРУКЦИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ПОЧВЫ, МИНЕРАЛИЗАЦИЯ И АССИМИЛЯЦИЯ АЗОТА В ЭКОСИСТЕМАХ ЮЖНОЙ ТАЙГИ	161
<i>Семенюк О.В., Богатырев Л.Г., Телеснина В.М.</i> ОЦЕНКА КРУГОВОРОТА ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ЕЛОВЫХ НАСАЖДЕНИЯХ НА ОСНОВЕ ИЗУЧЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СОСТОЯНИЯ ПОДСТИЛКИ	165
<i>Телеснина В.М.</i> ДИНАМИКА СВОЙСТВ ПОЧВ И НЕКОТОРЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БИОЛОГИЧЕСКОГО КРУГОВОРОТА В ХОДЕ ЕСТЕСТВЕННОГО ПОСТАГРОГЕННОГО ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЯ (НА ПРИМЕРЕ КОСТРОМСКОЙ ОБЛАСТИ)	169
С Е К Ц И Я П О Ч В Е Н Н А Я Б И О Т А Л Е С Н Ы Х П О Ч В	
<i>Антипина Г.С.</i> ПОЧВЕННЫЕ ВОДОРОСЛИ ГОРОДСКИХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ	174
<i>Безкоровайная И.Н., Егунова М.Н.</i> ФОРМИРОВАНИЕ ЛЕСНЫХ КОМПЛЕКСОВ ПОЧВЕННЫХ МИКРОАРТРОПОД ПРИ ЗАРАСТАНИИ ЗАЛЕЖЕЙ	178

<i>Безкоровайная И.Н., Климченко А.В., Гренадерова А.В., Шаповалова В.А.</i> ВЛИЯНИЕ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ НА БИОТУ КРИОГЕННЫХ ПОЧВ	182
<i>Бухвало С.П.</i> ВЛИЯНИЕ ХВОЙНЫХ И ЛИСТВЕННЫХ ЛЕСОВ НА СТРУКТУРУ НАСЕЛЕНИЯ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ И ТЕРМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ПОЧВ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ	185
<i>Виноградова Ю.А., Лантева Е.М., Шергина Н.Н.</i> ПОЧВЕННЫЕ МИКРОБНЫЕ СООБЩЕСТВА СОСНОВЫХ ЛЕСОВ ТАЕЖНОЙ ЗОНЫ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРО-ВОСТОКА	189
<i>Воробьев Н.И., Свиридова О.В., Попов А.А., Жемякин С.В., Пищик В.Н.</i> МИКРОБНОЕ ДЕСТРУКТИВНОЕ СООБЩЕСТВО ПОДСТИЛКИ ХВОЙНЫХ ЛЕСОВ – ОСНОВА МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОСТАТКОВ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР	192
<i>Ганин Г.Н., Соколова Е.Н.</i> ВЫЖИВАЕМОСТЬ ПРИАМУРСКОЙ ПОПУЛЯЦИИ ЗЕМЛЯНЫХ ЧЕРВЕЙ DRAWIDA (MONILIGASTRIDAE) В УСЛОВИЯХ ЛАБОРАТОРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА	196
<i>Горбунова А.Ю., Коробушкин Д.И., Зайцев А.С., Гонгальский К.Б.</i> ИЗМЕНЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ И ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СООБЩЕСТВ ПОЧВЕННОЙ МАКРОФАУНЫ ПОСЛЕ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ	200
<i>Зуев А.Г., Хмелева М.В.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ ФИЗИКИ ПОЧВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РЕПРЕЗЕНТАТИВНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ БИОМАССЫ ГРИБНОГО МИЦЕЛИЯ	203
<i>Калинкина Д.С., Сузук А.А., Матвеева Е.М.</i> СООБЩЕСТВА ПОЧВЕННЫХ НЕМАТОД ХВОЙНЫХ И ЛИСТВЕННЫХ ЛЕСОВ РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИЯ	207
<i>Кондакова Л.В., Безденежных К.А., Домрачева Л.И., Ашихмина Т.Я.</i> СООБЩЕСТВА ПОЧВЕННЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ И ЦИАНОБАКТЕРИЙ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ	210
<i>Лыткин И.И., Ярилова Л.С., Савицкая Н.В.</i> О ПОЧВООБРАЗУЮЩЕЙ РОЛИ ДОЖДЕВЫХ ЧЕРВЕЙ В РАЗНЫХ ЛЕСНЫХ СООБЩЕСТВАХ И АГРОЦЕНОЗАХ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ	214
<i>Любечанский И.И.</i> СТРУКТУРА СООБЩЕСТВА ПОЧВЕННЫХ ЧЛЕНИСТОНОГИХ НА ГРАНИЦЕ ЛЕСА И СТЕПИ В КУЛУНДЕ (ЗАПАДНАЯ СИБИРЬ)	219

<i>Малахова Н.А.</i> СУКЦЕССИЯ ПОЧВЕННОЙ БИОТЫ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ ТАЁЖНЫХ ЭКОСИСТЕМ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ . . .	221
<i>Напрасникова Е.В.</i> МИКРОБИОТА БУРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЫ	224
<i>Попова Е.Н.</i> ОСОБЕННОСТИ ФАУНЫ ПОЧВЕННЫХ НЕМАТОД ЛЕСНЫХ ПОЧВ ЮЖНОЙ КАРЕЛИИ	228
<i>Пятина Е.В.</i> МЕЗОПЕДОФАУНА МОНИТОРИНГОВОЙ ПЛОЩАДКИ «ЯМАРОДЕ» ЛИСИНСКОГО ЛЕСНИЧЕСТВА	232
<i>Рыбалов Л.Б., Камаев И.О.</i> НАСЕЛЕНИЕ И ТРОФИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ПОЧВЕННОЙ МЕЗОФАУНЫ ЗОНАЛЬНЫХ И АЛЛЮВИАЛЬНЫХ ПОЧВ С-З КАРЕЛИИ (КОСТОМУКШСКИЙ ЗАПОВЕДНИК)	234
<i>Сараева А.К.</i> УСТОЙЧИВОСТЬ ПАРАМЕТРОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЧВЕННЫХ КОЛЛЕМБОЛ В ПРОСТРАНСТВЕ МЕСТООБИТАНИЯ	237
<i>Семенюк Е.Н.</i> АЛЬГОФЛОРА СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ ПРИРОДНОГО ЗАПОВЕДНИКА РОСОШАНЫ.	239
<i>Триликаускас Л.А.</i> О СЕЗОННОЙ ДИНАМИКЕ НАСЕЛЕНИЯ НАПОЧВЕННЫХ ЧЛЕНИСТОНОГИХ В ЧЕРНЕВОЙ ТАЙГЕ ШОРСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА	242
<i>Цыганов А.Н., Комаров А.А., Мазей Ю.А.</i> СООБЩЕСТВА ПОЧВЕННЫХ РАКОВИННЫХ АМЕБ В ХВОЙНО-ШИРОКОЛИСТВЕННЫХ ЛЕСАХ ПРИМОРСКОГО КРАЯ (ДАЛЬНИЙ ВОСТОК, РОССИЯ)	246
<i>Шаишов М.П.</i> ПОПУЛЯЦИОННАЯ ДИНАМИКА ДОЖДЕВОГО ЧЕРВЯ <i>APORRECTODEA CALIGINOSA</i> В ТЕМНОГУМУСОВЫХ ПОЧВАХ ЗАПОВЕДНИКА «КАЛУЖСКИЕ ЗАСЕКИ»	250

С Е К Ц И Я А Н Т Р О П О Г Е Н Н А Я Т Р А Н С Ф О Р М А Ц И Я ЛЕСНЫХ ПОЧВ

<i>Бондаренко Н.Н., Лаптева Е.М.</i> ИЗМЕНЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА СРЕДНЕТАЁЖНЫХ ЕЛОВЫХ ПОЧВ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ АНТРОПОГЕННОГО ВЛИЯНИЯ	255
<i>Валевич Т.О., Мерзляков О.Э.</i> АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ПОЧВ ЛИСТВЕННИЧНЫХ ЛЕСОВ ГОР ЮГА СИБИРИ	258
<i>Вдовиченко В.А., Бахмет О.Н.</i> ИЗМЕНЕНИЕ СОСТАВА ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ПОЧВ, СФОРМИРОВАВШИХСЯ НА КОРЕННЫХ ПОРОДАХ, В РЕЗУЛЬТАТЕ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ	262

<i>Гордеева Т.Х., Малюта О.В., Таланцев В.И.</i> ТРАНСФОРМАЦИЯ ЛЕСНЫХ ПОЧВ В РЕЗУЛЬТАТЕ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ	265
<i>Гордиенко Т.А., Вавилов Д.Н., Суходольская Р.А., Лукьянова Ю.А.</i> ВЛИЯНИЕ ПРОКЛАДКИ ПОДЗЕМНЫХ ИНЖЕНЕРНЫХ КОММУНИКАЦИЙ НА ЛЕСНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ	268
<i>Дмитракова Я.А., Абакумов Е.В.</i> ДИНАМИКА ПОЧВЕННО-РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА НА УЧАСТКАХ ЛЕСНОЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ФОСФОРИТОВ (ПО «ФОСФОРИТ», КИНГИСЕПП)	272
<i>Дымов А.А.</i> АЛЛОГЕННЫЕ СУКЦЕССИИ ЛЕСНЫХ ПОЧВ (НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ КОМИ)	275
<i>Кашулина Г.М.</i> МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА УРОВНЕЙ КОНЦЕНТРАЦИЙ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ ЛОКАЛЬНОЙ ЗОНЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ МЕДНО-НИКЕЛЕВОГО ПРЕДПРИЯТИЯ	279
<i>Комаров А.А., Суханов П.А.</i> МОНИТОРИНГ ПЛОДОРОДИЯ АНТРОПОГЕННО ИЗМЕНЕННЫХ ПОЧВ РЕГИОНА ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ	282
<i>Костенко И.В.</i> ТРАНСФОРМАЦИЯ ГОРНО-ЛУГОВЫХ ПОЧВ КРЫМСКИХ ПЛАТО ПОД ВЛИЯНИЕМ ИСКУССТВЕННЫХ НАСАЖДЕНИЙ ЛЕСНЫХ КУЛЬТУР	286
<i>Краснощечков Ю.Н.</i> ПИРОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ПОДСТИЛКИ В ГОРНЫХ ЛЕСАХ ПРИБАЙКАЛЬЯ	290
<i>Лиханова Н.В., Бобкова К.С.</i> СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ БИОЛОГИЧЕСКОГО КРУГОВОРОТА АЗОТА И ЗОЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В СТАРОВОЗРАСТНЫХ ЕЛЬНИКАХ И НА ВЫРУБКАХ	294
<i>Лянгузова И.В., Баркан В.Ш., Беляева А.И.</i> ТРАНСФОРМАЦИЯ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ПЫЛИ В AL-FE-ГУМУСОВЫХ ПОДЗОЛАХ НА КОЛЬСКОМ ПОЛУОСТРОВЕ.	298
<i>Новиков С.Г.</i> ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПОЧВ ПРИРОДНО-РЕКРЕАЦИОННОЙ ЗОНЫ ГОРОДОВ РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИИ	301
<i>Одноралов Г.А., Тихонова Е.Н., Дунаева А.И.</i> АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ НАДПОЙМЕННО-ТЕРРАСОВЫХ ЛЕСНЫХ ЛАНДШАФТОВ ЛЕВОБЕРЕЖЬЯ ВОРОНЕЖСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА	304

<i>Перминова Е.М., Лаптева Е.М.</i> ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ БИОХИМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ ПОД ВЛИЯНИЕМ СПЛОШНОЙ РУБКИ ЛЕСА	307
<i>Русинова Т.А., Елсукова Е.Ю., Евтюгина З.А.</i> ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ НА ПРИМЕРЕ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА	310
<i>Сидорова В.А.</i> ДИНАМИКА ЗАПАСОВ БИОФИЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПОЧВАХ ЗАОНЕЖЬЯ ПРИ РАЗНЫХ ТИПАХ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ	314
<i>Сорокина О.А., Макеева О.Л.</i> ВОЗДЕЙСТВИЕ БИОДЕНДРОГРУПП ИСКУССТВЕННЫХ НАСАЖДЕНИЙ НА ФОРМИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ И СВОЙСТВА СУХОСТЕПНЫХ ПОЧВ	317
<i>Таранец И.П.</i> ВЛИЯЕТ ЛИ ОДНОКРАТНОЕ ВЫТАПТЫВАНИЕ НА ЧИСЛЕННОСТЬ ПОЧВЕННЫХ КОЛЛЕМБОЛ?	322
<i>Ткаченко Ю.Н.</i> ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ СВОЙСТВ ПОЧВ В СОСНЯКАХ СРЕДНЕВОЗРАСТНЫХ, ПРОЙДЕННЫХ РУБКОЙ УХОДА	326
<i>Уманский А.С., Шишкина А.В., Богрина Ю.А.</i> АНТРОПОГЕННОЕ ИЗМЕНЕНИЕ БУРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ	329
<i>Яковлева Л.В., Бойцова Е.А.</i> ИЗМЕНЕНИЕ МИКРОСТРОЕНИЯ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЫ ПРИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ . .	333

**С Е К Ц И Я М О Н И Т О Р И Н Г И О Х Р А Н А Л Е С Н Ы Х П О Ч В .
К Р А С Н А Я К Н И Г А П О Ч В**

<i>Ахметова Г.В., Морозова Р.М.</i> МОНИТОРИНГ ПОЧВ МУЗЕЯ-ЗАПОВЕДНИКА «КИЖИ»	336
<i>Бахмет О.Н., Федорец Н.Г., Ахметова Г.В., Ткаченко Ю.Н., Новиков С.Г., Солодовников А.Н.</i> ФОРМИРОВАНИЕ КОНЦЕПЦИИ КРАСНОЙ КНИГИ ПОЧВ РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИЯ	339
<i>Жангуров Е.В., Дымов А.А., Старцев В.В.</i> ЭТАЛОННЫЕ И РЕДКИЕ ПОЧВЫ ГОРНО-ЛЕСНОГО ПОЯСА ПРИПОЛЯРНОГО УРАЛА (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ПРИРОДНЫЙ ПАРК «ЮГЫДВА») . . .	342
<i>Кашулина Г.М.</i> КОМПЛЕКСНЫЙ ЛАНДШАФТНЫЙ ПОЧВЕННО-ГЕОБОТАНИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ В ЗОНЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ МЕДНО-НИКЕЛЕВОГО ПРЕДПРИЯТИЯ: ДИЗАЙН И ИНФОРМАТИВНОСТЬ	346

<i>Корсунов В.А.</i> ОХРАНА И РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛЕСНЫХ ПОЧВ	350
<i>Котдугалямова Э.Ю., Сулейманов Р.Р., Абакумов Е.В.</i> УНИКАЛЬНЫЕ И РЕДКИЕ ПОЧВЫ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН КАК ОСНОВА ДЛЯ СОЗДАНИЯ КРАСНОЙ КНИГИ ПОЧВ	351
<i>Кубасова М.С.</i> Cs-37 В ЛЕСНЫХ ПОЧВАХ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ	354
<i>Лодыгин Е.Д., Безносиков В.А., Шуктомова И.И.</i> РАДИОНУКЛИДЫ В ЛЕСНЫХ ПОЧВАХ	358
<i>Медведева М.В., Бахмет О.Н., Мамай А.В., Зачиняева А.В.</i> ЭКОЛОГО-МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ПОЧВ ВОСТОЧНОЙ ФЕННОСКАНДИИ	361
<i>Никифоров А.Н.</i> ПОЧВЫ В ОЧАГАХ ИНВАЗИИ УССУРИЙСКОГО ПОЛИГРАФА (<i>POLYGRAPHUS PROXIMUS</i>) НА ПРИМЕРЕ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ	364
<i>Хрусталева М.А.</i> ЭКОЛОГО-БИОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЛЕСНЫХ ЛАНДШАФТОВ	367

С Е К Ц И Я ЛЕСНЫЕ ПОЧВЫ И ПРАКТИКА ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА

<i>Галибина Н.А., Новицкая Л.Л., Мошкина Е.В., Мощенская Ю.Л., Никерова К.М., Подгорная М.Н., Софронова И.Н.</i> ВЛИЯНИЕ УРОВНЯ ПЛОДородия ПОЧВЫ НА РЕАЛИЗАЦИЮ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ ПРОГРАММЫ У КАРЕЛЬСКОЙ БЕРЕЗЫ	371
<i>Желдак В.И., Липкина Т.В., Зенкова И.В.</i> ВОПРОСЫ ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И СОХРАНЕНИЯ ПРОДУКТИВНОГО ПОТЕНЦИАЛА ЛЕСНЫХ ПОЧВ ПРИ ВЕДЕНИИ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА	375
<i>Жигунов А.В., Дурова А.С.</i> ВЛИЯНИЕ БИОУГЛЯ НА СВОЙСТВА ПОЧВ ЛЕСНЫХ ПИТОМНИКОВ И КАЧЕСТВО ВЫРАЩИВАЕМОГО ПОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА	379
<i>Лиханова И.А., Кузнецова Е.Г., Денева С.В.</i> ФОРМИРОВАНИЕ ПОЧВ И РАСТИТЕЛЬНОСТИ ПОСЛЕ ЛЕСНОЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ НА ТЕРРИТОРИИ КАРЬЕРОВ В ПОДЗОНЕ СРЕДНЕЙ ТАЙГИ (РЕСПУБЛИКА КОМИ)	382

<i>Лопес де Гереню В.О., Курганова И.Н., Капица Е.А., Шорохова Е.В.</i> ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ БИОГЕННОГО РАЗЛОЖЕНИЯ КОРЫ ДРЕВЕСНЫХ ПОРОД	386
<i>Мошников С.А., Матюшкин В.А.</i> ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ УДОБРЕНИЙ НА РОСТ КУЛЬТУР СОСНЫ НА ОСУШАЕМЫХ ТОРФЯНЫХ ПОЧВАХ	390
<i>Мощенская Ю.Л., Кикеева А.В., Галибина Н.А., Мошкина Е.В., Никерова К.М., Подгорная М.Н., Софронова И.Н., Новицкая Л.Л.</i> ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ МИКОРИЗЫ В АДАПТАЦИИ РАСТЕНИЙ КАРЕЛЬСКОЙ БЕРЕЗЫ К БЕДНЫМ ПО УРОВНЮ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВАМ	394
<i>Козлов В.А., Неронова Я.А.</i> ОСОБЕННОСТИ АНАТОМИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ ДРЕВЕСИНЫ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ, СФОРМИРОВАННОЙ В ДРЕВОСТОЯХ, ВОЗНИКШИХ НА ОСУШАЕМЫХ БЕЗЛЕСНЫХ БОЛОТАХ.	397
<i>Новиков М.Н., Тысленко А.М., Баринев В.Н.</i> МНОГОЛЕТНИЙ ЛЮПИН В СИСТЕМЕ УДОБРЕНИЯ ЛЕСОВ НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ	401
<i>Пеккоев А.Н., Соколов А.И., Харитонов В.А.</i> КАЧЕСТВО ДРЕВЕСИНЫ КУЛЬТУР СОСНЫ ПРИ ПЕРИОДИЧЕСКОМ ВНЕСЕНИИ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ПЕСЧАНЫХ ПОЧВАХ . .	405
<i>Харитонов В.А., Соколов А.И., Пеккоев А.Н.</i> ЛЕСОКУЛЬТУРНАЯ ОЦЕНКА КАМЕНИСТОСТИ ЛЕСНЫХ ПОЧВ КАРЕЛИИ	408
<i>Харитонов В.А., Соколов А.И., Пеккоев А.Н.</i> ЛЕСОВОДСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ В КУЛЬТУРАХ СОСНЫ НА ПАЛОВОЙ ВЫРУБКЕ С ПЕСЧАНЫМИ ПОЧВАМИ . . .	412
СПИСОК АВТОРОВ	416

ПЛЕНАРНАЯ СЕКЦИЯ

ЛЕСНОЕ ПОЧВОВЕДЕНИЕ: ДОСТИЖЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Бахмет О.Н.

Карельский научный центр РАН, obahmet@mail.ru

Согласно учению В.В. Докучаева все почвы формируются под воздействием одних и тех же факторов, имеющих лишь разное количественное и качественное выражение. Особенности функционирования лесных биогеоценозов, своеобразный биологический круговорот, отличающийся по емкости и интенсивности от того, что наблюдается в других ценозах, определяют формирование специфичных почв в лесной зоне. Почвенный покров под лесами обладает определенной пестротой, связанной с воздействием деревьев, в результате смены поколений деревьев происходит постоянное омоложение почв, что обуславливает специфичные структуру почвенного покрова и состав лесных почв, отражающие текущие особенности функционирования лесных экосистем, но в то же время и черты почвообразования, унаследованные за десятилетия и столетия.

В результате многостороннего изучения лесных почв на протяжении последнего столетия появилось много новых сведений об их функционировании. В работах С.В. Зонна (1957), Л.О. Карпачевского (1981), Л.О. Карпачевского, В.А. Рожкова и др. (1996), Л.О. Карпачевского, В.В. Никонова (2004) отмечены значимые вехи развития лесного почвоведения. В результате обширных исследований выявлены основные типы почв, на которых формируются лесные экосистемы, получены данные по облесению нелесных почв, сформулировано учение об экологическом соответствии растений и почв, оценены экологические функции лесных почв, сформулировано представление о режиме питательных веществ в лесных почвах и др. В лесном почвоведении развивается комплексное

изучение процессов и явлений, происходящих в почвах под воздействием лесной растительности и почвенной биоты, произошел переход от изучения отдельных свойств лесных почв к изучению многообразных процессов, совершающихся в них под воздействием лесной растительности.

В настоящее время продолжают исследования в области генезиса и классификации, лесорастительных свойств и оценки продуктивности лесных почв, антропогенного влияния на свойства почв и почвенного покрова. Несмотря на множество работ, взаимосвязи лесной растительности и почв все еще недостаточно оценены, полученные результаты разрозненны и неоднозначны. Остаются недостаточно изучены механизмы формирования почв лесных биогеоценозов. Современная классификация лесных почв отражает крупные таксономические единицы, более низкие таксоны разработаны слабо.

Актуальность изучения лесных почв продиктована не только необходимостью разработки теоретических основ почвоведения и исключительной важностью экологических функций лесных почв в биосфере, но и потребностью получения знаний о почвах для использования в лесном хозяйстве. Необходимо продолжение исследований, касающихся влияния рубок леса на свойства почв. В результате такого антропогенного воздействия происходят значительные изменения лесных почв (сдирается лесная подстилка, перемешивается верхняя почвенная толща и др). Кроме того, часть изменений обусловлена сменой растительного покрова, так как лесохозяйственные мероприятия предполагают изъятие деревьев-эдификаторов растительных сообществ, в результате чего меняются условия произрастания оставшихся растений. Состояние лесных территорий в настоящее время, сильно нарушенных нерациональным использованием лесного фонда, требуют более полных сведений о свойствах почв и почвенном покрове.

Все еще недостаточно проработан вопрос о зависимости бонитета лесных насаждений от свойств почв, взаимосвязи плодородия лесных почв с продуктивностью древесных насаждений. Опубли-

кованы отдельные работы по оценке плодородия лесных почв, эти исследования требуют дальнейшего совершенствования с привлечением экономических параметров.

К сожалению, одной из основных проблем в области лесного почвоведения остается вопрос подготовки специалистов в этом научном направлении.

Список литературы:

1. Зонн С.В. Краткий обзор итогов работ по лесному почвоведению за 40 лет // Почвоведение, 1957. № 10. С. 16–32.
2. Карпачевский Л.О. Лес и лесные почвы. М.: Лесная промышленность, 1981. 264 с.
3. Карпачевский Л.О., Рожков В.А., Карпачевский М.Л., А.З. Швиденко Лес, почва и лесное почвоведение // Почвоведение, 1996. № 5. С. 586–598.
4. Карпачевский Л.О., Никонов В.В. Лесное почвоведение в XXI веке // Почвоведение, 2004. № 4. С. 3–5.

**ОЦЕНКА ДИНАМИКИ ЛЕСНЫХ ПОЧВ:
МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОХОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ**

Лукина Н.В., Орлова М.А., Казакова А.И.
*Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН,
Москва, lukina@cepl.rssi.ru*

Леса развиваются в условиях комбинированного действия природных и антропогенных факторов, являясь динамичными системами. К факторам динамики лесов относятся спонтанное развитие различных видов/функциональных групп лесной биоты, ветровалы, пожары, рубки, вспышки насекомых, грибные болезни, промышленное воздушное загрязнение и др. Поэтому оценка динамики как лесных биогеоценозов (БГЦ) в целом, так и лесных почв – компонента лесных биогеоценозов, является актуальной проблемой. Представления об эволюции почв в нашей стране развиваются активно; данный доклад посвящен методам

и результатам оценки относительно краткосрочной динамики лесных почв: сезонной, годичной и сукцессионной (многолетней, вековой).

Результаты наиболее динамичных процессов в лесах и лесных почвах находят отражение в составе почвенных вод, а также в закономерной изменчивости лабильных характеристик почв, таких, как содержание органического углерода, общего азота, доступных для биоты, в том числе обменных форм соединений элементов в почвах. Для оценки более длительных процессов и имитации многолетних, вековых процессов применяют принцип эргодичности. В условиях сходного действия внешних факторов почвообразования (климат, рельеф, почвообразующие породы) выбирают объекты на разных стадиях развития лесов после естественных или антропогенных нарушений, оценивая продолжительность развития каждой стадии сукцессии.

Для оценки динамики лесных почв используют сети мониторинга (как регулярные, так и репрезентативные), соответствующее полевое оборудование для установки в лесах (осадкоприемники, лизиметры, метеостанции др.) и оборудование в химико-аналитических лабораториях и центрах (приборы и инструменты для фракционирования образцов и определения физико-химических характеристик, оценки механического состава почв и др.). Для оценки лабильных характеристик используют различные вытяжки из почвенных образцов, например, водную, ацетатно-аммонийную, проводят также экстрагирование раствором хлористого бария и др. В докладе обсуждаются современные полевые методы исследований, в том числе, возможности использования портативного оборудования. Дан анализ возможностей применения современных аналитических технологий, включая методы спектроскопии ядерного магнитного резонанса, высокоэффективной жидкостной хроматографии и газовой хроматографии с масс-спектрометрией, метод ионно-циклотронного резонанса с Фурье-преобразованием (FT-ICR MS) и др. для развития метабономики лесных экосистем и работы с большими данными (big data).

При оценке динамики лесных почв встает важный вопрос пространственного уровня и пространственной вариабельности почвенных процессов. Выделяются следующие основные пространственные уровни: внутрибиогеоценотический, биогеоценотический, геохимически сопряженный ландшафт, бассейн малой реки и т.д. В докладе приводятся результаты исследований, направленных на оценку сезонной, годичной и многолетней динамики лесных почв в таежных и хвойно-широколиственных лесах Европейской части России. Объектами исследований послужили почвы лесов на северном пределе распространения (Мурманская область), северной (Мурманская область, Республика Карелия), средней (Республика Карелия, Республика Коми, Ленинградская и Вологодская области), южной (Тверская область) тайги и хвойно-широколиственных лесов (Брянская и Московская области). Динамика почв оценивалась на основе состава почвенных вод (Мурманская и Брянская области) и лабильных характеристик почв (все объекты исследований). Показаны как общие, так и специфические закономерности варьирования во времени и пространстве показателей кислотности почв, концентрации углерода, азота и других элементов питания и вторичных метаболитов (лигнин, фенолы, танины), которые обусловлены действием как аллогенных, так и аутогенных факторов. Даны примеры оценки взаимосвязей почва – растительность на разных пространственных уровнях и показаны возможности использования методов дистанционного зондирования Земли для оценки динамики лесных почв на основе этих взаимосвязей.

В докладе обсуждаются проблемы интеграции научного и ведомственного мониторинга динамики лесов и лесных почв, в том числе, в рамках государственной инвентаризации лесов и лесопатологического мониторинга, и вопросы практического применения научного мониторинга.

Исследования выполнены за счет гранта Российского научного фонда (проект № 16-17-10284)

ЗАСУХА И ПОДЗЕМНЫЙ ТРАНСПОРТ УГЛЕРОДА: СРАВНЕНИЕ РАЗНЫХ ДРЕВЕСНЫХ ПОРОД

Меняйло О.В.

*Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск,
menyailo@hotmail.com*

В работе проверялась гипотеза, что древесные породы, способные увеличивать во время засухи долю свежefиксированного углерода, закачиваемого в подземную биомассу, наиболее устойчивы к засухе. Она подтвердилась для лиственных пород, но не для хвойных, что связано с неодинаковой функцией микориз – у лиственных пород она поставляет, в первую очередь воду, у хвойных – азот.

Жара и засуха приводят к неблагоприятным экологическим, экономическим и социальным последствиям. Лесные экосистемы страдают от засухи по-разному. Показано, что неодинаковая засухоустойчивость отдельных древесных пород приводит к вымиранию отдельных видов и к изменению состава пород-лесообразователей [1, 3]. Роль микоризы древесных растений в устойчивости деревьев к засухе и в накоплении и стабильности почвенного углерода остается неизученной. Предполагается, что растения изменяют соотношение распределения углерода в надземной и подземной части [2, 4] и устойчивость различных древесных пород к засухе может определяться способностью перераспределять углерод в пользу подземной биомассы в условиях засухи. Целью данной работы было оценить масштаб подземной аллокации углерода шести основных лесообразующих пород Сибири, произрастающих в одинаковых условиях, в условиях засухливого 2010 и влажного 2011 г.

Для изучения реакции различных древесных пород и их микориз к засухе, был задействован Сибирский эксперимент лесопосадок. Опыт основан лабораторией лесного почвоведения Института леса им. В.Н. Сукачева по идеи проф. Н. В. Орловского. Он включает шесть основных лесообразующих пород Сибири. Эксперимент расположен на серой лесной почве. В 1971–1972 гг. были посажены 2–3 летние саженцы ели (*Picea abies*), березы

(*Betula pendula*), сосны (*Pinus sylvestris*), осины (*Populus tremula*), лиственницы (*Larix sibirica*) и кедра (*Pinus cembra*). Участок с каждым древесным видом занимает площадь 2400 м². Подземная аллокация углерода рассчитана по разнице между эмиссией CO₂ и опадом за вегетационные сезоны 2010–2011 гг. Эмиссию CO₂ измеряли каждые 2 недели с мая по октябрь с 4-х колец, установленных под каждой древесной породой. Влияние года и породы (и их взаимодействие) на подземную аллокацию тестировали с помощью 2-х факторного дисперсионного анализа.

Подземная аллокация углерода варьировала от 60 до 370 г С/м² год. Обнаружен сильный эффект года ($P < 0.001$), породы ($P < 0.001$) и их взаимодействие. Это значит, что некоторые породы в засушливый год увеличили поток С, закачиваемый в корни и микоризу (береза и осина), а другие (все хвойные) – не изменили. В целом, береза и осина в засушливый 2010 г. показали максимальные значения подземного транспорта углерода. Это подтверждает гипотезу и том, что породы с максимальным транспортом, являются наиболее засухоустойчивыми. Однако, среди хвойных пород самая чувствительная к засухе порода (засухонеустойчивая) – ель – обладала и максимальной аллокацией углерода в подземную биомассу. Сосна – самая засухоустойчивая порода среди хвойных, имела низкие значения подземной аллокации углерода. Таким образом, хвойные породы не поддерживают гипотезу о связи засухоустойчивости с подземной аллокацией углерода. Поскольку в лесных экосистемах большая часть поступившего в корни углерода поступает в микоризу, можно предполагать, что различия между породами в разном отклике на засуху определяются неодинаковой ролью микоризы в водном питании растений. Предполагаем, что у лиственных пород данного эксперимента микориза служит, главным образом, для увеличения всасывания воды. Напротив, микориза хвойных пород играет меньшую роль в водном питании и большую – в азотном. Итак, у растений, водное питание которых сильно зависит от микоризы, можно ожидать повышенное поступление углерода в почву во время засух.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Davreux, T., Godbold, D.L. and Walmsley, J.D.* Climate change and tree species migration, 2011. *Quarterly Journal of Forestry* 105: 141–147.
2. *Doughty, C.E., Metcalfe, D.B., Girardin, C.A.J., et al.*, Drought impact on forest carbon dynamics and fluxes in Amazonia, 2015. *Nature*, 519: 78–82.
3. *Frank D., Reichstein M., Bahn M. et al.* Effects of climate extremes on the terrestrial carbon cycle: concepts, processes and potential future impacts, 2015. *Global Change Biology*, DOI: 10.1111/gcb.12916
4. *Hasibeder R., Fuchslueger L., Richter, A., Bahn M.* Summer drought alters carbon allocation to roots and root respiration in mountain grassland, 2015. *New Phytologist* 205: 1117–1127.

ЕЩЁ РАЗ ПРО ЛЕС И ПОЧВУ

Рожков В.А.

Почвенный институт им. В.В. Докучаева РАН, Москва, rva39@mail.ru

Леса и кустарники занимают 45.5 % территории России, сельхозугодия – 13 %. Изучение почв лесов – важнейший аспект природоохранных исследований. Почвы определяют приуроченность лесных пород, их конкурентная способность и производительность. Строение, свойства и питательный режим почв – условия возобновления и развития леса в сукцессионной динамике. На почву оказывают воздействие лесные пожары, глубина оттаивания вечной мерзлоты, эрозионные процессы и др. В свою очередь от почвы зависит характер побочного пользования лесом, богатство охотничьей фауны и кормовая база животноводства местного населения.

Лесное почвоведение как научная дисциплина сформировалась в экспедиции Лесного департамента, организованной В.В. Докучаевым. Его идеи о влиянии древесных пород на почвы и их взаимодействии стали основой лесной типологии и почвоведения. Особенности структуры лесных экосистем, длительность воздействия на них пожаров и рубок приводит к формированию лесных почв с рядом свойств, отличающих их от почв других экосистем.

Не случайно первый номер журнала Почвоведение, вышедший в 1899 г. открывался статьей Г.Ф. Морозова “Почвоведение и лесоводство”. Таким образом, было положено начало лесному почвоведению, в рамках которого наметились два направления: исследование закономерностей формирования лесных почв, их генезиса и связи с лесными фитоценозами, и другое направление – характеристика лесных почв, особенностей основных свойств и процессов и их роль в плодородии земель и продуктивности лесов.

Ученик В.В. Докучаева Г.Ф. Морозов развил идеи своего учителя о тесной связи почв, растений и животных и формировании специфических типов леса. Лесную типологию для северных лесов разработал А.К. Каяндер, выявивший диагностическую роль напочвенного покрова в типологии лесов (кисличники, черничники и т.д.). В дальнейшем усилиями В.Н. Сукачева, Н.В. Дылиса, А.И. Уткина, Л.П. Рыси-на лесная типология стала основой для изучения лесных почв [3].



Рис. 1. Приуроченность типов леса к почв в низовьях р. Яны (Якутия).

Сокращения: Л - лишайниковый, ЛШ-лишайниково-шикшиевый, БрЛ-бруснично-лишайниковый, Бр-брусничник, БрБгЛМ-бруснично-багульниково-лишайниково-моховой, БрБгМ- бруснично-багульниково-моховой, ЕМ-ерниково-моховой, Ос-осоковый, Сф-сфагновый.

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ ЛЕСНОГО
ПОЧВОВЕДЕНИЯ, 13–17 сентября 2017**

Проективное покрытие напочвенным покровом

Тип леса	I ярус			II ярус			III ярус					
	Б	Ол	Ив	Бг	Гл	Бр	Шк	М	Л	Ос	Сф	Гр
1.Л-Ш	0	0	0	2	0	1	1	0	8	0	0	0
2.Бр	0	0	0	0	0	6	0	3	0	1	0	0
3.БрБгЛ	0	0	0	2	0	1	0	0	9	0	0	0
4.БрБгМ	2	0	1	1	0	2	0	5	1	1	0	0
5.ГлМ	0	0	1	1	1	1	0	5	0	1	0	0
6.ЕМ	5	0	1	1	0	3	0	6	0	1	0	0
7.Ос	1	0	2	0	0	0	0	2	0	7	0	1
8.ОсМ	0	0	0	0	0	2	0	4	0	4	1	0
9.Ол	1	2	0	4	4	0	0	0	4	1	5	0

П р и м е ч а н и я :

I. Типы леса:

1. Шл-Л - шикшево-лишайниковый,
2. Бр - брусничник,
3. БрБгЛ - бруснично-багульниково-лишайниковый,
4. БрБгМ - бруснично-багульниково-моховой,
5. ГлМ - голубично-моховой,
6. ЕМ - ерниково-моховой,
7. Ос - осоковый,
8. ОсМ - осоково-моховой,
9. Ол - ольховый.

II. Напочвенный покров:

- первый ярус:
 Б - береза,
 Ол - ольха,
 Ив - ива,
- второй ярус:
 Бг - багульник,
 Гл - голубика,
- третий ярус:
 Бр - брусника,
 Шк - шикша,
 М - мох,
 Л - лишайник,
 Ос - осока,
 Эл - злаки,
 Сф - сфагнум,
 Гр - грушанка,
 Мп - мертвый покров.

СХОДСТВО, %	1	3	2	4	5	8	6	7	9	-----				
										i	1	2	%	
91.37														
84.00				...										
76.62											1	4	5	84
69.25											2	4	8	68
61.88					...						3	2	4	59
54.50						4	1	3	57
47.13											5	2	6	56
39.75											6	1	2	41
32.37											7	1	7	33
25.00											8	1	9	25
17.63														
10.25														

**Рис. 2. Сходство типов леса по напочвенному покрову
(номера типов леса см выше)**

Тип леса – сукцессионная стадия, экосистема, образованная преобладающей в данный момент древесной породой, напочвенным покровом и почвой. В отдельности ни одна из компонент этой системы не определяет тип. Так монодоминантный редкостойный лишайниковый лиственничник севера Якутии [2] на дренируемых и в более теплых условиях палевых почв бровок террас, перегибов склонов и вершин холмов занимают шикшиево-лишайниковым типом леса. На плакоре и пологих склонах развиты криоземы, и лишайники здесь поселяются на моховом покрове, не являясь эдификатором условий. Формируются моховой, багульниково-моховой, ерниковый типы леса (рис. 1).

Почвы консервативны, медленно изменяются и на одной почве могут развиваться разные типы леса. Напочвенный покров динамичен, подвержен быстрым изменениям.

Поэтому дефиниция типа леса должна строиться на их комбинации как дополняющих друг друга пространственно-временных синдромах многообразных процессов и свойств биогеоценоза. Совместно они диагностируют и пространственные размеры типа леса, косвенно отражая положение на рельефе, подстилающие породы, дренированность и тепловой режим [1]. На рисунке 2 представлена визуализация распределения напочвенного покрова по типам леса и сходство между ними. Для демонстрации количественного выражения многомерных объектов показан единственный пример визуализации, хотя в принципе признаками, описывающими типы леса, должны выступать статистически обобщенные показатели.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рожков В.А., Карпачевский Л.О. Лесной покров и охрана почв // Почвоведение. 2006. № 10, 1157–1164.
2. Щепаченко Д.Г., Рожков В.А., Наумов Е.М. Лесные почвы Северо-Восточной Якутии // Почвоведение. 1997. № 12. С. 1510–1517.
3. Щепаченко Д.Г., Рожков В.А., Наумов Е.М. Лесные почвы Северо-Восточной Якутии // Почвоведение, 1997. № 12. С. 1510–1517.

ЭДАФОЛОГИЯ И ГЕНЕТИЧЕСКОЕ ПОЧВОВЕДЕНИЕ – АНТАГОНИСТИЧНЫ ИЛИ КОМПЛИМЕНТАРНЫ?

Чертов О.Г.

*Бингенский политехнический университет, Бинген на Рейне, Германия,
chertov@mx1.th-bingen.de, oleg_chertov@hotmail.com*

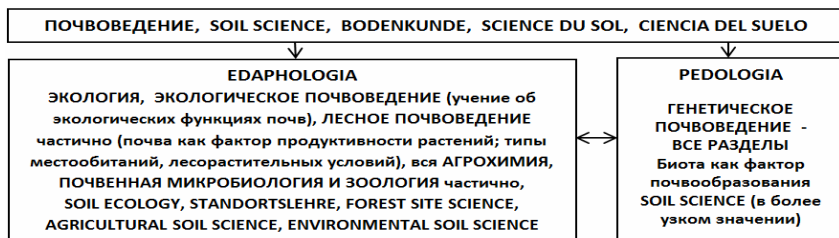
По мере расширения масштабов и географии научных исследований в любой науке со временем возникают, во-первых, различное понимание одних и тех же терминов и, во-вторых, дублирование терминов для обозначения одних и тех же явлений. Эти терминологические разночтения и избыточность осложняют научную коммуникацию, т.к. одни и те же определения могут использоваться в разных значениях, и появляются неологизмы для уже известных ранее понятий.

В почвоведении эта ситуация существует в отношении базовых определений науки о почве. Сто лет назад за рубежом существовало два определения почвоведения: «эдафология» (edaphologia, edaphology) и «педология» (pedologia, pedology). На 4-м международном почвенном конгрессе в Риме в 1924 г. пришли к соглашению, что вместо этих двух определений необходимо использовать только одно – по-английски soil science [15]. Это привело лишь к ограничению использования термина «педология», но «эдафология» сохранилась как раздел почвоведения, рассматривающий почву как среду обитания живых организмов «living things» [18]. Генетическое почвоведение (pedologia и собственно soil science), напротив, рассматривает почву как самостоятельное природное тело. В дальнейшем разночтения сохранились, и появилось много новых терминов, относящихся собственно к «эдафологии» как показано на схеме ниже.

Более того, в испаноговорящих и ряде азиатских стран, а также в науках о Земле почвоведение определяется преимущественно как «edaphologia». В российском почвоведении «эдафология» не употребляется (применяется выражение «эдафические условия»). При этом неоспоримым является вклад отечествен-

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ ЛЕСНОГО
ПОЧВОВЕДЕНИЯ, 13–17 сентября 2017

ных почвоведов и экологов именно в «эдафологию» [2, 3, 7], присовокупляя к ней как значительную часть лесного почвоведения [4, 5, 9], так и всю агрохимию.



Инструментами «эдафологии» служат эдафическая морфология (ЭМП) и классификация почв (ЭКП). ЭМП – это описание биогенных структур в почвенном профиле. В ЭМП можно выделить 3 типа: микроморфологическая ЭМП по В.Л. Кубиене [14, 8] с подробным описанием биогенных микроагрегатов; мезоморфологическая ЭМП для определения «форм гумуса» с выделением биогенных структур в органических и гумусовых горизонтах [9; 17; 12]; макроморфологическая биогенных педотурбаций с выделением ветровально-почвенных комплексов и других образований [1]. ЭМП служит методической основой для ЭКП, которая к настоящему времени детально разработана только для форм гумуса [17]. Концепция «форм гумуса» послужила также теоретической основой для динамического моделирования органического вещества почв [11; 13].

К «эдафологии» относятся многочисленные концепции «биотопов» и «экотопов» в экологии, и более всего лесоводственные классификации типов лесорастительных условий (например, «эдафическая сетка» П.С. Погребняка [6]) и типов местообитаний на почвенно-ландшафтной основе [9] («forest site» [10]; «Waldstandort» [16]), в которых почвы являются ключевым критерием для определения лесорастительных условий. Имеется успешный опыт сочетания ЭКП (форм гумуса и типов местообитаний) с генетической классификацией при картировании почв и местообитаний с оценкой лесорастительных условий [9].

Все выше изложенное подтверждает обоснованность разграничения в почвоведении эдафической и генетической ветвей для оптимизации решения теоретических и практических проблем в связи с реализацией методологии устойчивого природо- и лесопользования в быстро меняющейся окружающей среде и развивающейся экономике.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Бобровский М.В.* Лесные почвы Европейской России. Биотические и антропогенные факторы формирования. М.: КМК. 2010.
2. *Добровольский Г.В., Бабьева И.П., Богатырев Л.Г. и др.* Структурно-функциональная роль почв и почвенной биоты в биосфере. М.: Наука, 2003.
3. *Добровольский Г.В., Никитин Е.Д.* Функции почв в биосфере и экосистемах. М.: Наука, 1990.
4. *Карпачевский Л. О.* Лес и лесные почвы. М.: Лесн. пром-сть, 1981
5. *Карпачевский Л.О.* Экологическое почвоведение. М.: ГЕОС, 2005.
6. *Погребняк П.С.* Основы лесной типологии. П.С. Погребняк. Киев: Изд-во АН УССР, 1955.
7. *Раменский Л.Г.* Введение в комплексное почвенно-геоботаническое исследование земель. М.: Сельхозгиз, 1938.
8. *Ромашкевич А.И., Герасимова М.И.* Микроморфология и диагностика почвообразования. М.: Наука. 1982.
9. *Чертов О.Г.* Экология лесных земель. Ленинград: Наука. 1981.
10. *Barnes B.V., Zak D. R., Denton S.R., Spurr S.H.* Forest Ecology, 4th Ed. N.Y.: Wiley 1998.
11. *Chertov O.G., Komarov A.S., Nadporozhskaya M.A. et al.* ROMUL – a model of forest soil organic matter dynamics as a substantial tool for forest ecosystem modelling // Ecological Modelling. 2001. Vol. 138. P. 289–308.
12. *Chertov O.G., Nadporozhskaya M.A.* Development and application of Humus form concept for soil classification, mapping and dynamic modelling in Russia // Applied Soil Ecology 2017. Accepted.
13. *Komarov A., Chertov O., Bykhovets S. et al.* Romul_Hum model of soil organic matter formation coupled with soil biota activity // Ecological Modelling. 2017. Vol. 345. P. 113–124.
14. *Kubiëna W.L.,* The Soils of Europe. Madrid, London: Thomas Murby. 1953.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ ЛЕСНОГО
ПОЧВОВЕДЕНИЯ, 13–17 сентября 2017

15. *Porta J., Villanueva D.* Formación de neologismos en Ciencia del Suelo // Spanish J. Soil Science. 2012. Vol. 2. P. 90–103.

16. *Stahr K., Kandeler E., von Herrmann L., Streck T.* Bodenkunde und Standortlehre. UTB: Ulmer. 2008. 318 S. ISSN 0340-7225.

17. *Zanella A., Jabiol B., Ponge J.F., et al.* European morpho-functional classification of humus forms // Geoderma. 2011. Vol. 164. P. 138–145.

18. <https://www.soils.org/publications/soils-glossary>, дата обращения: апрель 2017 г.

С Е К Ц И Я

ГЕНЕЗИС И КЛАССИФИКАЦИЯ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

ПЕДОГЕНЕТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ПОЧВАХ НИКИТСКОГО БОТАНИЧЕСКОГО САДА

Агаджанова Н.В.

*Московский государственный университет
имени М.В. Ломоносова, Москва, nel.agadzhanova@yandex.ru*

В настоящее время от почвоведения требуется не только описательная характеристика почвенного покрова, но прогноз и мониторинг его состояния и свойств, а также рекомендации по потенциальному использованию почв и оценки рисков.

Для решения подобных задач может потребоваться количественное моделирование, основанное на понимании механизмов дифференциации почвенного покрова, в частности, с использованием концепции элементарных почвообразующих процессов (ЭПП). Еще И.П. Герасимов [5] рассматривал данную концепцию как способ отбора количественных признаков почв, чтобы отбросить случайные из них и использовать в диагностике почв наиболее значимые для процесса почвообразования. Идея ЭПП возникла в 1930-х г. в работах С.С. Неуструева, Б.Б. Плынова, С.А. Захарова. Позже ее теоретически положения и классификационную систему развили И.П. Герасимов и М.А. Глазовская [3]. Именно И.П. Герасимовым был введен термин «Элементарные процессы». Согласно определению [5], это совокупность взаимосвязанных физических, химических и биологических явлений, различных по интенсивности и направлению, которые протекают в почвах под влиянием определенного сочетания внешних условий. В данной работе предполагается провести диагностику педогенетических процессов на основе морфогенети-

ГЕНЕЗИС И КЛАССИФИКАЦИЯ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

ческого анализа, установить взаимосвязь между условиями почвообразованиями и почвообразующими процессами и создать вероятностные карты распространения их распространения на территории изучения.

Исследуемый регион расположен в пределах полуострова Крым, близ г. Ялта, с. Никита, Никитский ботанический сад. В геоморфологическом отношении территория находится в пределах горного Крыма. Южное побережье располагается в нижней части макросклона Главной гряды, от мыса Айя до массива Карадаг в виде полосы [9]. Крымский антиклинарий в своей геологической истории испытывал различные процессы (опускание, поднятие, трансгрессии и др.). Поднятие и появление суши началось с середины неогена, шло одновременно с горообразованием и происходило постепенно в несколько этапов. В результате сформировались три гряды крымских гор – Главная, Внутренняя и Внешняя гряды [7]. Преобладающие отложения в горном Крыму в большей части мезозойского и кайнозойского возраста. Главная гряда сложена толщей песчано-глинистых пород таврической серии (верхний триас и нижняя юра). Выше залегают среднеюрские глинистые сланцы, песчаники и верхнеюрские плотные известняки. Четвертичные отложения распространены мало. Почвообразующие породы представлены элювием и делювием мергелей, известняков, глин, песчаников, глинистых сланцев [6, 9].

Никитский ботанический сад расположен ниже 200 м над у.м. на террасированном склоне. Террасы расчленены промоинами в виде коротких каньонов. Правый пологий склон балки сложен сланцами, левый склон образован грядой известняков (мыс Мартъян) [1].

Климат Южного берега Крыма средиземноморский, засушливый, жаркий с умеренно сухим летом и теплой зимой в западной его части. Коэффициент увлажнения – 0,32–0,46. Среднегодовая температура 12–14. Вегетационный период – 198–212. Сумма активных температур – 3655–3940. Годовая сумма осадков – 340–550, из них в вегетационный период – 195–260, годовая испаряе-

мость – 900–1100, в том числе в период активной вегетации – 750–830 [9]. Следует отметить, что ботанический сад представляет собой самый влажный вариант субтропического леса. Естественная растительность на участках ниже 300 м над у. м. представлена шибляками (пушистый дуб, грабинник, держидерево, скумпия) с участием вечнозеленых кустарников (иглица, ладанник, фисташка, земляничное дерево, древовидный можжевельник) [7]. В верхней части склона произрастают хвойные леса (сосна крымская, сосна обыкновенная), бук. Выше – на платообразные холмистых равнинах – яйлах, луговые степи. В почвенном покрове Никитского ботанического сада преобладают коричневые карбонатные субтропические непромерзающие почвы сухих лесов и кустарников. На территории заповедника «Мыс Мартыян» имеют место terra-rossa – коричневые карбонатные почвы на красноцветном элювии верхнеюрских известняков.

И.П. Герасимов [4] считал коричневые почвы переменновлажных субтропиков типичными почвами средиземноморских областей. Они характеризуются наличием в профиле горизонта внутрипочвенного оглинивания, слабой дифференцированностью профиля, нейтральной или слабощелочной реакцией, значительным накоплением гумуса, наличием карбонатного горизонта. Для коричневых почв Макаров О.А. [8] отметил ряд характерных профилеобразующих процессов на основе микроморфологических признаков. В качестве главных он выделил такие ЭПП, как биогенное оструктуривание, физическое оструктуривание (результат набухания – сжатия), ожелезнение метаморфического горизонта, карбонатное оструктуривание (карбонатная цементация) в нижней части профиля, внутрипочвенное выветривание минерального вещества по всему профилю. Помимо вышеперечисленных, развиты процессы гумусонакопления, окарбонирования, выщелачивания карбонатов, лессиваж.

Для Никитского сада характерна сильная антропогенная нарушенность почвенного покрова, как следствие глубокой плантажной вспашки, рыхления поверхностного горизонта [2], что приводит к слабой выраженности генетических горизонтов в профиле и

ГЕНЕЗИС И КЛАССИФИКАЦИЯ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

более равномерному распределению органического вещества. Обработка почв приводит к усилению эрозионных процессов, особенно на крутых склонах.

Итак, вопрос картографирования почвенных процессов в почвах ботанического сада представляется достаточно актуальным, поскольку в настоящее время подобные карты отсутствуют. Кроме того, представление о пространственном распределении типа и интенсивности педогенетических процессов позволят эффективно управлять самими свойствами, а карты процессов можно использовать для мониторинга состояния почвенного покрова.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Антипов-Каратаев И.Н.* Почвы Крымского государственного лесного заповедника и прилегающих местностей. Под ред. Прасолова Л.И. // Труды Почвенного ин-та им. В.В.Докучаева, 1932. Т. 7. 260 с.
2. *Антипов-Каратаев И.Н., Антонова М.А., Иллюшев В.П.* Почвы Никитского сада / Под ред. Прасолова Л.И. Ленинград. 1929. 244 с.
3. *Герасимов И.П., Глазовская М.А.* Основы почвоведения и география почв. М.: Государственное изд-во географической литературы, 1960. 491 стр.
4. *Герасимов И.П.* Коричневые почвы средиземноморских областей / Доклад на 5 международном конгрессе почвоведов. Изд. АН СССР. 1954. 23 с.
5. *Герасимов И.П.* Элементарные почвенные процессы как основа для генетической диагностики почв // Почвоведение. 1973. № 5. С.103–113.
6. *Кочкин М.А.* Почвы, леса и климат горного Крыма и пути их рационального использования // Труды Никитского сада. 1967. Том 38. 368 с.
7. *Драган Н.А.* Почвенные ресурсы Крыма. Научная монография. 2-е изд., доп. Симферополь: ДОЛЯ, 2004. 208 с.
8. *Макаров О.А.* Минералого-микроморфологические особенности коричневоземообразования. автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. биол. наук (03.00.27) / Макаров Олег Анатольевич; МГУ имени М.В.Ломоносова, ф-т почв., Москва, 1995. 24 с.
9. *Половицкий Я.И., Гусев П.Г.* Почвы Крыма и повышение их плодородия. Справочное издание. Симферополь: Таврия, 1987. 152 с.

ОСОБЕННОСТИ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ЛЕСОТУНДРОВОГО ЭКОТОНА ЮЖНОГО ЯМАЛА

Алексеев И.И., Абакумов Е.В.

*Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург,
alekseevivan95@gmail.com*

Почвенный покров Арктики и Субарктики в настоящее время испытывает серьезную антропогенную нагрузку в связи с интенсификацией разведки и добычи полезных ископаемых. Это приводит к необходимости детального изучения таксономического, экологического и функционального разнообразия почвенного покрова этих регионов, обладающих крайне уязвимыми к антропогенной нагрузке экосистемами. В свою очередь, существуют значительные пробелы в знаниях о разнообразии почвенного покрова Арктики и Субарктики, связанные с недостаточностью данных по морфологии, физико-химическим свойствам, литологическим свойствам почв.

Исследования, касающиеся изучения функциональной роли мерзлотных почв в функционировании лесотундровых экосистем и в круговороте веществ в них, проводились ранее лишь несколькими авторами [1,2,3,4]. В таких экотонах как лесотундра создаются специфические условия для формирования своеобразного и сложного педогенеза [2]. Ранее было показано, что граница между почвенными типами в пределах тундровых и лесотундровых редколесных ассоциаций может изменяться на протяжении нескольких метров, что создает контрастный почвенный покров [1,3,4].

Данное исследование проводилось на территории Ямало-Ненецкого автономного округа, в южной части Ямальского полуострова (рис.). Район исследования располагается в переходном районе между зоной сплошного распространения многолетнемерзлых пород и прерывистого распространения. Растительный покров представлен преимущественно сообществами лиственничного леса с напочвенным покровом из кустарничков (*Betula nana*, *Ledum palustre*), сфаг-

ГЕНЕЗИС И КЛАССИФИКАЦИЯ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

новых мхов (в основном в мезопонижениях) и лишайников (на более сухих участках). Участки исследования располагались как на равнинах (окрестности города Салехард), так и в предгорьях Полярного Урала (окрестности реки Халыталбей и Немур).

Классификация описанных почв проводилась согласно «Классификации и диагностике почв России» и мировой коррелятивной базе почвенных ресурсов (WRB). Мощность деятельного слоя почв устанавливалась с использованием метода вертикального электрофизического зондирования почв (прибор LandMapper).



Рис. Карта района исследований.

1 – окрестности г. Салехард, 2 – окрестности рек Халыталбей и Немур

На обоих участках в условиях глубокого и длительного сезонного промерзания всей почвенной толщи, накладывающегося на наличие многолетнемерзлых пород, существенную роль в формировании почвенного покрова играют процессы криотурбации и криогенного массообмена. Помимо этого активно проявляется глее-

вый процесс, развивающийся либо в зоне сезонного переувлажнения в срединной части почвенного профиля либо на границе с многолетнемерзлыми породами (надмерзлотное контактное оглеение). При этом стоит отметить, что глеевый процесс более ярко проявляется на втором участке в силу большей гидроморфности в ландшафте. В почвенном покрове под редколесной лесотундрой в окрестностях рек Немур и Халяталбей развиваются также подзолистый и иллювиально-железистый горизонты. Их появление может быть связано с микроклиматическими условиями лесотундры, что было описано ранее [1].

Следует отметить, что если диагностика типов Глееземов и Криоземов по «Классификации и диагностике почв России» порой является сложной задачей в силу неясности критериев для выделения глеевого и криогенного горизонта, то диагностика и разделения двух соответствующих реферативных групп (Cryosols и Gleysols) в WRB представляется более простой задачей. Дело в том, что в WRB указаны более четкие критерии для выделения, в частности, криогенного (cryic) горизонта (залегание ММП на глубине до 100 см или наличие горизонта с криогенными свойствами, для которого прописана детальная характеристика с указанием аналитических показателей).

Основные физико-химические характеристики для двух почвенных профилей из различных участков исследования обобщены в Таблице. Анализ данных показал, что почвы характеризуются в основном слабокислой или близкой к нейтральной реакцией среды. Максимальные показатели по органическому углероду в обоих профилях объясняются преимущественной аккумуляцией органического вещества в верхних торфяных горизонтах.

В формировании изученных почв определяющую роль играют глеевый процесс и процессы криогенеза. Аналитические данные подтверждают наличие криогенеза в почвах, так как профильное распределение физико-химических характеристик почв имеет флуктуирующий характер. Так, показатели содержания органического углерода максимальны в верхних торфяных горизонтах, однако в срединной части профиля также наблюдаются повышенные значения этого показателя, что подтверждает наличие криогенного массообмена.

ГЕНЕЗИС И КЛАССИФИКАЦИЯ
ЛЕСНЫХ ПОЧВ

**Табл. Основные физико-химические характеристики
почвенных профилей**

Глубина, см	Сорг, %	pH _{H2O}	pH _{KCl}
Криозем глеевый на слоистых аллювиальных суглинисто-супесчаных отложениях /Aquiturbic Cryosol (окрестности р.Халяталбей). Мощность деятельного слоя 87 см			
TE1 (0–5 см)	8,3	5,23	4,97
TE2 (5–12 см)	7,6	5,32	4,85
CR1 (12–25 см)	2,6	6,01	5,56
CR2 (25–50 см)	0,2	6,42	5,76
BC (50–75 см)	0,1	6,45	5,89
Глеезем типичный суглинистый на многолетнемерзлых суглинках / Cryic Gleysol (окрестности г.Салехард). Мощность деятельного слоя 124 см.			
TE1 (0–3 см)	6,2	5,64	4,98
G1 (3–10 см)	2,6	5,98	5,21
G2ох (10–31 см)	0,4	6,21	5,87
G3 (31–68 см)	0,1	6,12	5,83
BC (68–72 см)	0,2	6,45	6,02

Мы можем предположить, что в условиях прогнозируемого изменения климата и повышения температуры в субарктическом регионе, произойдут серьезные изменения биогеоценозах. Тундровые ландшафты трансформируются в лесные, соответственно серьезно изменятся экологические функции, выполняемые почвами в экосистемах.

Данное исследование поддержано грантом РФФИ мол-а-дк 16-34-60010 и правительством Ямало-Ненецкого автономного округа.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Пастухов А.В.* О генезисе и классификационном положении автоморфных почв на покровных суглинках в микроэкотоне тундра–лесотундра // Вестник СПбГУ. Серия 3. Биология. 2008. № 3. С. 117–126.
2. *Русанова Г. В., Денева С. В., Шахтарова О. В.* Особенности генезиса автоморфных почв северной лесотундры (юго-восток Большеземельской тундры) // Почвоведение. 2015
3. *Тонконогов В.Д., Пастухов А.В., Забоева И.В.* О генезисе и классификационном положении автоморфных почв на покровных суглинках северной тайги Европы // Почвоведение. 2006. № 1. С. 29–36.

4. *Тонконогов В.Д.* Автоморфное почвообразование в тундровой и таежной зонах Восточно-Европейской и Западно-Сибирской равнин. М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева, 2010. 304 с.

ВЛИЯНИЕ ВЕТРОВАЛОВ НА ПОЧВЕННО-РАСТИТЕЛЬНЫЙ ПОКРОВ КОРЕННЫХ ЕЛЬНИКОВ ВОДЛОЗЕРСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА

Антропова В.В.¹, Колесникова В.М.², Медведева М.В.³, Грабовик С.И.⁴

¹ МГУ им.М.В. Ломоносова, Москва, *leti.k.mechte@mail.ru*;

² МГУ им.М.В. Ломоносова, Москва, *v.m.kolesnikova@mail.ru*;

³ ИЛ КарНЦ РАН, Петрозаводск, *maria.med@mail.ru*;

⁴ ИБ КарНЦ РАН, Петрозаводск, *grabovik@bio.krc.karelia.ru*.

Водлозерский национальный парк (ВНП) имеет большое значение в сохранении коренных лесов и поддержании защитной функции северо-таежного коридора [2]. Одним из факторов, определяющих большую сложность и мозаичность почвенного покрова охраняемой территории, являются ветровалы [3,4]. До недавнего времени исследование ветровалов в национальном парке в основном было ориентировано на изучение изменений, происходящих в растительных сообществах [1]. Актуальность настоящих исследований связана с малой изученностью трансформации почв ветровальных почвенных комплексов (ВПК) парка и их взаимосвязи с напочвенным покровом.

С целью выявления особенностей развития почвенного и растительного покрова ВПК на территории Водлозерского национального парка была изучена растительность и основные типы почв эталонных участков парка, особенности почв ВПК на территории сплошного ветровала, проведен анализ данных мониторинговых исследований развития и формирования напочвенного покрова на участках сплошного ветровала.

Исследования проводились в открытой для посещения зоне НП «Водлозерский». Было заложено три ключевые площадки, на которых проводилось подробное описание растительности, был рас-

ГЕНЕЗИС И КЛАССИФИКАЦИЯ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

считан коэффициентом видового сходства Жаккара и средневзвешенный коэффициент Л.Г. Раменского для богатства и увлажнённости почв; заложено три полнопрофильных разреза на незатронутой ветровалом территории и три почвенные прикопки на ВПК.

В результате проведенных исследований было установлено, что за прошедшие 16 лет на нарушенных ветровалами территориях происходит смена растительности: тип микрогруппировки зависит от местоположения западины, ее проточности и освещенности. Экологические условия и отсутствие на данный момент конкуренции с деревьями за минеральное питание позволяют расти видам, характерным для влажных лесов. Растительность ВПК при однородности прочих экологических условий более влаголюбива, но по требованию к богатству почв аналогична ненарушенным участкам.

Трансформация подзолов в результате ветровала сказывается в сокращении мощности почвенного профиля, выпадении, фрагментарности или перемешивании верхних горизонтов почв. В процессе исследований не было выявлено значительного влияния ветровальных нарушений на гранулометрический состав почв. Почвы ВПК характеризуются равномерным распределением плотности сложения, что может быть следствием перемешивания легких (органогенных) почвенных горизонтов с более тяжелыми (минеральными). На начальных стадиях развития ПВК наблюдается уменьшение кислотности почвенного профиля по сравнению с эталонными аналогами. Наибольшее влияние ветровальные нарушения оказывают на распределение и запасы гумуса и азота в почвенном профиле: происходит выравнивание кривых распределения или их инверсия. Однако, особенности генезиса почв могут иметь решающее влияние на значение этих показателей.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ананьев, В.А., Грабовик С.И.* Особенности формирования растительного покрова в среднетаежных коренных ельниках после сплошного ветровала // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. Биологические науки, 2011. № 4 (117). С. 58–63.

2. Гудым, А.Ю. Червяков, О.В. Антипин В.К. Национальный парк «Водлозерский» как биосферный резерват [Электронный ресурс] // Естественно-математические науки. Электрон. текстовые дан., 2011. Режим доступа: <http://gazeta-licey.ru/science/natural-and-mathematical-sciences>, свободный, дата обращения 10.03.2016.

3. Скворцова, Е.Б. Уланова Н.Г., Басевич В.Ф. Экологическая роль ветровалов. М.: Лесн. Пром-сть, 1983. 192 с.

4. Федорец Н.Г., Бахмет О.Н., Морозова Р.М., Солодовников А.Н. Почвы и почвенный покров особо охраняемых природных территорий Карелии. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2009. 109 с.

ПЕДОАНТРАКОЛОГИЧЕСКИЕ И ПОЧВЕННО- МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ РЕКОНСТРУКЦИИ ИСТОРИИ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ

Бобровский М.В.

*Институт физико-химических и биологических проблем
почвоведения РАН, Пущино, taxim.bobrovsky@gmail.com*

Для реконструкции истории экосистем и ландшафтов используют разнообразные комплексы методов, включающие методы палинологии, дендрохронологии, педoантракологии, почвенной морфологии и др. Особенности методов, связанных с исследованиями почв, заключаются одновременно в потенциально большой глубине ретроспективы исследований (тысячи лет) и возможностью их применения для изучения истории локальных экосистем. Цель настоящей работы – на основе литературных данных и результатов собственных полевых исследований рассмотреть особенности совместного применения методов почвенной морфологии и педoантракологии для изучения истории лесных экосистем.

Объектом исследования являлись леса в различных регионах России: широколиственные и сосновые (центр Европейской России), темнохвойные (Урал, Приморье), кедрово-широколиственные (Приморье).

ГЕНЕЗИС И КЛАССИФИКАЦИЯ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

В докладе рассмотрены особенности сбора материала на разных территориях (включая горные леса с маломощными почвами); возможности использования ветровальных почвенных комплексов для анализа строения почвы и поиска углей. Приведены результаты реконструкций истории модельных экосистем для разных регионов. Ниже мы остановимся на некоторых особенностях применения указанных методов и интерпретации результатов.

Морфологический (морфогенетический) анализ почвенного профиля является основным методом реконструкции долговременной истории экосистем на локальном уровне. В основе анализа лежит метод «археологии экосистем», предложенный Е.В. Пономаренко [2]. Профиль почвы описывают как иерархическую систему морфологических структур разного уровня [3]. Понимание причин формирования различных структур дает возможность реконструировать историю как эндогенных (биогенных), так и экзогенных (антропогенных или катастрофических) воздействий на экосистему. Показано, что с помощью данного метода можно успешно реконструировать такие биотические воздействия, как следы роющей деятельности животных, корней деревьев, ветровальных почвенных комплексов; среди антропогенных воздействий наиболее легко распознаются распашка, пожары [1, 3].

Анализ углей в почве представляет собой объект педоантракологии [4]. Возраст углей показывает давность произошедшего пожара (или выжигания). С учетом характера залегания углей, анализа их размера и формы мы можем свидетельствовать об их связи с теми или иными экосистемными событиями (ветровал, распашка и др.). Радиоуглеродное датирование позволяет определить возраст углей, органического вещества почвы, торфяных отложений и синхронизировать палеоботаническую информацию и полученные данные о развитии почв и почвенного покрова модельных участков. Принципиально, что объектом исторической реконструкции являются не состав растительности или тип почвы для определенного интервала времени, а комплекс динамично сменяющихся экосистем вместе с факторами их динамики.

Многие авторы обращают внимание на неравномерность распределения погребенных углей по глубине профиля: часть их залегает в верхнем слое, а часть – на глубине 40–80 см и более. Такой разрыв в распределении глубин нахождения углей объясняется различиями в механизмах погружения углей в почву. Глубина их нахождения обычно невелика, если факторами их погружения были распашка, выпас, деятельность почвенной мезофауны. Если же угли перемещаются в западину вывала, то они аккумулируются, в основном, на дне западины: преимущественные глубины их нахождения (40–80 см) соответствуют преобладающим глубинам западин вывалов. Результаты наших исследований показывают, что глубина перемещения углей напрямую зависит от типа экосистемы и характера почвообразующей породы, совместно определяющих преобладающий характер вывалов деревьев. Угли возрастом несколько тысяч лет можно встретить как в западинах древних глубоких вывалов, так и на границе подстилки и минерального горизонта почвы. Последнее характерно для случаев отсутствия перемешивания почвы вывалами, как и другими факторами, в течение долгого времени.

Угли, встречающиеся в профилях почв, могут быть в разной степени преобразованы по сравнению с их начальным состоянием (сразу после пожара). Характер углей (размер, степень окатанности) может говорить о времени, прошедшем после пожара, а также о событиях, способствовавших видоизменению первоначальной формы углей. Так, при оборачивании почвы в ходе распашки угли измельчаются. В песчаных почвах они некоторое время сохраняют исходную пластинчатую структуру, затем могут превращаться в однородную углистую массу. В суглинистых почвах окатанные угли могут накапливаться в подпахотном слое или корневых ходах; они маскируются белесой присыпкой, вместе с тем сохраняя твердость, структуру, характерный угольный цвет на изломе. При отсутствии перемешивания в этих условиях почвы угли часто сохраняют форму.

Помимо углей важным морфологическим следствием действия пожаров является изменение окраски почвы. Следствием пожаров может быть поверхностное осветление почвы (разрушение красящих пленок минеральных частиц) на глубину до нескольких санти-

ГЕНЕЗИС И КЛАССИФИКАЦИЯ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

метров. Мы предполагаем, что наиболее сильное осветление происходит при длительном воздействии высоких температур в результате медленного сгорания (тления) мощных подстилок. Вместе с осветлением (отбеливанием) окраска частиц может приобретать красноватый оттенок за счет окисления соединений железа при прокаливании (от светло-розового в перемытых песках до темно-серого с малиновым оттенком в случае высокого содержания гумуса в исходном материале). Поверхностное осветление характерно, прежде всего, для песчаных и супесчаных почв. В профилях легко-, средне-суглинистых почв оно обычно в тех случаях, когда в них создаются условия для формирования вложенного субпрофиля подзола. Полное или частичное сгорание материала с большим содержанием органики (прежде всего, подстилки) при перемещении такого материала в западины вывалов приводит к образованию морфонов охристого цвета, подобных соответствующим слоям в почвах, образующихся при накоплении в них вулканического пепла.

В целом, оценка участия пожаров в истории экосистемы может быть осуществлена с применением морфологических методов анализа почвенного профиля. Возможность датировки времени образования углей делают их незаменимым маркером этапов развития экосистемы, позволяющим определить давность тех или иных событий. Совместное применение методов педоантракологии и почвенной морфологии дает возможность выявления прямых факторов и механизмов экосистемных смен, позволяет реконструировать этапы истории конкретных экосистем.

Исследования частично поддержаны проектом РФФИ № 15-04-03170.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Бобровский М.В.* Лесные почвы Европейской России: биотические и антропогенные факторы формирования. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2010. 359 с.

2. *Пономаренко Е.В.* Методические подходы к анализу сукцессионных процессов в почвенном покрове // О.В. Смирнова, Е.С. Шапошников (ред.).

3. *Корнблюм Э.А.* Основные уровни морфологической организации почвенной массы // Почвоведение. 1975. № 9. С. 36–48.

4. *Carcaillet C., Thinon M.* Pedoanthracological contribution to the study of the evolution of the upper treeline in the Maurienne Valley (North French Alps): methodology and preliminary data // Review of Palaeobotany and Palynology. 1996. Vol. 91. No 1. P. 399–416.

ТЕМНОГУМУСОВЫЕ ПОЧВЫ КАЛУЖСКИХ ЗАСЕК: БОЛЕЕ 8000 ЛЕТ ГЕНЕЗИСА ПОД ЛЕСОМ

Бобровский М.В.¹, Лойко С.В.²

¹ *Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения
РАН, Пуцино; maxim.bobrovsky@gmail.com;*

² *Томский государственный университет, Томск, s.loyko@yandex.ru*

К настоящему времени большое число исследований посвящено эволюции черноземов и серых почв, накоплено значительное количество данных о возрасте этих почв [1, 2, 5]. Многие исследователи представляют основной тренд позднеголоценового генезиса почв лесостепи как переход от темногумусовой стадии почвообразования к стадии формирования текстурно-дифференцированных профилей [2, 10]. При этом собственно темногумусовые почвы при эволюционных построениях обычно не рассматриваются. Вероятно, основная причина этого – редкость данных почв на территории Среднерусской возвышенности. Основная задача настоящей работы – определение возраста темногумусовых почв на территории заповедника «Калужские засеки» и выявление особенностей их генезиса.

Заповедник «Калужские засеки» организован в 1992 г.; он находится на юго–востоке Калужской области (Ульяновский район). Темногумусовые почвы в заповеднике в основном приурочены к участкам с расчлененным мезорельефом на территории Южного участка, которые занимают сравнительно небольшие площади внутри ареалов дерново-подзолистых и серых почв; основными почвообразующими породами для этих типов являются покровные суглинки. Исследования проводили в 62 квартале Южного участка (бывш. 8 кв. Ягодненского лесничества). Растительность представ-

ГЕНЕЗИС И КЛАССИФИКАЦИЯ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

лена старовозрастным широколиственным лесом (дубравой), в древостое преобладают *Quercus robur*, *Fraxinus excelsior*, *Tilia cordata*, *Ulmus glabra*, *Acer platanoides* и *A. campestre*. Возраст отдельных деревьев дуба превышает 300 лет. В 2011 и 2014 г. описаны три траншеи длиной от 2,5 до 5 метров, проведен морфологический анализ профилей, используемый для реконструкции истории экосистем на локальном уровне. В основе анализа лежит метод «археологии экосистем», предложенный Е.В. Пономаренко [9] и развиваемый авторами [3, 4, 13]. В 2014 и 2016 г. отобраны образцы для определения возраста органического вещества и физико-химических свойств почв. Радиоуглеродное датирование выполнено в Институте геохимии и геофизики НАН Беларуси (IGSB); физико-химические анализы выполнены в Центре коллективного пользования Института физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН (Пушино). Калибровка радиоуглеродных дат проведена при помощи калибровочной кривой IntCal13 [14].

Результаты показывают, что во всех траншеях профили почв имеют строение AU – C, что соответствует типу темногумусовой почвы [7]. Однако обычно мощность гор. AU в темногумусовых почвах не более 30 см [7], в то время как в исследованных почвах она составляет от 40 до 130 см. Глубина перемешивания почвы, заглубления гумусированного материала и итоговая мощность «фоновых» педонов темногумусового горизонта определяются глубиной проработки почвы педофауной, прежде всего дождевыми червями. Формирование глубоких котлов, наполненных темногумусовым материалом, связано с воздействиями вывалов деревьев значительной мощности. Морфологический анализ показывает, что почвы во всех траншеях испытывали в прошлом воздействия вывалов глубиной до 150 см. Одновременно с присутствием во всех профилях признаков долговременного развития почв под лесом, в них отсутствуют такие признаки «степного» почвообразования, как следы деятельности степных землероев.

Определение возраста органического вещества гумусового горизонта показало, что возраст темногумусовых почв «Калужских засек» в целом соответствует возрасту других дневных

почв лесостепи Русской равнины: серых [1, 5], черноземов [1, 8]. Возраст гумуса в верхней части темногумусового горизонта варьирует от сотен до первых тысяч лет; в нижней части составляет около 6000 кал. лет. Таким образом, возраст фоновых педонов темногумусового горизонта примерно соответствует возрасту гумусового горизонта большинства черноземов [2, 11, 12], а также возрасту вторых гумусовых горизонтов дерново-подзолистых и серых почв [1, 6, 8]. Возраст гумуса в западинах вывалов в большинстве случаев больше, чем в нижней части «фоновом» темногумусового горизонта; максимальный возраст образца более 8100 кал.л.н.

Таким образом, Гумусовые профили изученных почв «Калужских засек» являются наиболее мощными на Русской равнине среди описанных бескарбонатных почв с темногумусовым горизонтом. В них отсутствуют традиционные признаки черноземной «степной» и подзолистой «лесной» стадий голоценового почвообразования, выделяемых для многих почв лесостепи. Возможно, почвы «Калужских засек» представляют пример непрерывно лесного почвообразования, в результате которого сформирован мощный темногумусовый профиль.

Благодарим руководство заповедника «Калужские засеки» за предоставленную возможность проведения исследований и содействие в выполнении работы; Г.И. Истигечева за помощь в полевых исследованиях.

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ (проект 16-17-10045), полевые изыскания и лабораторные анализы физико-химических свойств почв осуществлены при частичной поддержке РФФИ (проект 15-04-03170).

ЛИТЕРАТУРА

1. Александровский А.Л., Александровская Е.И. Эволюция почв и географическая среда. М.: Наука, 2005. 223 с.
2. Александровский А.Л., Чичагова О.А. Радиоуглеродный возраст палеопочв голоцена в лесостепи Восточной Европы // Почвоведение. 1998. № 12. С. 1414–1422.

ГЕНЕЗИС И КЛАССИФИКАЦИЯ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

3. *Бобровский М.В.* Лесные почвы Европейской России: биотические и антропогенные факторы формирования. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2010. 359 с.

4. *Бобровский М.В., Лойко С.В., Истигечев Г.И., Крицков И.В.* Следы ветровалов в темногумусовых почвах заповедника «Калужские засеки» // Вестник Томского государственного университета. 2012. № 4 (20). С. 7–20.

5. *Гоняный М.И., Александровский А.Л., Гласко М.П.* Северная лесостепь бассейна Верхнего Дона района Куликовской битвы. М.: Изд. ГИМ, 2007. 208 с.

6. *Караваева Н.А., Черкинский А.Е., Горячкин С.В.* Второй гумусовый горизонт и проблема эволюции подзолистых суглинистых почв Русской равнины // Эволюция и возраст почв СССР. Пушино: ОНТИ НЦБИ АН СССР, 1986. С. 120–138.

7. Классификация почв России. М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева РАСХН, 1997. 235 с.

8. *Марголина Н.Я., Александровский А.Л., Ильичев Б.А. и др.* Возраст и эволюция черноземов. М.: Наука, 1988. 144 с.

9. *Пономаренко Е.В.* Методические подходы к анализу сукцессионных процессов в почвенном покрове // Сукцессионные процессы в заповедниках России и проблемы сохранения биологического разнообразия / Под ред. О.В. Смирновой, Е.С. Шапошникова. СПб.: Российское ботаническое общество, 1999. С. 34–57.

10. *Чендев Ю.Г., Александровский А.Л., Хохлова О.С., Дергачева М.И., Петин А.Н., Голотвин А.Н., Сарapulкин В.А., Земцов Г.Л., Уваркин С.В.* Эволюция лесного почвообразования на юге лесостепи Среднерусской возвышенности в позднем голоцене // Почвоведение. 2017. № 1. С. 3–16.

11. *Чичагова О.А.* Радиоуглеродное датирование гумуса почв. М.: Наука, 1985. 158 с.

12. *Чичагова О.А., Хохлова О.С., Зазовская Э.П., Горячкин С.В.* Радиоуглеродный анализ и проблемы памяти почв // Память почв. Почва как память биосферно-геосферно-атмосферных взаимодействий / Ред. В.О. Таргульян, С.В. Горячкин. М.: ЛКИ, 2008. С. 182–203.

13. *Bobrovsky M., Loyko S.* Patterns of pedoturbation by tree uprooting in forest soils // Russian Journal of Ecosystem Ecology, 2016, vol. 1, no 1, p. 1–22.

14. *Reimer P.J., Bard E., Bayliss A. et al.* IntCal13 and Marine13 Radiocarbon Age Calibration Curves, 0–50,000 Years cal BP // Radiocarbon, 2013, vol. 55, p. 1869–1887.

ГЕНЕЗИС И КЛАССИФИКАЦИЯ МЕЗОМОРФНЫХ ПОЧВ СРЕДНЕЙ И СЕВЕРНОЙ ТАЙГИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Головлева Ю.А.

*МГУ им. М.В. Ломоносова, факультет почвоведения, Москва,
Julango85@gmail.com*

В отношении мезоморфных почв средней и северной тайги Западной Сибири остаются открытыми вопросы детальной почвенно-генетической характеристики, расшифровки набора почвообразовательных процессов и географического распространения. В связи с этим целью данной работы является выявление основных почвообразовательных процессов в слабодифференцированных мезоморфных почвах средней и северной тайги Западной Сибири.

Слабодифференцированные мезоморфные почвы сформировались на пологих холмах древней террасы реки Обь. Климат района исследования континентальный, со среднегодовой температурой $-4-2$ °С; в январе средняя температура составляет -20 °С, а в июне 18 °С. Годовое количество осадков составляет 580 мм. Материнская порода имеет древне-морское и аллювиальное происхождение. Район исследования относится к зоне островной вечной мерзлоты [5], однако конкретные участки исследования не имеют признаков вечной мерзлоты вниз до 2 м. Растительность представляет собой сложное сочетание сообществ темнохвойных и светлохвойных лесов с вкраплением олиготрофных, реже мезотрофных и эвтрофных болот.

Для изучения почв было заложено шесть разрезов по двум катенам на Северо-Сосьвинской возвышенности в окрестностях города Нягань, отдельный разрез на прилегающей территории (Северно-Талинское месторождение) и разрез на Аганском Увале, в окрестностях города Нижневартовск. Были проведены микроморфологическое исследование в плоскопараллельных шлифах под поляризационным микроскопом в проходящем и отраженном свете, субмикроморфологическое исследование под сканирующим электрон-

ГЕНЕЗИС И КЛАССИФИКАЦИЯ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

ным микроскопом, дифрактометрический рентгеновский анализ глинистой минералогии в ориентированных препаратах, а также ряд физических и химических анализов.

Изученные почвы характеризуются палево-бурым слабо дифференцированным по цвету профилем, маломощной подстилкой, переходным горизонт АЕ. В профиле почвы отмечаются скелетаны по граням структурных отдельностей. Для почвы характерна высокая липкость и пластичность. Некоторые почвы имеют признаки застоя влаги в верхней части профиля, а два из исследованных профилей – грунтового оглеения. Почвы имеют небольшие железистые конкреции по всему профилю. Заложение IRIS (Indicators of Reduction in Soils) трубок [7] на один год показало отсутствие переувлажнения по всему профилю в настоящий период, поэтому можно говорить о том, что признаки оглеения в значительной степени реликтовые. Структура почвы в горизонтах ВС и С плитчатая, а в горизонте В – икряная. Изучение почв под сканирующим микроскопом показало большое количество округлых агрегатов в горизонте В. В ходе изучения почвенных шлифов [2] были получены снимки, на которых видны четко выраженные агрегаты округлой формы. В нижней части профиля выделяется шлировая структура, которая может объясняться процессами криогенеза, и большое разнообразие типов пор. В профиле были выявлены слабовыраженные глинистые кутаны. Гранулометрический состав немного меняется с глубиной, что связано в основном с литологической неоднородностью осадков. В большинстве почв верхний слой содержит меньше глины, чем нижележащие горизонты. Почвы сильноокислые, в верхних горизонтах рН в водной вытяжке 4,0–4,8; с глубиной значение рН увеличивается до 5,6–6,1. В поверхностных горизонтах наблюдается высокое содержание Al. Рентгеновско-дифрактометрический анализ [3] выявил наличие в составе глин смектита, иллита, каолинита. В горизонтах В присутствует вермикулит, частично с признаками внедрения Al в межплоскостные промежутки («почвенный хлорит»). Распределение обменных оснований (кальция и магния) элювиальное. Описание подстилок показало, что почти все изученные подстилки относятся к одной большой группе инкрустированных ферментативного типа [1].

Работа позволила выделить ведущие педогенетические процессы на макроуровне, микроуровне, субмикроуровне и сделать следующие выводы. Сильнокислая реакция в почвах с максимумом в поверхностных горизонтах, элювиальное распределение обменных оснований (кальция и магния) говорит об интенсивных процессах выщелачивания в исследованных почвах. Отсутствие явно выраженных глинистых кутан в мезоморфных почвах означает, что мы не можем объяснить генезис почв лишь процессами иллоуирирования глины. Элювиальное распределение ила по профилю, слабая окристаллизованность глинистых минералов могут свидетельствовать о растворении ила в кислых поверхностных горизонтах. Присутствие «почвенных хлоритов», преимущественно в срединных почвенных горизонтах, свидетельствует о внедрении обменного алюминия в кристаллические решетки слоистых силикатов с лабильной структурой в ходе педогенеза. Наличие Fe-Mn примазок и орштейнов свидетельствует о процессах оглеения практически по всему профилю, однако в значительной степени эти признаки – реликтовые. Отсутствие смектита в одном из анализируемых разрезов, говорит о возможности развития почв на двучленных отложениях.

Для данных почв используется рабочее название «таежные слабодифференцированные». По классификации WRB (World reference base for soil resources) почвы были отнесены к Cambisols и Alisol в зависимости от распределения содержания илистой фракции в профиле [8]. По морфологическим и генетическим признакам таежные слабодифференцированные почвы ближе всего к светлоземам [4] и, в рамках Классификации почв России [6], попадут в отдел криометаморфических почв.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Богатырев Л.Г.* О классификации лесных подстилок // Почвоведение. 1990. № 3. С. 118–127.
2. *Герасимов М.И., Губин С.В., Шоба С.А.* Микроморфология почв природных зон СССР. Пушино: Изд-во ОНТИ Пушкинского НЦ РАН, 1992. 200 с.

ГЕНЕЗИС И КЛАССИФИКАЦИЯ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

3. Соколова Т.А., Дронова Т.Я., Толпешта И.И. Глинистые минералы в почвах. Тула: Изд-во Гриф и К, 2005. 336 с.

4. Тонконогов В.Д. О генезисе почв с осветленным элювиальным горизонтом // Почвоведение. 1996, № 5. С. 564–569.

5. Федорова Н.М., Ярилова Е.А. Гидротермический режим и морфология суглинистых почвогрунтов средней тайги Западной Сибири // Почвоведение. 1972. № 7. С. 79–88.

6. Шишов Л.Л., Тонконогов В.Д., Лебедева И.И., Герасимова М.И. Классификация и диагностика почв России. Ойкумена, Смоленск, 2004. 341 с.

7. Bryant K. Indicator of reduction in soils (IRIS) for wetland identification in Queensland // 19th World congress of soil science, soil solutions for a Changing World, 1–6 August 2010, Brisbane, Australia. 2010. Published on DVD. P. 25–28.

8. IUSS working Group WRB. World reference base for soil resources 2014. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World soil resources reports No. 106. FAO, Rome, 2014. 181 p.

ПОЧВЫ ЗАПОВЕДНИКА СЬЕРРА ГОРДА (ЦЕНТРАЛЬНАЯ МЕКСИКА)

Дубровина И.А.¹, Батиста Ф.², Барахас А.²

¹ Институт биологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, vorgo@mail.ru;

² Центр географических исследований окружающей среды НАУМ, Морелия, Мексика, leptosol@ciga.unam.mx

Биосферный заповедник Сьерра Горда является второй по величине охраняемой территорией в Мексике. Исследования почвенного разнообразия под лесной растительностью являлись частью программы поддержки местного населения в области развития экотуризма и сохранения лесов и почвенного покрова. Для региона характерна сложная орография с разнообразными формами рельефа – холмы и горы различных высот и расчленения, овраги и каньоны, абсолютные высоты колеблются от 1180 м до более чем 3000 м над уровнем моря. Это создает уникальные условия, когда на небольшой площади соседствуют тропические, мезофитные и ксерофитные леса, а также по-

лупустынные ландшафты. В геологическом отношении территория сложена известняками, конгломератами и песчаниками, которые перекрыты слоем кайнозойских осадочных и вулканических пород. Для региона характерна вертикальная зональность и контрастность климатических условий. Климат территории в целом умеренный субгумидный и семиаридный с максимумом осадков в летнее время. Для характеристики почвенных условий под лесной растительностью выбраны 5 ключевых участков, отражающих почвенное и геоботаническое разнообразие территории (табл.). Морфологическое описание разрезов, отбор и анализ почвенных образцов были выполнены общепринятыми методами. Почвы классифицировались согласно Мировой реферативной базе почвенных ресурсов (WRB).

Практически все изученные участки расположены на довольно крутых склонах в зоне активных геоморфологических процессов. Почвообразующие породы однородны и представляют собой продукты выветривания риолитового туфа за исключением участка № 10, где почвы развиты на карбонатной породе. Растительность территории дифференцирована по климатическим условиям. На участках выше 2000 м при годовом количестве осадков порядка 700–800 мм представлены смешанные сосново-дубовые леса, а при количестве осадков 400–600 мм – дубовые леса. Доминирующие виды сосны *Pinus montezumae*, *P. patula* и дуба – *Quercus mexicana*, *Q. castanea*, *Q. crassifolia*. На высотах ниже 1500 м значительно повышается среднегодовая температура, и при 400–600 мм осадков растительный покров представлен ксерофитами *Dasyllirion acrotrichum*, *Jatropha dioica*, *Fouquieria splendens*, *Stenocereus dumortieri* и *Agave lechuguilla*. Почвы данной территории отражают специфику горного почвообразования и ведущую роль рельефа как главного почвообразующего фактора.

В элювиальных позициях и на крутых склонах формируются в основном молодые неглубокие почвы со слабо-дифференцированным профилем. Одной из самых распространенных групп почв в горных системах Мексики являются Лептосоли – почвы, подстилаемые скальной породой на небольшой глубине (до 25 см) или содержащие до 90 % обломочного материала. В нашем случае представлена Рендик Лептосоль (Скелетик) (разрез № 10) – маломощная сильнокаме-

ГЕНЕЗИС И КЛАССИФИКАЦИЯ
ЛЕСНЫХ ПОЧВ

нистая почва, сформированная на твердых карбонатных породах. Почва легкосуглинистая, насыщена основаниями, с высоким содержанием обменных катионов, имеет нейтральную к слабощелочной рН и достаточно низкое содержание органического вещества.

**Почвы, климат и типы лесной растительности заповедника
Сьерра Горда**

№ разреза, почва	Строение профиля, мощность горизонтов, см	Почвообразующая порода	Геоморфологическое положение, абс. высота над ур. моря, м	Среднегодовая t воздуха, °С Количество осадков, мм	Тип растительности
№ 12 Гаплик Регосоль (Дистрик)	A (0–17) – B (17–35) – B2 (35–52) – BC (52–70) – C (70–100)	Риолитовый туф	Верхняя часть крутого выпуклого склона, 2192	12–18 700–800	Сомкнутый смешанный лес (сосна-дуб)
№ 11 Гаплик Умбрисоль (Гипердистрик)	Ah (0–14) – A (14–30) – B (30–52) – B2 (52–68) – BC (68–85) – C (85–100)	Риолитовый туф	Средняя часть выпуклого склона средней крутизны, 2226	12–18 700–800	Умеренно-сомкнутый смешанный лес (сосна-дуб)
№ 6 Гаплик Камбисоль (Клэйик, Хромик)	Ah (0–14) – B (14–39) – BC (39–65) – C (65–100)	Риолитовый туф	Верхняя часть крутого прямого склона, 2170	12–18 400–600	Редкостойный дубовый лес
№ 1 Эндоглейик Алисоль (Силтик)	Ah (0–5) – A (5–10) – AB (10–26) – B (26–31) – Bt (31–40) – Bt2 (40–69) – Btg (69–76) – Cg (76–100)	Риолитовый туф	Средняя часть выпуклого склона средней крутизны, 2340	12–18 400–600	Редкостойный дубовый лес
№ 10 Рендзик Лептосоль (Скелетик)	A (0–10) – C (10–>)	Известняк	Верхняя часть наклонного выпуклого склона, 1203	>22 400–600	Ксероморфный кустарниковый лес

Регосоли – почвы характеризующиеся отсутствием диагностических признаков, зачастую так диагностируются сильноэродированные почвы. Нами описана Гаплик Регосоль (Дистрик) (разрез № 12) – тяжелосуглинистая ненасыщенная основаниями среднекислая почва. Значения содержания органического вещества и обменных катионов в горизонте А среднее с резким падением вниз по профилю. Камбисоли – это типичные горные бурые слаборазвитые почвы, представлены, когда скорость склоновых процессов не позволяет сформировать более развитый профиль. Гаплик Камбисоль (Клэйик, Хромик) (разрез № 6) – суглинистая ненасыщенная основаниями среднекислая почва. Значения органического вещества и обменных оснований имеют средние значения. Нижние горизонты глинистого гранулометрического состава (клэйик), почва имеет в большей части профиля цветовой тон 7.5YR по шкале Манселла (хромик). Пологие участки склонов заняты более зрелыми почвами. Алисоли – кислые текстурно-дифференцированные почвы с горизонтом иллювиования глины Vt (арджик), где он имеет высокую емкость катионного обмена илистой фракции, что свидетельствует о преобладании активных глин, но отличается значительной ненасыщенностью основаниями. Эндоглейик Алисоль (Силтик) (разрез № 1) – легкосуглинистая среднекислая почва, ненасыщенная основаниями и средним содержанием органического вещества, с резкой сменой гранулометрического состава в пределах 30 см (силтик). В нижней части профиля отмечено наличие окислительно-восстановительных условий (эндоглейик). Умбрисоли – хорошо дренированные, суглинистые почвы, достаточно мощные, но не вполне развитые, главным признаком которых является мощный гумусовый горизонт (умбрик) с достаточно высоким содержанием органического вещества, но ненасыщенный основаниями. Гаплик Умбрисоль (Гипердистрик) (разрез № 11) – среднесуглинистая почва с хорошо развитым гумусовым горизонтом со слабощелочной, близкой к нейтральной pH и средним содержанием органического вещества. Почва ненасыщенна основаниями по всей толще (гипердистрик).

Работа выполнена при финансовой поддержке Национального совета по науке и технике (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), проект № CB-2011-01-169915.

ГЕНЕЗИС И КЛАССИФИКАЦИЯ
ЛЕСНЫХ ПОЧВ

**ГОРНО-ЛЕСНЫЕ ПОЧВЫ
АЛТАЙСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БИОСФЕРНОГО ЗАПОВЕДНИКА**

Ельчианинова О.А., Кузнецова О.В.

*ФГБУН «Институт водных и экологических проблем» СО РАН,
Горно-Алтайский филиал, Горно-Алтайск, gafiver@mail.gorny.ru*

Алтайский государственный биосферный заповедник – уникальная особо охраняемая природная территория России, расположен в центре Алтае-Саянской горной страны, в северо-восточной части Горного Алтая. Значительную часть территории заповедника занимает горно-лесной пояс, основу почвенного покрова которого составляют горно-лесные бурые, горно-лесные серые и горно-лесные дерново-глубокоподзолистые почвы.

Горно-лесные бурые почвы формируются в наиболее увлажненной средней части лесного пояса (1000–1900 м над ур. м.) под кедрово-лиственничными и пихтовыми широколиственными, реже зеленомошными лесами на элювии и элювио-делювии коренных пород. Горно-лесные серые оподзоленные почвы занимают нижнюю часть горно-лесного пояса, находятся на высоте 350–600 м над ур. м. Формируются под лесной растительностью, представленной темнохвойными лесами, а в настоящее время в результате хозяйственной деятельности человека замещенными березово-осиновыми, большей частью разреженными, с хорошо выраженным крупнотравьем, на покровных, обычно бескарбонатных тяжелых суглинках и глинах, на продуктах выветривания коренных пород или реже на аллювиальных отложениях высоких речных террас. Горно-лесные дерново-глубокоподзолистые почвы преобладают в нижней части горно-лесного пояса, развиваются в условиях обильного атмосферного увлажнения под черневой тайгой, особенностью которой является преобладание в древостое пихты и осины, хорошая выраженность кустарникового подлеска и грубостебельного высокотравья, на мощном плаще делювиальных отложений [5].

Основные свойства, состав и черты почвообразования, характерные горно-лесных почв Алтайского государственного биосферного заповедника следующие:

1. Высокое содержание гумуса фульватного, гуматно-фульватного состава в бурых и серых почвах, низкое – в дерново-глубокоподзолистых.
2. Резкое снижение содержания гумуса вниз по почвенному профилю.
3. Слабокислая и кислая реакция среды.
4. Высокая емкость поглощения в бурых и серых почвах, низкая – в дерново-глубокоподзолистых.
5. Тяжелый гранулометрический состав.
6. Элювиально-иллювиальный характер распределения продуктов почвообразования.

Табл. Содержание тяжелых металлов в почвах, мг/кг

Почвы	Mn	Zn	Cu	Pb	Cd
Горно-лесные серые	534,8 ± 30,0*	31,9 ± 2,4	13,6 ± 1,0	7,72 ± 0,6	0,93 ± 0,06
Горно-лесные бурые	468,6 ± 17,3	58,7 ± 2,1	17,3 ± 0,8	9,53 ± 0,5	0,68 ± 0,03
Горно-лесные дерново-глубокоподзолистые	783,1 ± 29,3	56,5 ± 1,7	36,9 ± 1,4	21,4 ± 1,1	Не опр.
Фоновое содержание в почвах Горного Алтая [3]	707,5 ± 10,5	58,3 ± 0,7	40,6 ± 0,6	19,1 ± 0,9	0,01–0,11
Почвы бывшего СССР [1]	850	50	20	10	0,5
Почвы мира [3]	545	61,5	23	10	0,5

* – средняя арифметическая ± ошибка средней арифметической

Формирование ареала исследуемых типов почв происходит вне ореолов геохимических аномалий и вдали от антропогенных источников загрязнения тяжелыми металлами. Обнаруженные в почвах количества тяжелых металлов (таблица) относятся к низкому (Pb), среднему (Cu, Zn, Pb), и высокому (Cd) уровню содержания

ГЕНЕЗИС И КЛАССИФИКАЦИЯ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

согласно шкале экологического нормирования тяжелых металлов для почв со слабокислой и кислой реакцией (Обухов, Ефремова, 1988), что позволяет говорить об отсутствии загрязнения этих почв. Сравнительно высокое содержание марганца в исследуемых почвах связано с влиянием таежно-лесной растительности, характеризующейся высокой концентрацией элемента, на что указывают и другие исследователи [4].

Сравнение содержаний тяжелых металлов в почвах заповедника с фоновым содержанием в почвах Горного Алтая [3] отечественными и мировыми кларками [1,3] показывает незначительные различия или более низкие значения (табл.).

Средний и низкий уровень содержания тяжелых металлов, не превышающий фоновых и кларковых значений, позволяет использовать исследуемые почвы в качестве эталона, а Северо-Восточный Алтай – как контрольный район при проведении регионального мониторинга.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Виноградов А.П.* Среднее содержание химических элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры // *Геохимия*. 1962. № 7. С. 555–571.
2. *Ельчишнинова О.А.* Биогеохимические аспекты экологической оценки наземных экосистем Алтая. Барнаул: Изд-во АГАУ, 2009. 142 с.
3. *Кабата-Пендиас А.* Микроэлементы в почвах и растениях. М.: Мир, 1989. 440 с.
4. *Мальгин М.А.* Биогеохимия микроэлементов в Горном Алтае. Новосибирск: Наука, 1978. 272 с.
5. *Почвы Горно-Алтайской автономной области.* Новосибирск: Наука, 1973. 352 с.

МОРФОГЕНЕТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПЕСЧАНЫХ ПОЧВ КАМСКИХ ТЕРРАС

Еремченко О.З., Митракова Н.В., Липин И.Н.

*Пермский государственный национальный исследовательский
университет, Пермь, eremch@psu.ru*

На фоне однородных биоклиматических условий фактор «редкости» почв связан, как правило, с редкими для региона почвообразующими породами. Литологический фактор почвообразования по сравнению с зональными факторами изучен недостаточно [1].

На нижних террасах р. Камы развиты литогенные почвы, морфогенетические особенности которых обусловлены почвообразующей породой – песчаными породами плейстоценового возраста древнеаллювиального и водно-ледникового происхождения. Под сосновыми борами нами описаны псаммоземы с формулой профиля: О-С и псаммоземы гумусовые: W-(WC)-С [2, 3], ранее в регионе данные почвы не были описаны. У псаммоземов вместе с лесной подстилкой подстилочно-торфяной горизонт О и гумусовый слабо развитый горизонт W имеют мощность около 5–6 см. Разнообразие подтипов псаммоземов обусловлено наложением дополнительных почвенных процессов; присутствие в нижней части горизонтов W или О тонкой (1–2 см) белесой прослойки – основание для выделения оподзоленного подтипа, присутствие в почвообразующей породе на глубинах 0,8–0,9 м псевдофибров – подтипа псевдофибровых, признаков глееватости – подтипа глееватых.

При последующем изучении почвенного покрова камских террас были описаны морфогенетические свойства других почв на древнеаллювиальных песках. Присутствие в них серогумусовых горизонтов мощностью около 10 см, содержащих около 5 % гумуса, в соответствии с классификацией почв РФ [4] дает основание для диагностики серогумусовых почв с профилем: АУ-(АУС)-С. Данные почвы сформированы под сосновыми и сосново-лиственными (береза, осина) лесами. У подтипа серогумусовых оподзоленных почв в горизонте АУе содержались отбеленные скелетаны,

ГЕНЕЗИС И КЛАССИФИКАЦИЯ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

местами присутствовала седоватость (белесость). Подтип серогумусовых железненных почв характеризовался желтовато-охристой окраской переходного горизонта АУСf. В подтипе серогумусовых псевдофибровых почв на глубине около 1 м присутствовали железненные прослоечки (горизонт Сff). Для подтипа серогумусовых глееватых почв на глубине 50–80 см характерна холодная окраска с ржавыми примазками (горизонт Сg).

Песчаные породы крайне бедны катионами, поэтому в почвах на долю общего кальция приходится всего 0,2–0,3 %, железа – 0,9–1,5 %, калия – 0,8–1,2 % от сухой массы; понижено относительно кларков почв мира и содержание других катионов, включая микроэлементы. Серогумусовые почвы имеют сильнокислую реакцию, которая относительно понижена в песчаной породе, и значительную гидролитическую кислотность. В серогумусовом горизонте при низкой емкости поглощения (10–13 мг-экв/100 г) на долю кальция и магния приходится от 0 до 12 %. Содержание гумуса составляло от 3 до 7 % в верхнем горизонте и сразу под ним снижалось до 0,5–2,8 % (табл.).

**Табл. Свойства серогумусовых песчаных почв
(среднее ± ошибка среднего)**

Количество разрезов	Горизонт	Гумус, %	pH _{вод}	pH _{сол}	Сумма оснований, мг-экв/100 г	Гидролитическая кислотность, мг-экв/100 г
6	АУ	4,88 ± 0,63	5,07 ± 0,24	3,95 ± 0,15	2,00 ± 1,36	7,99 ± 1,36
6	АУС	1,61 ± 0,40	5,26 ± 0,20	4,13 ± 0,08	0	4,00 ± 0,74
6	С	–	5,98 ± 0,27	4,40 ± 0,05	0	1,11 ± 0,25

В относительном понижении на террасе под смешанным елово-пихтово-мелколиственным лесом сформировалась перегнойно-глеевая песчаная почва с профилем: Н–НГ–СГ. Перегнойный горизонт мощностью до 25–30 см имеет темно-бурую окраску и мажущую консистенцию, содержание органического углерода изменялось от 6,4 % в верхней части и 4,0 % в нижней. Реакция почвенной среды в перегнойном горизонте кислая – слабокислая и кислая, в глеевых горизонтах близка к нейтральной. С глубины полуметра считается вода.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ ЛЕСНОГО
ПОЧВОВЕДЕНИЯ, 13–17 сентября 2017

Таким образом, проведенные исследования дают представление о структуре почвенного покрова сосновых боров камских террас, где на песчаных породах сформировались псаммоземы типичные и гумусовые, а также серогумусовые почвы, представленные подтипами оподзоленные, глееватые, псевдофибровые, ожелезненные. Кроме того, в гидроморфных условиях под смешанным лесом встречаются перегнойно-глеевые почвы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гагарина Э.И. Литологический фактор почвообразования (на примере Северо-Запада Русской равнины). СПб: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2004. 260 с.
2. Еремченко О.З., Филькин Т.Г., Шестаков И.Е. Редкие и исчезающие почвы Пермского края. Пермь, 2010. 92 с.
3. Еремченко О.З., Шестаков И. Е., Максимова С.Е. О новых типах почв в Пермском крае // Фундаментальные и прикладные вопросы лесного почвоведения: материалы докл. VI Всерос. науч. конф. (Сыктывкар, 14–19 сент. 2015 г.). Сыктывкар, 2015. С. 28–30.
4. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 341 с.

**ПРИРОДА ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА
ТЕМНОГУМУСОВЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ СЕВЕРНЫХ
УВАЛОВ (СЕВЕРО-ВОСТОК КОСТРОМСКОЙ ОБЛАСТИ)**

Иванов А.В., Степанов А.А., Демянчук А.В.
МГУ им. М.В. Ломоносова, факультет Почвоведения, Москва,
anton.soil@mail.ru

Изучена темногумусовая неоподзоленная почва на склоне Северных Увалов с профилем O–AU–, сформированная на глинистых отложениях триаса под пологом спелого разнотравного ельника. Исследование свойств органического вещества гор. AU на основе гель-хроматографии, определения молекулярных масс, содержания гидрофильных и гидрофобных фракций установило его четко выраженную гидроморфную природу. Наряду с этим наблюдается отсутствие призна-

ГЕНЕЗИС И КЛАССИФИКАЦИЯ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

ков повышенного увлажнения в профиле почвы и характере напочвенного растительного покрова, представленного земляникой, блестящими мхами, дубравным разнотравьем при полном отсутствии болотных растительных эдафикаторов. Обнаруженное несоответствие фактов может свидетельствовать о смене гидроморфного режима после формирования органо-профиля почвы и подтверждает существующую концепцию о подъеме территории Северных Увалов в голоцене. Морфологическая неоподзоленность профиля почвы при сохранении фульватно-гуматного состава гумуса с минимальным (0,3 %) содержанием агрессивной фракции 1а фульвокислот (по результатам определения группового и фракционного состава), с одной стороны, может свидетельствовать о сравнительно небольшом сроке существования продуктивного елового насаждения. Видимо, он мог сформироваться только на далеко зашедшей стадии подъема и осушения территории, учитывая чувствительность ели к условиям увлажнения и аэрации местообитания. Другой важной причиной, препятствующей проявлению оподзоливания, является формирование почвы на глинах триаса, характеризующихся, как было установлено нами ранее, преимущественно смектитовым составом илистой фракции, что обеспечивает по результатам наших исследований близкую к нейтральной реакцию среды гор. АУ и слабощелочную гор. С.

ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПОЧВ И УСЛОВИЯ МЕСТООБИТАНИЙ В СОСНОВЫХ ЛЕСАХ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА

Катаева М.Н.¹, Соколов Д.В.²

¹ *Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, mkmariakat@gmail.com;*

² *Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова*

Успешный рост древесного яруса и напочвенного покрова сосновых лесов определяет оптимальное сочетание экологических факторов – режима увлажнения и минерального питания. Пожа-

ры – основной вид нарушений, влияющие на состав и структуру фитоценозов северной тайги, изменяющие и часто снижающие уровень плодородия почв. Для успешного роста растений сосняков важен гранулометрический состав почв, он определяет их влагоемкость, запас питательных веществ и глубину прогревания. В зависимости от него изменяются температурный режим и водно-физические свойства почв. Различия в прогревании почв влияют на интенсивность поглощения питательных веществ и активный рост корней. Цель работы – выявление различий гранулометрического состава почвы в разных типах сосновых лесов, сформировавшихся после пожаров давностью 80–87 лет.

Исследования проводили в центральной части Кольского полуострова в различных типах сосновых лесов в 2010–2012 гг. на постоянных пробных площадях. Изучены сообщества трех типов – сосновые лишайниковые редколесья (*Subpinetum cladinosum*), сосняки лишайниковые (*Pinetum cladinosum*) и сосняки зеленомошные (*Pinetum hylocomiosum*) [1].

Типологическую принадлежность сообществ определяли по соотношению покрытий зеленых мхов и лишайников в мохово-лишайниковом ярусе. К лишайниковому типу были отнесены сообщества с долей участия лишайников в напочвенном покрове более 70 %, к зеленомошному – сообщества с долей участия зеленых мхов в напочвенном покрове более 70 %. Среди лишайниковых сосновых сообществ выделены редколесья как особый тип с наиболее низкой суммой площадей сечений древесного яруса ($<10 \text{ м}^2/\text{га}$).

Сосновые леса и редколесья района исследований расположены на вершинах и склонах холмов, ровных участках и речных террасах, сложенных песчаными, завалуненными ледниковыми и водноледниковыми отложениями в среднем течении р. Лива. Древесный ярус сообществ состоит из *Pinus sylvestris* с участием *Betula pubescens* Ehrh. Эти средневозрастные северотаежные древостои сосны сильно варьируют по плотности (300–3000 экз./га) и сомкнутости крон (0,1–0,8); сумма площадей сечений в сосновых лишайниковых редколесьях – $8 \pm 1 \text{ м}^2/\text{га}$, в сосняках лишайниковых –

ГЕНЕЗИС И КЛАССИФИКАЦИЯ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

15 ± 1 м²/га, в сосняках зеленомошных – 27 ± 2 м²/га. Общее покрытие травяно-кустарничкового яруса в лишайниковых сообществах в среднем 12 %, в зеленомошных – 20 %. Доминируют *Vaccinium vitis-idaea*, *V. myrtillos*, *Calluna vulgaris*. В напочвенном покрове лишайниковых редколесий высокая доля участия (до 70 %) *Cladina stellaris*. В лишайниковых лесах содоминируют *Cladina stellaris*, *C. rangiferina* и *C. mitis*. В сосняках зеленомошных доминирует *Pleurozium schreberi*. Общее проективное покрытие мохово-лишайникового яруса в лишайниковых редколесьях – 88 %, в лишайниковых лесах – 85 %, в зеленомошных – 83 %. Средняя толщина подстилки в лишайниковых редколесьях и лесах с давностью пожара 80–87 лет равна соответственно 1,5 см и 3,0 см, в зеленомошных – 6,2 см.

Под сосновыми лесами и редколесьями формируются иллювиально-железистые подзолы, один из подтипов альфегумусовых подзолистых почв с профилем О – Е – ВНF (BF, ВН) – С.

В каждом типе леса закладывали по два разреза и отбирали образцы по генетическим горизонтам. Изучали гранулометрический состав образцов мелкозема почв подзолистых иллювиально-железистых почв, (частиц <1 мм) по методу Качинского.

Для выявления различий почв в разных типологических группах сосновых лесов сравнивали гранулометрический состав почв средневозрастных сосняков одной стадии послепожарного восстановления. Сопоставляли их основные горизонты – Е, ВF (ВФН) и С.

Почвы разных типов сосновых лесов имеют преимущественно рыхло-песчаный и связно-песчаный гранулометрический состав. В мелкоземе почв резко преобладают песчаные фракции размером 1–0,05 мм. Сумма всех песчаных фракций в почвах лишайниковых редколесий – 94,2–98,6 %, сосняков лишайниковых – 91,0–96,9 %, в сосняков зеленомошных – 80,9–87,6 %. В минеральной массе почв сосновых редколесий и сосняков лишайниковых резко преобладает фракция крупного песка 1–0,5 мм. В сосновых редколесьях содержание крупного песка в среднем 51,7–66,9 %, в почвах лишайниковых сосняков его меньше,

39,8–53,3 %, и замыкают ряд почвы сосняков зеленомошных – 23,0–24,3 %. Содержание среднего песка 0,5–0,25 мм более постоянное в разных типах сосняков и изменяется мало. В лишайниковых редколесьях средний песок – 23,8–38,9 %, в лишайниковых сосняках – 27,8–35,5 %, в зеленомошных сосняках – 31,5–37,2 %. В почвах разных типов сосняков фракция мелкого песка сильнее изменяется. Содержание суммы крупного и среднего песка 1–0,25 мм снижается от почв лишайниковых редколесий, от 83,9–90,8 %, до 75,3–88,7 % в сосняках лишайниковых. С глубиной сумма фракций крупного и среднего песка в почвах сосняков лишайниковых возрастает. Ее меньше в сосняках зеленомошных, – 55,2–60,7 %.

Распределение по профилю почв фракции ила, как и физической глины, в разных типах сосняков – аккумулятивного характера. Количество ила в разных типах сосняков – низкое, в почвах сосновых редколесий в среднем – 0,72–0,79 %, сосняков лишайниковых – 0,42–0,49 %, и ее больше в почвах сосняков зеленомошных – 1,21–1,44 %. В почвообразующем горизонте возрастает доля ила относительно физической глины. В разных типах сосняков также обнаружен аккумулятивный характер распределения по профилю крупной пыли 0,05–0,01 мм с накоплением в верхнем подзолистом горизонте. В почвах сосняков зеленомошных фракция крупной пыли возрастает до 8,5–13,9 %, в других типах ее меньше, в лишайниковых редколесьях – 0,41–3,72 %, в сосняках лишайниковых – 2,11–6,79 %.

Водно-физические свойства почв связаны не только с мелкоземом, но и с содержанием грубообломочного материала в скелетной части почвы, запасы влаги обычно выше в менее каменистых почвах за счет большей доли мелкозема. Запасы влаги в среднекаменистых и сильнокаменистых горизонтах почв сосняков, очевидно, невысокие. Слабокаменистый только подзолистый горизонт, в котором наиболее разрушена минеральная массы почвы.

Установлено, что различные типы сосновых лесов одной стадии послепожарного возобновления распространены на пес-

ГЕНЕЗИС И КЛАССИФИКАЦИЯ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

ках рыхлых и песках связных, только в зеленомошном типе есть связно-песчаный состав. Почвы разных типов сосновых лесов и редколесий отличаются содержанием не только основных песчаных, но и мелкодисперсных фракций. Рыхло-песчаные и связно-песчаные почвы определяют следующие свойства местообитаний сосняков: промывной водный режим, низкую водоудерживающую способность, низкую аккумуляцию гумуса и элементов питания. Фракции песчаных частиц характеризуются свойствами высокой фильтрации и очень низкой водо-подъемной способности. В сосняках зеленомошных, водно-физические свойства почв более благоприятные, в их почвах гораздо меньше фракций песка $>0,25$ мм, 55,2–60,7 %, что согласуется с активным развитием более влаголюбивых мхов в напочвенном покрове. В почвах сосняков зеленомошных также больше мелкодисперсных фракций: крупной пыли, 8,5–13,9 %, и ила – 1,2–1,4 %. В них условия питания напочвенного покрова и подроста сосны более благоприятные, и потенциально больше запас элементов питания растений. Выявлены отличия состава почвообразующего горизонта сосняков зеленомошных и сосняков лишайниковых и редколесий. В верхних горизонтах в разных типах сосняков сохраняется соотношение фракций почвообразующего горизонта. Основные фракции почв в редколесьях и сосняках лишайниковых – крупный и средний песок, в зеленомошных – средний и мелкий песок. В почвах редколесий и сосняков лишайниковых преобладают крупные песчаные частицы, и может снижаться высота капиллярного поднятия воды от уровня почвенно-грунтовых вод.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ставрова Н.И., Горшков В.В., Баккал И.Ю., Катаева М.Н. Типологическое разнообразие сосновых лесов и его связь с гранулометрическим составом почв в условиях северной тайги // Проблемы сохранения биологического разнообразия и использования биологических ресурсов. Ч. 1. Минск, Конфидо. 2015. С. 196–200.

**ПРОБЛЕМЫ ДИАГНОСТИКИ И КЛАССИФИКАЦИИ
ПОЧВ ЛЕСНЫХ ЛАНДШАФТОВ ЮЖНОГО
ПРЕДБАЙКАЛЬЯ**

Козлова А.А.

*ФГБОУ ВО Иркутский государственный университет,
allak2008@mail.ru*

Разнообразие форм рельефа, горных пород, климата и растительности предопределили разнообразие почв региона и благоприятствовали появлению в почвенном покрове и почвах своеобразных черт. Поскольку основная часть исследуемого региона покрыта бореальной растительностью, то почвы лесных ландшафтов имеют в регионе чрезвычайно широкое распространение. В почвенном покрове присутствуют дерново-подзолистые, дерново-карбонатные, дерновые лесные, серые лесные почвы, существенные отличающиеся по свойствам от своих европейских аналогов. Так, основными особенностями дерново-подзолистых почв региона являются относительно высокая степень аккумуляции перегноя и оснований в верхней части профиля, слабокислая реакция, насыщенность почвенно-поглощающего комплекса обменными основаниями. При этом, приведенные выше показатели существенно не отражаются на морфологии почв, вследствие чего они могут иметь те же критерии в системе иерархии таксономических единиц Классификации и диагностики почв России [2], что и обычные дерново-подзолистые почвы [1].

Дерновые лесные почвы, наряду с дерново-подзолистыми, являются обязательным компонентом почвенного покрова травяных кустарниковых лесов [4]. Это почвы южной лесостепной части Предбайкалья, как правило, имеют гуматно-фульватный или фульватно-гуматный тип гумуса, высокую степень насыщенности основаниями, преимущественно слабокислую рН. С позиции Классификации и диагностики почв России [2] дерновые лесные почвы региона могут быть сопоставимы с типом буроземов отдела структурно-метаморфических почв. Однако, в отличие от буроземов Европейской части

ГЕНЕЗИС И КЛАССИФИКАЦИЯ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

страны в их профиле наблюдается элювиально-иллювиальная дифференциация в морфологии и свойствах, причиной которой является литогенная неоднородность, разновозрастность горизонтов.

Дерново-карбонатные почвы – это своеобразный местный тип почв, формирование которого обусловлено физико-географическими особенностями, в частности составом и свойствами карбонатных почвообразующих пород [4]. Для региональных дерново-карбонатных почв характерно большое разнообразие и различие по степени гумусированности, мощности гумусового горизонта и профиля, разной выщелоченности от карбонатов. Между сибирскими и европейскими дерново-карбонатными почвами, также существуют значительные провинциальные отличия, главным из которых является различный возраст почвообразующих пород. Так, в Европейской части почвообразующими породами дерново-карбонатных почв являются известняки, мергели, карбонатные морены, суглинки, глины послеледникового возраста. На территории Южного Предбайкалья они развиваются на нижнекембрийских сероцветных или верхнекембрийских красноцветных карбонатных осадочных отложениях.

Отсутствие дерново-карбонатных почв в Классификации и диагностики почв СССР [3] привело к значительным сложностям в корреляции почв этого типа с национальной классификацией, тем более что региональные дерново-карбонатные почвы не всегда соответствуют центральному образу типа, охарактеризованному в Классификации и диагностики почв России [2]. Выщелоченные дерново-карбонатные почвы, имеющие широкое распространение среди данных почв региона могут быть отнесены к отделу структурно-метаморфических почв, типам буроземы и буроземы темные. Оподзоленные дерново-карбонатные почвы могут соответствовать серым, иногда темно-серым почвам отдела текстурно-дифференцированных почв, а также оподзоленным буроземам и оподзоленным буроземам темным отдел структурно-метаморфических почв. Типичные дерново-карбонатные почвы, имеющие слабо развитые срединные горизонты, можно отнести к отделам органо-аккумулятивных почв и литоземов [1].

Тип серых лесных почв широко развит в хвойно-лиственной подзоне тайги Южного Предбайкалья. Растительность в местах распространения этих почв представлена сосновыми, лиственнично-сосновыми и мелколиственными травяными лесами, в отличие от европейской части, где они развиваются под широколиственными лесами.

В региональном систематическом списке серым лесным почвам были в основном приданы те же характеристики, что и в Классификации и диагностики почв СССР [2] (за исключением неоподзоленных), что облегчило корреляцию номенклатуры и таксономии рассматриваемых почв. Изменения коснулись отнесения части серых лесных почв к отделу структурно-метаморфических, в профиле которых присутствует срединный горизонт ВМ, что позволяет отнести их к отделу структурно-метаморфических. Для них характерно отсутствие или слабая выраженность текстурной дифференциации профиля, тип гумуса, как правило, фульватно-гуматный. Такие почвы имеют широкое распространение в южной тайге и лесостепи региона.

Среди типов этого отдела к которым они еще могут быть отнесены являются буроземы и буроземы темные, которые ранее в региональном систематическом списке почв не отмечались, так как считалось, что они формируются в более теплых регионах, а в холодном климате образуются в основном только бурые грубогумусные почвы [1]. Однако некоторые почвы, ранее относимые к серым лесным неоподзоленным, могут трактоваться как буроземы, поскольку обладают теми же характеристиками диагностических горизонтов и тем же характером строения профиля. Так, в окраске их гумусовых горизонтов отчетливо выражены буроватые тона, горизонт ВМ имеет насыщенный коричнево-бурый цвет, за счет прокраски глинистого вещества несиликатными формами железа, гранулометрический состав гумусового и срединного горизонта тяжелее грансостава горизонта С, в окраске которого ослаблены бурые, а усилены желтые тона.

Помимо буроземов к неоподзоленным серым лесным почвам, вероятно, можно отнести и органо-аккумулятивные почвы [1]. Их гумусовые горизонты сходны с таковыми для серых лесных почв,

ГЕНЕЗИС И КЛАССИФИКАЦИЯ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

а срединные горизонты выражены очень слабо. Почвы, где вместо горизонта В присутствует педогенно-измененная порода, относятся к отделу органо-аккумулятивных и делятся на типы в зависимости от верхнего горизонта: серогумусовые или темногумусовые.

В целом, слабая оподзоленность, невысокая кислотность, обогащенность гумусом и обменными основаниями верхних горизонтов почв региона отражает влияние современных процессов почвообразования и растительности. Криогенная метаморфизация почв способствует снижению растворимости многих элементов, что ведет к обогащению почв легко- и труднорастворимыми соединениями и уменьшению химического стока, что является причиной низкой кислотности исследуемых почв.

Для всех исследуемых почв характерен длительно сезоннопромерзающий тип теплового режима и периодически промывной тип водного режима, в связи с неравномерностью выпадения осадков, как по годам, так и в течение года, подтип – криогенный, формируемый за счет недостаточного увлажнения при наличии поздно оттаивающей сезонной мерзлоты. Условия для сквозного промачивания и вымывания легкорастворимых солей за пределы почвенного профиля появляются непродолжительное время только в конце августа и в начале сентября, что определяет провинциальные особенности почв региона и отличает их от европейских аналогов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Воробьева Г.А.* Почва как летопись природных событий Прибайкалья: проблемы эволюции и классификации почв. Иркутск: Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2010. 205 с.
2. *Классификация и диагностика почв России* / Авторы и составители Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева, М.И. Герасимова. Смоленск: Ойкумена, 2004. 324 с.
3. *Классификация и диагностика почв СССР* / Составители: В.В. Егоров, В.М. Фридланд, Е.Н. Иванова, Н.П. Розов, В.А. Носин, Т.А. Фриев. М.: Колос, 1977. 223 с.
4. *Кузьмин В.А.* Почвы Предбайкальского участка зоны БАМ // Почвенно-географические и ландшафтно-геохимические исследования в зоне БАМ. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1980. С. 11–98.

К ВОПРОСУ О ГЛУБОКИХ ТОРФЯНЫХ ЗАЛЕЖАХ БОЛОТНЫХ ЛЕСОВ

Кутенков С.А., Стойкина Н.В.

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт биологии Карельского научного центра РАН, Петрозаводск,
effort@krc.karelia.ru*

Болотные леса – естественные экосистемы, обладающие древесным пологом, характерной болотной растительностью и развитым торфянистым или торфяным горизонтом почвы [1]. Особый интерес исследования вызывают участки болотных лесов, развивающиеся естественным путем и имеющие глубокие (5 и более метров) залежи торфа.

В период с 2009–2016 г. нами обследован ряд лесо-болотных массивов на Европейском севере России (Карелия, Архангельская обл., Вологодская обл.), имеющих подобные глубокие отложения. Заложено несколько полноценных продольных профилей болотных массивов, охватывающих все основные экологические градиенты – от заболачивания минерального берега, до перехода сообществ в открытую и олиготрофную стадию развития (при его наличии). На каждом профиле проводилась зондировка залежи, и закладывался ряд торфяных скважин с послонным отбором образцов при помощи торфяного бура. В лабораторных условиях проведено определение ботанического состава макроостатков и степени разложения торфа. В результате получена серия стратиграфических профилей массивов болотных лесов. В отдельных случаях проведено датирование по С14 реперных образцов торфа.

Полевые работы сопровождались геоботаническим описанием растительности, что позволило выделить участки различных типов леса. Таким образом, получены как современные, так и ретроспективные срезы массивов болотных лесов. Профили дают наглядное представление о развитии лесоболотных массивов, растительных сукцессиях на отдельных их участках, движение границ сообществ в прошлом и в настоящий момент, последовательность их смен.

ГЕНЕЗИС И КЛАССИФИКАЦИЯ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

В ходе работ выявлено, что глубокие залежи под болотными лесами в центральных частях котловин неоднородны по составу и имеют значительные слои торфа низинного топяного типа (осокового, гипнового, осоково- и шейхцериево-гипнового, травяно-сфагнового и т.п.), в некоторых случаях наблюдается неоднократное чередование лесных и топяных торфов. Таким образом, получены свидетельства того, что болотные леса могут развиваться естественным путем на ранее открытых участках болот и данное явление обычно для исследованной территории.

Также выявлено, что в условиях карбонатных пород евтрофная стадия развития может сохраняться неопределенно долго, что связано с постоянным поступлением минеральных веществ как путем поверхностного стока, так и с выклинивающими грунтовыми водами. Распределяясь по болоту на сотни метров от берега, обогащенные воды поддерживают существование низинных облесенных сообществ на глубоких торфяных залежах.

Получены датировки торфа из залежей болотных лесов, позволяющие рассчитать скорости прироста торфа в различных типах болотных лесов. Так, для ельников таволговых характерна самая низкая скорость торфонакопления ($< 0,1-0,2$ мм/год). В сосняках болотно-травяных грунтового ряда питания прирост торфа выше чем в ельниках ($0,4-0,7$ мм/год), но ниже чем на открытых болотах того же трофического статуса.

Выявлено, что заболачивание котловин с пологими склонами по низинному типу происходило не путем наступления торфяника из центральной, наиболее глубокой части на окружающие территории в результате вертикального нарастания залежи, а путем заболачивания склонов. Возраст базального слоя торфа из болотных лесов у края массивов значительно превышает возраст торфа, залегающего на той же глубине в их центральных частях. Возраст некоторых ельников таволговых на неглубоких залежах по окраинам болот составляет несколько тысяч лет.

Авторы признательны Е.Ю. Чураковой (ФИЦ КИА), В.Н. Мамонтову (НП «Водлозерский»), И.Б. Кучерову (БИН РАН),

В.Л. Миронову (ИБ КарНЦ РАН) за оказанную помощь при проведении полевых работ.

Работа выполнена в рамках госзадания ИБ КарНЦ РАН (тема № 0221-2014-0035) и при финансовой поддержке ПФИ Президиума РАН «Живая природа: современное состояние и проблемы развития» и РФФИ (грант № 12-04-31024).

ЛИТЕРАТУРА

Пьявченко Н.И. 1963. Лесное болотоведение. М.: Наука. 192 с.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ КЛАССИФИКАЦИИ ФОРМ ГУМУСА

Надпорожская М.А.¹, Чертов О.Г.²

¹ Санкт-Петербургский государственный университет,
Санкт-Петербург, Россия, m.nadporozhskaya@spbu.ru;

² Бингенский политехнический университет, Бинген, Германия;
chertov@fh-bingen.de

Одна из задач современного почвоведения – обобщение результатов векового опыта изучения почв, унификация методик исследования, терминов и классификаций. В России используются две национальные генетические классификации почв и их корреляции с World Reference Base, Soil Taxonomy и др. Генетические классификации почв построены на анализе результатов долгосрочных процессов преобразования минерального профиля. Основные прикладные задачи этих классификаций – инвентаризация почвенного фонда, учет запасов органического вещества и лесоустройство. С появлением экологических вызовов нового времени возникает необходимость оценки краткосрочных процессов для контроля антропогенной трансформации экосистем. К тому же критерии управления биосферой смещаются от повышения продуктивности к сохранению параметров оптимального функционирования экосистем. Почвенным критерием устойчивости природопользования считается сохранение запасов и качества органического вещества. Поэтому

ГЕНЕЗИС И КЛАССИФИКАЦИЯ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

нужны ясные классификационные, морфологические и аналитические оценки запасов и качества органического вещества почв (ОрВП) с учетом его динамической природы. Именно эти характеристики и являются ключевыми в экологических (эдафических) почвенных классификациях – классификациях форм гумуса. Классификация форм гумуса лесных почв для морфологически различных стадий разложения и гумификации ОрВП появилась в конце XIX века во времена формирования основ генетического почвоведения. В XX веке в развитии классификации форм гумуса принимала участие когорта выдающихся почвоведов и лесоводов разных стран, это направление и сейчас активно развивается. Разрабатывается объединенная классификация форм гумуса (*Humus form*) для Западной Европы [8] с предложением включить ее в *World Reference Base for Soil Resources (WRB-FAO)*. В России [5] большой вклад внесли И.В. Тюрин и В.В. Пономарева, расширив понятие формы гумуса до «типа гумусового профиля» с включением всех горизонтов почвы. Эта же концепция была включена в учебник почвоведения А.А. Роде, получила развитие в работе Н.Л. Благовидова и Г.Л. Буркова, составивших дихотомический определитель для полевой диагностики форм гумуса почв таежной зоны. Их таксономия была дополнена и использована при картировании лесных почв и местообитаний на Северо-Западе Российской Федерации [5], в лесоустройстве и в работах по лесной типологии [4, 5]. Концепция форм гумуса послужила теоретическим фундаментом при создании модели динамики ОрВП ROMUL. Этим был осуществлен переход от этапа качественной классификации к этапу количественной оценки роли биоты в процессах минерализации и гумификации в почвах. Модель ROMUL позволила делать количественные прогнозы динамики ОрВП в почвах различных природных зон, она вошла в состав модели лесных экосистем EFIMOD, используемую для решения экологических задач [2]. Анализ экспериментальных данных позволил, используя платформу модели ROMUL, компилировать модель *Romul_Hum* с модулями гумификации органического вещества почвенной мезо- и микрофауной и дождевыми червями [7]. Существующие классификации форм гумуса удовлетворитель-

но отражают основные типы трансформации ОрВП и морфологию аккумулятивных горизонтов для своих регионов. Однако все еще остается значительное количество задач, требующих решения. Прежде всего, это расширение этих классификаций за счет выявления климатических и эдафических разновидностей трех основных форм гумуса в недостаточно изученных природных условиях: арктической, аридной и тропической зонах. К этой же задаче относится изучение, диагностика и таксономия форм гумуса антропогенно трансформированных почв с выделением агро-, пирогенно-, техногенно- и рекреационно- модифицированных форм гумуса. В перспективе это должно привести к формированию единой классификационной системы форм гумуса с гармонизацией региональных подходов. Следующей задачей является необходимость дополнения морфологической диагностики более полными физико-химическими, биологическими и экологическими (растительные сообщества, продуктивность) характеристиками в совокупности с количественными параметрами почвенных процессов в аккумулятивных горизонтах, и кроме того, с учетом влияния свойств минеральных горизонтов всего почвенного профиля. Эта работа пока предпринималась только на Северо-Западе Российской Федерации [5]. Остаются недостаточно изученными вопросы о влиянии литогенного фактора на формирование форм гумуса. Первые шаги в этом направлении сделаны в европейской классификации форм гумуса, где выделен специфический грубый гумус горных почв на плотных карбонатных породах под хвойными лесами “тангель” (Tangel). Ранее поднимался вопрос о выделении подзолов на кварцевых песках в особую категорию [1], но он не был решен на базе только генетической классификации почв. Поэтому продолжается сравнительное изучение специфической формы грубого гумуса подзолов на кварцевых песках для подтверждения их биохимической и таксономической уникальности [3]. Принципиальной стратегической целью будущих работ должна быть интеграция концепции и систематики форм гумуса в базовые почвенные классификации. В настоящее время предприняты только первые шаги в этом направлении: как “под-ранг” в русской классификации [5]. Важной задачей является

ГЕНЕЗИС И КЛАССИФИКАЦИЯ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

также сопряженное развитие отечественной и общеевропейской концепции и классификаций форм гумуса – первые шаги уже приняты [6]. Использование и развитие теории и терминологии форм гумуса увеличивает экологическую информативность почвенных данных, это необходимо для достижения понимания и поддержания общего языка в почвоведении на международном уровне.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Забоева И.В.* Почвы и земельные ресурсы Коми АССР. Сыктывкар: Коми книжное издательство, 1975. 344 с.
2. *Комаров А.С., Чертов О.Г., Надпорожская М.А., Быховец С.С., Грабарник П.Я., Зудин С.Л., Андриенко Г., Андриенко Н., Припутина И.В., Зубкова Е.В., Морен Ф., Бхатти Дж., Михайлов А.В.* Моделирование динамики органического вещества в лесных экосистемах. Москва. Наука. 2007. 380 с.
3. *Надпорожская М.А., Шаяхметова А.Ф., Якконен К.Л., Рюмин А.Г., Пигарева Т.А.* Литогенный фактор и трансформация органического вещества в почвах сосновых лесов: специфика влияния кварцевых песков // Почвоведение – продовольственной и экологической безопасности страны: тезисы докладов VII съезда Общ. почвоведов им. В.В. Докучаева ... (Белгород, 15–22 августа 2016 г.). Часть I. М.-Белгород: Белгород, 2016. С. 422–423.
4. *Федорчук В.Н., Нешатаев В.Ю., Кузнецова М.Л.* Лесные экосистемы северо-западных районов России: Типология, динамика, хозяйственные особенности. СПб.: СПбНИИЛХ, 2005. 382 с.
5. *Чертов О.Г.* Экология лесных земель. Л.: Наука, 1981. 192 с.
6. *Chertov O., Nadprozhskaya M.* Development and application of Humus form concept for soil classification, mapping and dynamic modelling in Russia // *Applied Soil Ecology*. 2017. Article in press. DOI 10.1016/j.apsoil.2017.04.006
7. *Komarov A., Chertov O., Bykhovets S., Shaw C., Nadporoyhskaya M., Frolov P., Shashkov M., Shanin V., Grabarnik P., Kalinina O., Priputina I., Zubkova E.* Romul_Hum model of soil organic matter formation coupled with soil biota activity. I. Problem formulation, model description, and testing // *Ecological Modelling*. 2017. V. 345. P. 113–124.
8. *Zanella, A., Jabiol, B., Ponge, J.F., Sartori, G., De Waal, R., Van Delft, B., Graefe, U., Cools, N., Katzensteiner, K., Hager, H., Englisch, M.* European morpho-functional classification of humus forms // *Geoderma*. 2011. V. 164. P. 138–145.

**ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ ПРОФИЛЯ ПЕСЧАНЫХ
АЛЬФЕГУМУСОВЫХ ПОЧВ**

Попов А.И., Русаков А.В., Яковлев А.О.
СПбГУ, Санкт-Петербург, paihumic@gmail.com

Песчаные и супесчаные отложения широко представлены в Северо-Западном регионе Российской Федерации и занимают около 35 % его площади [3]. Известно [1,2,4], что на песках в аналогичных условиях могут встречаться почвы, как с элювиальным горизонтом, так и без видимых признаков оподзоливания. Причины этого явления, как правило, не объясняются. Нами была выдвинута концепция, согласно которой на формирование профиля альфегумусовых почв влияют: сквозное промачивание и промачивание с подтягиванием; наличие дренажных зон (зон распространения всасывающих влагу корней и склоновой позиции); наличие защитного покрова на поверхности почв (наличие подстилки). Ранее [5] была сделана попытка с помощью лабораторного имитационного моделирования объяснить условия образования иллювиального горизонта направленностью потоков почвенной влаги.

Цель данной публикации – продемонстрировать с помощью лабораторного моделирования условия дифференциации профиля песчаных почв в гумидной климатической зоне.

Для моделирования были выбраны два типа песка, различающиеся по минералогическому составу: мономинеральный и олигомиктовый. Мономинеральный песок – рыхлый мелкозернистый кварцевый песок морских отложений саблинской свиты с хорошей окатанностью зёрен. Олигомиктовый песок – кварцево-полевошпатовый песок также с хорошей окатанностью зёрен. Опытный раствор представлял собой 0,1 % водный раствор цитрата железа закисного – $\text{Fe}_3(\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7)_2$. В качестве модельной подстилки был использован мох сфагнум (*Sphagnum* sp. L.). Модельная подстилка – фактор, который влиял на альфегумусовый процесс, способствуя распределению в

ГЕНЕЗИС И КЛАССИФИКАЦИЯ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

песчаной толще раствора, содержащего железо. Песчаная порода помещалась в поливинилхлоридные трубы ($h = 40$ см, $d = 5$ см). В половине труб на высоте 24 см были проделаны 6 отверстий, равноудаленных друг от друга, служащих в дальнейшем имитаторами дренажной зоны. В остальных трубах отверстий не было. На поверхности части труб с песчаной смесью помещалась торфяная подстилка ($h = 4$ см). Дно всех труб закрывалось тканью из полиамида с подложенным бумажным фильтром между тканью и трубой в целях предотвращения потерь песка из опытных колонок. В подготовленные трубы помещался песок.

В одних колонках песчаная толща насквозь промачивалась модельным раствором, а во вторых – сквозное промачивание сочеталось с капиллярным подтягиванием. Эксперимент длился 6 месяцев. По окончании эксперимента трубы разрезались. Проводилось морфологическое описание песчаной толщи. Отбор образцов осуществлялся с учётом морфологического описания. В отобранных образцах общепринятыми методами определялись: аморфное железо по Тамму, величина рН, гранулометрический состав.

По окончании эксперимента все опытные колонки были разбиты на 4 группы в соответствии с наличием или отсутствием нескольких факторов воздействия на минеральную толщу (модельная подстилка и дренажные зоны). Эти группы включили в себя 4 варианта модельных колонок, различающихся минералогическим составом песков и способом промачивания минеральной толщи: 1) колонки без подстилки и без дренажных зон; 2) колонки с подстилкой и без дренажных зон; 3) колонки с дренажными зонами и без подстилки; 4) колонки с подстилкой и с дренажными зонами.

В группе колонок без подстилки и без дренажных зон в случае опытной колонки с кварцевым песком при нисходящем потоке опытного раствора было отмечено самое низкое содержание подвижных соединений аморфного железа по сравнению с остальными колонками группы. Дифференциация в распределение железа по минеральной толще (исключая корку) не наблюдалась. В модельной колонке с кварцевым песком при нисходяще-восходящем

потоке раствора происходило накопление железа в нижней части минеральной толщи, постепенно снижающееся к верхней части и не существенно возросло, приближаясь к ожелезнённой корке.

Распределение железа в колонках с кварцево-полевошпатовым песком происходило аналогично с кварцевым песком, как в случае с нисходящим потоком опытного раствора, так и в случае с нисходяще-восходящим потоком.

В группе колонок без подстилки и без дренажных зон на распределение аморфных форм железа существенно влиял способ промачивания опытным раствором толщи модельных колонок. Минералогический состав песка не оказывал существенного влияния на перераспределение подвижного железа по минеральной толще. Во всех вариантах наблюдалась общая закономерность – образование железистой корки с поверхности. Как в кварцевом, так и в кварцево-полевошпатовом песке при нисходящем потоке раствора было определено более низкое содержание аморфных форм железа во всей минеральной толще, чем при нисходяще-восходящем потоке, где происходила его аккумуляция за счёт капиллярного подтягивания и дальнейшего осаждения.

В группе колонок с подстилкой и без дренажных зон в случае опытной колонки с кварцевым песком при нисходящем потоке опытного раствора дифференциация распределения железа в минеральной толще не наблюдалась. В модельной колонке с кварцевым песком при нисходяще-восходящем потоке раствора дифференциация распределения аморфного железа в минеральной толще была выражена слабо. Наблюдалось незначительное накопление соединений железа в верхней части профиля с дальнейшим снижением до срединной части, а затем небольшое накопление и снижение к основанию опытной колонки.

В кварцево-полевошпатовом песке распределение железа в минеральной толще было сильно дифференцировано и носило элювиально-иллювиальный характер, как в случае с нисходящим потоком влаги, так и в случае с нисходяще-восходящим потоком. При сравнении содержания аморфных форм железа в исходном песке с модельной толщиной, произошло вымывание железа из верхних слоёв

ГЕНЕЗИС И КЛАССИФИКАЦИЯ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

этих колонок, что позволяет говорить о процессе элювиирования. При нисходящем потоке опытного раствора в кварцево-полевошпатовом песке произошло меньшее накопление железа по сравнению с колонкой, в которой моделировался нисходяще-восходящий поток.

Таким образом, с помощью лабораторного имитационного моделирования подтверждена возможность образования подзолов на мономинеральных песчаных породах в полугидроморфных условиях. Аккумуляция аморфных форм железа была выражена сильнее в модельных колонках с кварцево-полевошпатовым песком по сравнению с колонками, наполненными кварцевым песком. Наличие подстилки способствовало усилению элювиально-иллювиальной дифференциации железа в опытных колонках. В случае отсутствия подстилки в колонках, заполненных обоими типами песка, происходило образование ожелезненной корки на поверхности минеральной толщи. Направленность движения влаги в модельных колонках оказала значительное влияние на перераспределение аморфного железа в песчаной толще модельных колонок. Так, в обеих песчаных средах в случае нисходяще-восходящего потока раствора накопление аморфных соединений железа было большим, чем в вариантах с нисходящим потоком. Наличие дренажных зон не повлияло на дифференциацию профиля.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Гаель А.Г., Смирнова Л.Ф.* Пески и песчаные почвы. М.: ГЕОС, 1999. 252 с.
2. *Зайдельман Ф.Р.* Теория образования светлых кислых элювиальных горизонтов почв и ее прикладные аспекты. М.: Красанд, 2010. 248 с.
3. *Киселев И.И., Проскуряков В.В., Саванин В.В.* Геология и полезные ископаемые Ленинградской области. СПб.: Издание Петерб. комплексной геол. экспедиции, 1997, 196 с.
4. *Рожнова Т.А.* Почвенный покров Карельского перешейка. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 184 с.
5. *Цыплёнков В.П., Попов А.И.* Моделирование условий образования иллювиальных горизонтов лесных почв // Моделирование почвообразовательных процессов гумидной зоны / Труды Биол. НИИ ЛГУ им. А.А. Жданова. Л., 1984. № 35. С. 68–85.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ ЛЕСНОГО
ПОЧВОВЕДЕНИЯ, 13–17 сентября 2017

ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЧВЕННОГО ОТРЯДА КАРЕЛО-МУРМАНСКОЙ ЭКСПЕДИЦИИ

Собисевич А.В.

*Институт истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН,
Москва sobisevich@mail.ru*

Карело-Мурманская экспедиция, проводимая под руководством академика Александра Евгеньевича Ферсмана (1883–1945), стала развитием многолетних работ Академии наук СССР в Карелии и на Кольском полуострове. В составе экспедиции работали 17 отрядов, а в их работу было вовлечено 83 научных работников различных специальностей. Почвенному отряду экспедиции, под руководством Евгении Николаевны Ивановой (1889–1973), предстояло провести в 1935 г. исследования почв на территории Средней Карелии.



Е.Н. Иванова (в центре) с почвоведом О.А. Полинцевой
и В.Г. Зольниковым, Кольская база АН СССР, 1950 г.
(АРАН Ф. 1672, Оп. 1, Д. 133)

ГЕНЕЗИС И КЛАССИФИКАЦИЯ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

Личность Е.Н. Ивановой занимает особое место в истории почвоведения. Она была представителем второго поколения «докучевской школы», а ее учителями выступили такие известные почвоведы как Сергей Семенович Неустроев (1874–1925) и Константин Каэтанович Гедройц (1872–1932) [5]. С 1930 г. Е.Н. Иванова вместе с Иннокентием Петровичем Герасимовым (1905–1985), ставшим впоследствии академиком АН СССР по специальности почвоведение, руководила почвенными отрядами Соляной экспедиции АН СССР. В 1934 г. она стала начальником биологического отдела Кольской базы АН СССР, а затем долгое время работала там по совместительству в секторе почвоведения, сделав значимый вклад в изучение процесса тундрового глеевого почвообразования и роли мерзлотных процессов в формирование почв [5].

Приступая же в 1935 г. к руководству почвенным отрядом Карело-Мурманской экспедиции, Е.Н. Иванова была специалистом в области изучения преимущественно степных и пустынных почв. Руководимый ей почвенный отряд состоял из шести сотрудников: Б.Д. Зайцева (заместителя начальника отряда), Н.Д. Тупицына, Н.А. Копосова, М.Г. Осмоловской, М.М. Шушкевича и Лассалина (техника). Перед отрядом стояла задача провести исследование почв на территории Кондопожского, Пудожского, Сорокского и Медвежьегорского районов. Для этого было размещено три исследовательских стационара (в Петрозаводске, северней Медвежьегорска и в деревне Лахта), ставшие отправными пунктами для радиальных выездов при проведении почвенных исследований. Особое внимание было уделено территории между юго-восточным побережьем Белого моря и Беломоро-Балтийским каналом, где маршрутным партиям предстояло также составить почвенные карты [7]. Сложность задачи объяснялась тем, что ранее территория Средней Карелии не была охвачена почвенными исследованиями. Косвенно судить о существовании различных почвенных фаций могли участники экспедиции по изучению лесов, организованной Ботаническим институтом АН СССР, которые в 1928–1932 гг. проводили свои исследования на всей территории Карелии [6].

В ходе наблюдений участниками почвенного отряда отмечалось, что вдоль побережья Белого моря тянется полоса заболоченных лугов, имеющих признаки засоления. По мере удаления от моря луга сменялись обширными торфяниками. Сам приморский район был охарактеризован большим разнообразием поверхностных пород, на которых образуется почвы. Это определяло выраженную ярусность почв, когда на вершине холмов развивались железистые подзолы, по склонам – железисто-гумусовые почвы, а в нижней части получали развитие болотные (гумусо-иллювиальные) и подзолистые почвы [7].

В результате исследований участниками почвенного отряда были составлены карты ранее не изученных почвенных районов (в масштабе 1:500 000). В Кондопожском районе исследователи обнаружили распространение темноцветных почв на углистых сланцах, а в Пудожском и Сорокском районах массивы глинистых почв, развитых на коричневых глинах. Был сделан также вывод о сельскохозяйственной ценности для земледелия почв, находящихся на высоких террасах рек, а порой и по берегам отдельных ручьев. Участниками экспедиции благодаря проведению химических анализов почвенно-грунтовых и поверхностных вод удалось исследовать процесс болотного почвообразования [7].

Результаты исследований почвенного отряда стали частью исследований Е.Н. Ивановой по систематизации почв Европейского Севера [3]. В научной литературе содержится очень мало сведений о работе почвенного отряда экспедиции, в настоящее время эта страница в истории лесного почвоведения стала почти забыта. Привлечение полевых дневников руководителя отряда, хранящихся в Научном архиве Российской академии наук, позволит ввести в научный оборот новые фактологические материалы [1].

Важность работ почвенного отряда Карело-Мурманской экспедиции заключается в том, что были заложены основы для дальнейшего изучения почв Карелии. Среди известных ученых, уделивших впоследствии внимание природе Карелии, был

ГЕНЕЗИС И КЛАССИФИКАЦИЯ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

почвовед-геохимик Всеволод Всеволодович Добровольский (1924–2010). В своих работах он писал об отличиях светлых почв, наиболее распространенных в Карелии, от более темных и плодородных почв Заонежья. В.В. Добровольский отмечал, что в августе 1974 г., когда в СССР проходил X-й Международный почвенный конгресс, зарубежным гостям в Кижях демонстрировали разрез темноцветной почвы, за которым в обывательской среде закрепилось название «олонецкого чернозема» [2]. Информация о распространенности темноцветных почв за пределами территории Заонежья как раз была получена почвенным отрядом Е.Н. Ивановой.

ЛИТЕРАТУРА

1. АРАН Ф. 1672, Оп. 1, Д. 40 «Полевые дневники Карельской почвенной экспедиции (1935, 1936 г.)»
2. *Добровольский В.В.* Летом день не кончается. М., 1978. 125 с.
3. *Иванова Е.Н.* Систематика почв северной части Европейской территории СССР // Почвоведение. 1956. № 1. С. 70–88.
4. *Лаптева Е.М., Шамрикова Е.В.* Развитие идей Е.Н. Ивановой о генезисе почв Республики Коми // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. 2014. Вып. 74. С. 12–23.
5. *Караваева Н.А.* Жизненный и творческий путь Евгении Николаевны Ивановой // Почвоведение. № 1. 1990. С. 6–12.
6. *Собисевич А.В.* Биогеографические исследования на территории Карелии (вторая половина XIX – первая четверть XX вв.) // Институт истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова. Годичная научная конференция, 2016. М., 2016. С. 570–572.
7. *Шушкевич М.М., Копосов Н.А.* Почвы Средней Карелии // Экспедиции Академии наук СССР 1935 г. Сборник научно-популярных статей и очерков. М.-Л., 1937. С. 78–84.

**ПРОЦЕССЫ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ
И ТРАНСФОРМАЦИЯ МИНЕРАЛОВ В ПОЧВАХ
ХВОЙНЫХ ЛЕСОВ СЕВЕРА КАРЕЛЬСКОГО ПЕРЕШЕЙКА**

Фомина Е.В., Касаткина Г.А.

*Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург,
efen4ok@rambler.ru, kasatkina-galina@mail.ru*

В работе рассматривается уникальный комплекс хвойных лесов на Севере Карельского перешейка. Своеобразные условия почвообразования и тип почвообразующей породы определяют специфические свойства изучаемых подбуров. Минералогический состав в условиях лесных экосистем способствует регулированию химического состава атмосферы и гидросферы леса, так же принимает участие в протекании биосферных процессов, аккумуляции органического вещества и связанной с ней химической энергией лесных биогеоценозов [1]. Минералогия лесных почв тесно связана с минералогическим составом почвообразующих пород. Преобразование минералов и генезис почв зависят не только от условий почвообразования и состава минералов, но и от строения породы, и от соотношения и размера зерен в ней [3]. В результате процессов выветривания и почвообразования изменяется не только морфологический облик минералов, но и их химический состав, а также состав и соотношение минералов. На эти изменения в подбурях Карельского перешейка влияют такие процессы почвообразования как: кислотный гидролиз, гумусонакопление, феррисиаллитизация, иллювиально-гумусовое оподзоливание [2].

Работа выполнялась на кафедре почвоведения и экологии почв и в ресурсных центрах СПбГУ. При ее выполнении использовались общепринятые методы исследования почв, а также метод электронной микроскопии с микроанализатором, метод рентгенофазового анализа и метод оптической микроскопии.

Объектами исследования являются два разреза, заложенные в Приозерском и Выборгском районах Карельского перешейка, в одинаковых условиях почвообразования: на выложенных вер-

ГЕНЕЗИС И КЛАССИФИКАЦИЯ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

шинах селыг, под сосняками лишайниково-зеленомошными, на элювии гранитов. Различия заключаются в том, что материнской породой для разреза 1 служит трещиноватый гранит рапакиви, а для разреза 2 – монолитный микроклиновый гранит с признаками гнейсовидности. Оба разреза диагностированы как подбуры иллювиально-гумусовые. В нижней части профиля 2 на границе с гранитной плитой наблюдается слабый процесс оглеения.

На основании проведенных исследований минералогического состава лесных подбуров Карельского перешейка и почвообразующих пород можно выявить следующее:

1. Набор первичных минералов в почвах сходен с минеральным составом почвообразующих пород: кварц, полевой шпат, слюды, амфиболы, но появляются вторичные смешаннослойные минералы. При трансформации минералов выделяется вторичный новообразованный железистый минерал – гетит. При этом окристаллизованность гетита выше в разрезе, сформированном на граните рапакиви, что связано с трещиноватостью данной породы.

2. Смешаннослойные минералы образуются в результате выветривания слюд и амфиболов. Это подтверждается сходством их химического состава с химическим составом смешаннослойных минералов. Слюды в разрезе 1 более железистые, а слюды разреза 2 более магниальные, это коррелирует с данными валового химического состава этих почв. При выветривании амфиболов наблюдаются такие же закономерности.

3. Более интенсивный процесс выветривания и почвообразования наблюдается в разрезе 2, что связано с мелкозернистостью микроклиновых гранитов, в результате чего в верхних горизонтах этой почвы образуется больше смешаннослойных минералов, участвующих в протекании Al – Fe гумусового процесса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Березин Л. В., Карпачевский Л. О. Лесное почвоведение. Омск. 2009. С. 15–67.
2. Таргульян В. О. Элементарные почвообразовательные процессы // Почвоведение. 2005. №. 12. С. 1413–1422.

3. *Фомина Е.В., Касаткина Г.А., Терлеев В.В.* Влияние минералогического состава почвообразующей породы на формирование почв сельгового ландшафта карельского перешейка // Политехническая Неделя В Санкт-Петербурге. Секция «Природообустройство» (Санкт-Петербург, 14–20 ноября 2016 г.). 2016. С. 314–317.

ПОЧВЫ ЗЕМЕЛЬ ЛЕСНОГО НАЗНАЧЕНИЯ ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

Хлуденцов Ж.Г., Кононцева Е.В.
*ФГБОУ ВПО Алтайский государственный аграрный университет,
г. Барнаул, zhan.khludentsov@mail.ru*

В настоящее время, одна из основных проблем лесного почвоведения и лесоводства – изучение взаимосвязи между лесной растительностью и почвами в целях повышения плодородия лесных почв и продуктивности лесонасаждений. Породный состав леса, его производительность во многом зависят от почвенных условий [1,2]. В связи с этим, целью исследований стало изучение условий формирования, типов и свойств почв на территории Лебяжинского лесхоза.

По геоморфологическому районированию территория Лебяжинского лесхоза относится к центральной (степные колки) и юго-восточной (сосновые и боровые леса) частям Кулундинской низменности. Почвы окружающих степей по своему генетическому признаку относятся к темно-каштановым и светло-каштановым почвам ковыльной степи, частично к южным черноземам. На участках, примыкающих к бору, почвы степи постепенно переходят в дерново-подзолистые слабогумусированные песчаные почвы, пески. Они характеризуются слабодифференцированным почвенным профилем, небольшим содержанием органических веществ, сухостью и бесструктурностью, разной мощности, которая зависит от рельефа местности.

В зависимости от рельефа в боровой части лесхоза можно выделить следующие почвы. Скрытоподзолистые – очень сухие песчаные почвы, приурочены к вершинам высоких бугров и верхним частям их склонов. Задернение в них отсутствует, поэтому наблю-

ГЕНЕЗИС И КЛАССИФИКАЦИЯ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

дается периодическое перемещение песка и развешивание верхнего слоя, вынос водорастворимых органических и минеральных веществ. Почвы обеднены гумусом. Слабо- и среднеподзолистые песчано-слабозадернелые, сухие и свежие почвы, приуроченные к вершинам пологих невысоких дюн, их склонам и ровным приподнятым местам. Эти почвы, по сравнению со скрытоподзолистыми, имеют более выраженный гумусовый горизонт небольшой мощности. Хорошо заметны признаки оподзоленности с мощностью подзолистого горизонта до 15 см у слабоподзолистых почв и 15–25 см у среднеподзолистых почв. Данные почвы преобладают в лесхозе и занимают 88 % лесной площади.

Дерновые средне- и сильноподзолистые – песчаные, супесчаные почвы, занимают впадины и пониженные места среди дюнных всхолмлений на приозерных террасах и являются переходными к черноземам.

В пониженных частях рельефа в почвах накапливаются вымываемые с вершин и склонов бугров минеральные и органические вещества, поэтому дерново-подзолистые почвы богаты гумусом. В поверхностном дернинном слое содержание гумуса достигает 3–4 %. Гумусовый горизонт достаточно мощный, но с глубины 7–8 см содержание гумуса в нем резко снижается. Данные почвы в условиях лесхоза наиболее продуктивные, занимают 2,2 % лесной площади.

Подзолисто-глеевые песчаные влажные почвы занимают 0,8 % лесной площади лесхоза, формируются в глубоких западинах и приозерных котловинах с близким залеганием грунтовых вод. Почвы по гранулометрическому составу супесчаные, с небольшим плодородным слоем. Содержание гумуса в верхнем горизонте высокая (более 4,5 %).

В более глубоких западинах, в условиях постоянного подпора, или выхода на поверхность грунтовых вод встречаются торфянисто-глеевые и торфяно-болотные, иногда осолоделые или солончково-осолоделые почвы.

Болотные почвы распространены по площади лесхоза отдельными пятнами.

Почвы боров характеризуются хорошей влагоемкостью и высокой теплопроводностью. Слабая связность песчаных свойств не позволяет поднимать высоко капиллярные воды. Следует отметить, что среди боровых почв наблюдается засоление отдельными пятнами, приуроченными к депрессиям и пониженным местам вблизи соленых озер. Однако по площади засоленные почвы распространены значительно меньше, чем в степи.

В пристепной (кромочной) части бора почвенный покров в основном представлен каштановыми, лугово-каштановыми и луговыми почвами. Почвы пристепной части бора являются переходными от дерново-подзолистых почв песчаных массивов к каштановым почвам сухих ковыльных степей. Влияние условий сухой степи сказывается сильнее, чем влияние леса и процесс почвообразования идет в основном по типу сухих степей с формированием на повышенных и равнинных степных участках каштановых почв различной степени выщелоченности. По пониженным степным участкам с близким залеганием уровня грунтовых вод формируются лугово-каштановые и луговые почвы, более пониженные участки заняты солончаковатыми и солонцовыми почвами.

Лугово-каштановые и луговые почвы отличаются еще более глубоким гумусовым слоем (до 9 см) и по лесорастительным свойствам являются лучшими из почв пристепной части бора для выращивания сосны и лиственницы. Луговые солонцы и лугово-солончаковые и солонцеватые почвы не пригодны для лесовыращивания, они занимают 2,5 % лесной площади. Под лесными колками формируются солоды, серые лесные, осолоделые и оглеенные солоды. Солоды формируются, главным образом, под осиново-березовыми колочными лесами, приуроченные к западным, бессточным формам рельефа. По гранулометрическому составу почвы легкоуглинистые. В следствие водпрочности структуры фильтрационные свойства солодей неудовлетворительны, что способствует развитию в ней поверхностного заболачивания.

Серые лесные осолоделые почвы формируются под колочными осиново-березовыми лесами и акацией желтой, произрастающих на ровных участках микрорельефа и занимают 3,5 % лесной площади.

ГЕНЕЗИС И КЛАССИФИКАЦИЯ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

Процесс почвообразования в районе расположения Лебяжинского лесхоза идет по двум основным направлениям: на степных равнинных участках по типу зонального полупустынно-степного с формированием каштановых почв супесчаного, легкосуглинистого и суглинистого гранулометрического состава; на песчаных массивах, занятых лесом в направлении развития подзолистого процесса с формированием боровых дерново-подзолистых песчаных почв.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Бугаев В.А.* Лесное хозяйство ленточных боров Алтайского края / В.А. Бугаев, Н.Г. Косарев. Барнаул: Алтайское 87Н.изд-во, 1988. 312 с.
2. *Хлуденцов Ж.Г.* Почвы северной и южной частей Барнаульской древней ложбины стока/ Ж.Г. Хлуденцов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. Барнаул: Изд-во АГАУ, 2009. № 10(60). С. 59–62
3. *Хлуденцов Ж.Г.* Влияние рельефа и свойств почв на запасы древесины в ленточных борах Алтая / Ж.Г. Хлуденцов, Л.М. Бурлакова // Лесоведение. 2010. № 6. С. 61–64

СОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ПОЧВ НА ШУНГИТСОДЕРЖАЩИХ ПОРОДАХ ЗАОНЕЖЬЯ

Цепляева В.С., Колесникова В.М.
МГУ им.М.В. Ломоносова, Москва, bika435@mail.ru;
v.m.kolesnikova@mail.ru

Полуостров Заонежье (республика Карелия), представляет собой уникальный регион, единственный в мире, в котором почвы формируются на шунгитосодержащих породах. Механизм влияния шунгитов на возникновение благоприятных свойств почв изучен недостаточно хорошо, поэтому почвы на шунгитовых породах представляют несомненный интерес для исследователя. В литературе достаточно широко освещены уникальные свойства шунгитосодержащих пород, значительно меньше внимания уделено свойствам формирующихся на них почв. В условиях усиливающегося

антропогенного воздействия на почвы Заонежья особый интерес вызывают вопросы, связанные с устойчивостью почв к различным загрязнителям. Кроме того, в связи с возможным развитием сельского хозяйства важную роль играет связь почва-растение. Целью данной работы являлось изучение сорбционных свойств почв на шунгитсодержащих породах. Для эксперимента была заложена catena рядом с поселком Толвуя, представленная тремя разрезами (K1, K2, K3) – серогумусовыми темнопрофильными легкосуглинистыми почвами на шунгитовой морене [2]. Были определены некоторые физико-химические и химические свойства почв, проведен эксперимент по изучению сорбционных свойств почв и чистого шунгита (выделенного из горизонта С), построены изотермы адсорбции для цинка (Zn), рассчитаны параметры сорбции (табл.). Проведенные аналитические исследования (рН водн., содержание гумуса, обменных оснований, оксалаторастворимых форм железа) показали, что изученные почвы не существенно отличаются друг от друга, и согласуются с литературными данными [1].

Полученные изотермы различаются между собой. В четырех горизонтах (W, AY, BM, C) серогумусовой темнопрофильной почвы вершины холма (разрез K1) и двух верхних горизонтах (W, AY) серогумусовой темнопрофильной почвы средней части склона (разрез K2) изотермы линейные, причём лежат довольно близко друг к другу. В двух нижних горизонтах почвы средней части склона (BM, C) изотермы тоже близки друг к другу, описываются изотермой Ленгмюра, причём самая правая точка в них лежит заметно выше изотермы. И, наконец, изотерма адсорбции серогумусовой темнопрофильной почвы нижней части склона (разрез K3) заметно отличается от почв предыдущих разрезов по незначительной сорбции цинка. Полученные результаты показывают, что даже у почв одного типа, мало различающихся по гранулометрическому и химическому составу, адсорбционные параметры по отношению к цинку принципиально различаются. Рассчитанные по изотермам адсорбции параметры представлены в таблице. В случае, когда изотерму можно описать уравнением Ленгмюра рассчитана константа адсорбции K_{ads} , и максимальная сорбция Q_{max} . Однако большинство полученных изотерм на этом уча-

ГЕНЕЗИС И КЛАССИФИКАЦИЯ
ЛЕСНЫХ ПОЧВ

стке линейны, что позволяет получить лишь произведение $K_{ads} \cdot Q_{max}$ и оценить Q_{max} , увеличив величину, полученную в эксперименте, в 4 раза. Кроме того, рассчитана константа ионного обмена $K_{Zn/Ca}$.

Табл. Параметры адсорбции

Образец	Q_{max} , ММОЛЬ/Г	Q_{max} , МГ/Г	K_{ads} , Л/ММОЛЬ	$K_{ads} \cdot Q_{max}$, Л/Г	$K_{Zn/Ca}$	$K_{Zn/Ca} \cdot Q_{max}$, МОЛЬ/Г
K1-W	>0,016	>1,0	<0,46	0,0074	<231	0,0037
K1-AУ	>0,016	>1,0	<0,44	0,0070	<219	0,0035
K1-BM	>0,016	>1,0	<0,44	0,0071	<222	0,0036
K1-C	>0,016	>1,0	<0,55	0,0088	<276	0,0044
K1-C2g	0,0071	0,46	16	0,1136	8000	0,0568
K2-W	>0,02	>1,3	<0,67	0,0134	<336	0,0067
K2-AУ	>0,012	>0,8	<0,53	0,0063	<264	0,0032
K2-BM	0,0007	0,05	30	0,0210	15000	0,0105
K2-C	0,0007	0,05	30	0,0210	15000	0,0105

Проведенные исследования позволяют сделать выводы о том, что адсорбционная способность серогумусовых темнопрофильных почв Заонежья по отношению к цинку сильно различается, даже на примере трех близких разрезов. Сорбция цинка в верхних горизонтах почв имеет линейную зависимость. Вниз по профилю увеличивается влияние породы на сорбцию. В нижних горизонтах почв сорбция цинка приближается к кривой, соответствующей уравнению Лэнгмюра. Влияние шунгитсодержащих пород на сорбционную способность серогумусовых темнопрофильных почв проявляется в большей степени в профилях почв склона (начиная с верхних горизонтов). А так же шунгит выделенный из почвенных горизонтов нерационально использовать, как сорбент в отношении цинка, в связи с низкой поглотительной способностью.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шекк В.Г. Дерновые шунгитовые почвы Заонежья // Дис. МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва. 1990, 254 с
2. Шишов Л.Л., Тонконогов В.Д., Лебедева И.И., Герасимова М.И. Классификация и диагностика почв России // Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.

**БУРОЗЕМООБРАЗОВАНИЕ В ЛЕСНЫХ
БИОГЕОЦЕНОЗАХ СЕВЕРНОГО УРАЛА
НА ПРИМЕРЕ ПЕЧОРО-ИЛЫЧСКОГО ЗАПОВЕДНИКА
(РЕСПУБЛИКА КОМИ)**

Червонная А.А., Розанова М.С., Семиколенных А.А.
МГУ им. М.В. Ломоносова, ф-т почвоведения, Москва,
channa94@mail.ru; msr@inbox.ru; aasemik@list.ru

Участок бореальных лесов Печоро-Илычского заповедника, где были описаны буроземы, характеризуется малой нарушенностью растительного и почвенного покрова вследствие наименьшей подверженности антропогенному воздействию за последние столетия, позволяющие проведение почвенных исследований в естественных условиях. Несмотря на давнюю историю изучения почв этого региона, информация о групповом составе железа, необходимая для определения степени развития почвообразовательных процессов, не многочисленна. Таким образом, экспериментальное изучение содержания различных форм соединений железа, их соотношения и типов распределения в почвенном профиле позволяет выявить особенности проявления процесса буроземообразования в условиях Крайнего Севера[1].

На основании данных группового состава железа были рассчитаны показатели, характеризующие направленность и степень выраженности почвообразовательного процесса. Для трех профилей буроземов, сформированных под типичными растительными ассоциациями заповедника были оценены: степень выветрелости (отношение $Fe_c:Fe_{nc}$), степень развития оксидогенеза (отношение $Fe_{nc}:Fe_{вал}$), критерий Швертмана (отношение $Fe_a:Fe_{nc}$).

Объектами исследования были выбраны: бурозем грубогумусированный (пихто-ельник высокотравный плакорно-склоновый), бурозем глееватый на выходах кристаллических пород (пихто-ельник высокотравный-приручьевой), бурозем оподзоленный (пихто-ельник хвоще-сфагновый), расположенный на склоне к болоту.

ГЕНЕЗИС И КЛАССИФИКАЦИЯ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

Методы исследования: групповой состав соединений железа определен по схеме С.В. Зонна [2]; содержание $Fe_{вал}$ определено после разложения почвы в микроволновой печи с HNO_3 на масс-спектрометре Agilent ICP-MS 7500с.

Диагностирующими признаком развития почв по типу буроземобразования, проявляющимся во внутрпочвенном оглинении, является преобладание содержания Fe_c над Fe_{nc} . Сужение отношения $Fe_c:Fe_{nc}$, используемого в качестве показателя степени выветрелости почвенной массы, свидетельствует об интенсификации выраженности процессов выветривания. В профилях исследуемых буроземов процессы выветривания преобладают над процессами почвообразования с поверхности; происходит снижение степени выветрелости вниз по профилю. В профиле бурозема оподзоленного наложение на основной процесс почвообразования процесса оподзоливания обеспечило сужение соотношения $Fe_c:Fe_{nc}$. В горизонте АВМ бурозема оподзоленного с очень низким значением показателя степени выветрелости, вероятней всего, происходит физическое дробление первичных и вторичных глинистых минералов, так называемый процесс выхода глины из «контейнеров» [3]. В исследуемых почвах величина $Fe_{nc}:Fe_{вал}$ варьирует от 0,40 до 0,97. Бурозем грубогумусированный характеризуется снижением степени оксидогенеза вниз по профилю от умеренно высокой до умеренно низкой. В буроземе глееватом степень оксидогенеза умеренно низкая в пределах всего почвенного профиля. В буроземе оподзоленном степень оксидогенеза убывает вниз по профилю от очень высокой до умеренно высокой. В почвенных горизонтах, в которых доля $Fe_{nc}:Fe_{вал} > 0,5$ протекает аллитный процесс [4]. Анализ критерия Швертмана, значение которого < 1 во всех горизонтах исследуемых почв указывает на аддитивность вытяжек [5]. Установлено, что критерий Швертмана позволяет диагностировать степень избыточного гидроморфизма только в почвах поверхностного типа увлажнения, что характерно для бурозема оподзоленного.

По С.В Зонну буроземный ЭПП – процесс неустановившегося слабодифференцированного соотношения и распределения силикатных и свободных соединений железа. В составе послед-

них отмечается преобладание слабоокристаллизованных форм с тенденцией их миграции в срединный горизонт, а в органогенно-аккумулятивном горизонте – биогенное накопление аморфных форм [6]. В групповом составе соединений железа выявлено преобладание и нарастание с глубиной содержания окристаллизованных форм железа и уменьшение содержания аморфных форм железа, что характерно для процесса буроземообразования. Профильное распределение различных форм железа диагностирует проявление признаков оподзоливания в буроземе, расположенном на склоне к болоту, из-за выраженного обеднения верхней части профиля свободными соединениями железа, а также подтверждают наличие оглеения на основании значений критерия Швертмана.

В условиях горных стран изменение соотношений рассмотренных форм соединений железа может отражать зависимость от экспозиции склонов, высоты местности; снижение силикатности и увеличение содержания несиликатных соединений железа может быть связано со сменой растительной ассоциации, что подтверждается литературными данными [7].

ЛИТЕРАТУРА

1. *Смирнова О.В. и др.* Биоразнообразие и сукцессионный статус старовозрастных темнохвойных лесов Европейской России // Усп. соврем. биол. 2006. Т. 126. №1. С. 27–49.
2. *Воробьева Л. А.* Химический анализ почв // М.: Изд-во МГУ, 1998. 272 с.
3. *Соколова Т.А., Дронова Т.Я.* О диагностике и механизме процесса оглинивания в некоторых типах почв // Почвоведение. 1983. №. 7. С. 16–25.
4. *Зонн С.В.* Железо в почвах. М.: Наука, 1982. 206 с.
5. *Водяницкий Ю.Н., Шоба С.А.* Дискуссионные вопросы интерпретации результатов химической экстракции соединений железа из почв // Почвоведение. 2014. № 6. С. 697–704.
6. *Зонн С.В.* Генетические особенности буроземообразования и псевдоподзоливания / Буроземообразование и псевдоподзоливание в почвах Русской равнины. М.: Наука. 1974. С. 9–83.

ГЕНЕЗИС И КЛАССИФИКАЦИЯ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

7. Самофалова И.А., Рогова О.Б., Лузянина О.А. Использование группового состава соединений железа для диагностики горных почв Среднего Урала // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. 2015. № 79. С. 111–136.

ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ ПРОФИЛЯ И СВОЙСТВ ПОЧВ ЛЕСНЫХ ЛАНДШАФТОВ ЛЕСОТУНДРЫ (РЕСПУБЛИКА КОМИ)

Шахтарова О.В., Денева С.В., Русанова Г.В.
*Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар, e-mail:
olga.shakhtarova@mail.ru*

Морфологические признаки почв лесных ландшафтов предтундровых редколесий, занимающих автоморфные позиции ландшафта, отражают специфику их формирования в переходной полосе «тундра – тайга». Генезис таких почв, несмотря на их исследование [1, 3, 4, 6, 7], слабо изучен с точки зрения оценки многоуровневой структурной организации профиля и влияния на его строение процессов педо- и криогенеза, что и предопределило цель данной работы.

Исследования проводили в подзоне северной лесотундры, характеризующейся подстиланием покровных пылеватых суглинков и островным распространением многолетнемерзлых пород (юго-восток Большеземельской тундры, Республика Коми, окрестности ж.-д. ст. Сейда). Почвенные разрезы закладывались на юго-восточном склоне холма в березово-еловым редколесье. Объектом послужил светлосерый иллювиально-железистый глееватый [2]. Строение профиля такой почвы может быть выражено формулой: O-E-BF-CRMg-CRM-C. Как показали исследования [6], вследствие криотурбаций горизонты в верхней части профиля могут быть не выдержаны, искривлены, смяты и прерывисты. Мерзлота в пределах 2 метров отсутствует. Под подстилочно-торфяным горизонтом O (мощностью до 2.5 см) формируется

подзолистый горизонт E (2.5–10 см) – серовато-белесый, неоднородный по мощности, местами выражен в виде вытянутых пятен, легкий суглинок. На мезоморфологическом уровне агрегаты округлые и пластинчатые, чешуйчатые формируют тонкую субпараллельную слоистость со скелетанами в промежутках. Тонкие трубчатые поры, не заполненные скелетанами. Коричнево-ржавые округлые конкреции $d \approx 1-2$ мм. В шлифах наблюдается тонкодисперсная глинистая чешуйчатая масса. Горизонт BF (10–17 см) – ржаво-охристый легкий суглинок, икряной структуры; в мезоморфологии узкие ржаво-охристые горизонтальные слои и темно-бурые полосы чередуются с тонкими белесыми и бурыми слоями. В шлифах наблюдаются пластинчатые агрегаты, ооиды размером 0.1 мм с Fe-гумусово-глинистыми пленками, узкие трубчатые поры с белесыми скелетанами; тонкодисперсная Fe-глинистая масса. Горизонт CRMg (17–34 см) – палево-бурый плотный легкий суглинок, на мезоморфологическом уровне равномерно-окрашенный, с охристо-бурыми редкими пятнами, сложение рыхлое, горизонтальная делимость. Агрегаты мелкие тонкопластинчатые (толщина ~ 2–3 мм); в нижней части горизонта – угловато-крупитчатый. Скелетаны заполняют поры и межагрегатные промежутки. Конкреции. В шлифах ооидные агрегаты, плазма чешуйчатая и волокнистая; криогенная кольцевая организация скелета. Горизонт CRM (34–67 см) – бурый средний суглинок комковато-ореховатой структуры. На мезоморфологическом уровне заметно увеличение размера агрегатов (7–10 мм), появление ореховатых форм и пленок по краям. Межагрегатные промежутки заполнены пылеватыми скелетанами. В шлифах Fe-нодули иногда внутри агрегата. Плазма чешуйчатая, ооидная, мозаичная; темно-бурые (серые) гумусированные участки (педореликты), обломки натек в основе. Горизонт CRMc (67–93 см) – сизовато-бурый суглинок, уплотненный. В мезоморфологии агрегаты комковато-мелкоореховатой формы. В шлифах – аккумуляции Fe-соединений у краев каналов. Светло-бурые обломки и флюидальные образования натек в основе. Плазма околоторная, волокнистая, мозаичная.

ГЕНЕЗИС И КЛАССИФИКАЦИЯ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

Изучение данной почвы на мезо- и микроморфологическом уровне показало, что:

- 1) для подзолистого горизонта характерны: пластинчатые агрегаты, субпараллельная слоистость, со скелетанами в промежутках; округлые агрегаты с Fe-гумусо-глинистыми-пленками по краям и плотные нодули;
- 2) иллювиально-железистый горизонт ВF отличается икряной структурой, ржаво-охристыми пятнами и полосами; наличие растворяющихся конкреций и ожелезненных зон под горизонтом ВF свидетельствуют о повышении увлажнения и частой смене окислительно-восстановительных условий;
- 3) криометаморфическому горизонту свойственны угловато-крупитчатые агрегаты, размер которых увеличивается книзу (размером 2–3 мм в верхней части и мелкокомковато-ореховатые размером 1–7 мм – в средней и нижней), наличие агрегатов-ооидов; заполнение пылеватыми скелетанами межагрегатных промежутков и пор. В шлифах заметна криогенная кольцевая организация скелета. В нижней части профиля (34–67 см) отмечены в шлифах обломки глинистых натеков и гумусовые педореликты.

Наличие в криометаморфическом горизонте агрегатов-ооидов свидетельствует о протекании таких процессов, как 1) агрегация тонкодисперсной массы, 2) сегрегационно-коагуляционное оструктуривание. Эти процессы, а также криогенная сортировка зерен скелетан – результат криогенеза.

Обломки глинистых кутан, обнаруженные на глубине 34–67 см при изучении микростроения, являются унаследованными фрагментами от бывшего глинистого текстурного горизонта. Не исключено, что разрушение в холодные этапы позднего голоцена текстурных горизонтов сопровождалось криогенным метаморфизмом последних с формированием современной ооидно-крупитчатой структуры.

По валовому составу [6] как общей, так и внутриваловой массы (ВПМ) наблюдается максимум SiO_2 и минимум R_2O_3 в горизонте E, при иллювиировании R_2O_3 в горизонт ВF. Выделяется субпрофиль E-ВF мощностью 20 см над криометаморфическими гори-

зонтами. Наблюдается ослабление профильной дифференциации оксида Al по отношению к оксиду Fe, что свидетельствует об уменьшении роли Al в хемогенной дифференциации профиля. Содержание дитионит-, оксалатрастворимых форм Fe_2O_3 в ВПМ превышает таковое в скелетанах. Профильное распределение данных форм как в ВПМ, так и скелетанах отражает элювиально-иллювиальную дифференциацию их в субпрофиле E-BF. Содержание дитионитрастворимых форм Fe_2O_3 в ВПМ увеличивается в нижней иллювиальной толще профиля (горизонты CRM), тогда как увеличение оксалатрастворимых форм не происходит. Профильная дифференциация этих форм Fe_2O_3 в скелетанах имеет сходную картину. Анализ валового состава скелетан и ВПМ свидетельствует о дифференциации профиля светлосема под влиянием Al-Fe-гумусового процесса, а также о мобилизации, миграции и аккумуляции гидроксидов Fe, обусловленных процессами оглеения. Редокс-альфегумусовое подзолообразование [7], включающее Al-Fe-гумусовое иллювиирование и криогенное ожелезнение, выражено в верхней части профиля. Криогенный метаморфизм залегающих ниже горизонтов следует отнести к позднеголоценовым периодам похолодания [5].

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта Комплексной программы УрО РАН № 15-12-4-45 «Функционирование и эволюция экосистем криолитозоны европейского северо-востока России в условиях антропогенных воздействий и изменения климата».

ЛИТЕРАТУРА

1. Атлас почв Республики Коми / Под ред. Г.В. Добровольского, А.И. Таскаева, И.В. Забоевой. Сыктывкар, 2010. 356 с.
2. Классификация и диагностика почв России / Сост.: Л. Л. Шишов, В. Д. Тонконогов, И. И. Лебедева, М. И. Герасимова. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
3. Пастухов А.В. О генезисе и классификационном положении аутоморфных почв на покровных суглинках в микроэкотоне тундра-лесотундра // Вестник СПбГУ. Серия 3: Биология. 2008. № 3. С. 117–126.
4. Русанова Г.В., Денева С.В. Почвы бассейна р. Хоседа-ю, Большеземельская тундра // Почвоведение. 2006. № 3. С. 261–272.

ГЕНЕЗИС И КЛАССИФИКАЦИЯ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

5. Русанова Г.В., Шахтарова О.В., Пастухов А.В. Почвы лесных и тундровых ландшафтов северной лесотундры (бассейны рек Сейда и Хоседа-ю) // Вестник СПбГУ. Серия 3: Биология. 2014. № 3. С. 50–61.
6. Русанова Г.В., Денева С.В., Шахтарова О.В. Особенности генезиса автоморфных почв северной лесотундры (юго-восток Большеземельской тундры) // Почвоведение. 2015. № 2. С. 145–155.
7. Тонконогов В.Д. Автоморфное почвообразование в тундровой и таежной зонах Восточно-Европейской и Западно-Сибирской равнин. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 2010. 304 с.

СОСТАВ И СВОЙСТВА ПОГЛОЩЕННЫХ ОСНОВАНИЙ ГОРНО-ЛЕСНЫХ ПОЧВ ЮГА ФЕРГАНЫ

Юлдашев Г., Исагалиев М., Абдухакимова Х., Солиева С.
Ферганский государственный университет, Фергана, gulyam48@mail.ru

Относительно крупные массивы горно-бурых лесных почв расположены по склонам Ферганского хребта в урочище Арсланбоб. Район распространения бурых горных почв характеризуется выпадением атмосферных осадков в порядке 800–1100 мм в год. Почвообразующие породы представлены в зависимости от места расположения разреза лессовидными суглинками, элювиальными и делювиальными отложениями. Бурые горно-лесные почвы, как изучаемый объект выбран на северо-востоке Ферганской долины в пределах Киргизии на территории урочище Арсланбоб, расположен на высоте 1600–2600 м на северо-западных склонах горных систем Тянь-Шань, на юго-западных склонах Ферганского хребта гора Бобош-Ата, на левом берегу притоки реки Кара -Унгур.

В качестве основного объекта нами на склоне горы Бобош-Ата выбрано 2 ключевые участка, которые параллельно расположены на западном склоне.

Морфологический профиль разреза 1_{г-л}, 2_{г-л} характеризует горно-лесных почв. Разрезы расположены на северо-восточном склоне, под орехово-плодовыми лесами, на расстоянии 800 м. от палаточного лагеря описан авторами 6 июля 2014 г.

Катионообменная способность почвенного поглощающего комплекса (ППК) относится к числу фундаментальных свойств почвы. От состав и свойства обменных катионов зависит агрегированность, пептизируемость, рН, содержание и подвижность питательных элементов, степень промываемости и др. уже свойства почв. Основы учения поглотительной способности и его использования в теоретическое и практическое почвоведение создал академик К.К. Гедройц [1].

Величина и состав ППК зависит от качества и количества слагающих почв минералов, и органических, органоминеральных веществ [2, 3]. Вследствие различий атомных весов, величине радиуса иона и атома, ионного потенциала, энергетической константы наблюдается различная поглощаемость Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ , Na^+ горными почвами.

Табл. 1. Зависимость поглощения ППК катионов Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ , Na^+ от их геохимических параметров (пахотный горизонт n-17)

Катионы	Атомный вес	Радиус иона, нм по Бокию	Радиус атома, нм по Бокию	ln ионных радиусов *	Ионный потенциал по Каргледжу *	ЭК по Ферсману *	Среднее содержание, мг-экв/100 г почвы	
							в сероземах	в горных почвах
K^+	39	0,133	0,236	-2,0	0,75	0,428	0,92	1,03
Ca^{++}	40	0,104	0,197	-2,26	1,92	1,786	8,57	11,11
Na^+	23	0,098	0,189	-2,3	1,02	0,448	0,12	0,11
Mg^{++}	24	0,074	0,160	-2,6	2,70	1,906	1,41	1,18

* рассчитано авторами.

Согласно данным таблицы 1, ионные радиусы Ca^{++} и Na^+ почти одинаковые, т.е. 0,1 нм, следовательно, они относительно свободно могут заменять друг друга в ППК, что происходит в процессе солонцевание и рассолонцевание почв. Но при формировании ППК в горно-лесных, горно-коричневых почвах и сероземах поглощенного Ca^{++} оказалось намного больше, чем Na^+ это положение очевидно связано с ионным потенциалом и энергетическими константами кальция и натрия, где показатели иона кальция в 4 раза больше, чем у натрия.

ГЕНЕЗИС И КЛАССИФИКАЦИЯ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

Нами определены, что ионный потенциал, энергетические константы поглощенных катионов имеют корреляционную связь с их поглощением горными почвами (табл. 2). А корреляционная связь положительная (+1,0).

**Табл. 2. Корреляционная связь ионного потенциала
и энергетических констант**

Mx	My	Средняя ошибка, m	Средне квадратическо е отклонение, δ	Степень достовер- ности, P, %	Кoeffи- циент ва- риации, v, %	На- бор, n	Кoeffи- циент кор- реляции, r
Верхние горизонты							
0,75	0,43	±1,33 ±3,33	±3,26 ±8,16	55,5 22,5	±4,41 ±1,09	17	1,0

Из приведенных данных видно, что содержание поглощенного магния в сероземах относительно больше, эта закономерность тоже повторяется в материнских породах изученных почв. Как и ожидалось, поглощенного калия в горных почвах больше чем в сероземах. В горных почвах поглощенного натрия во всех горизонтах колеблется в пределах 0,4–1,6 % от суммы поглощенных оснований, это означает, что все горные почвы относятся к группе несолонцеватых почв.

Все сказанные закономерности почти повторяются в светло-бурых луго-степных, бурых горно-лесных, но в горно-коричневых карбонатных почвах Ферганской долины менее напряженно по отношению к Ca^{+2} и K^{+} .

В этих почвах наблюдается осязательный рост поглощенного магния, особенно в материнских породах и иллювиальных горизонтах горных почв, количество, которого доходит в почвах светлых сероземов до 20,74–44,18 % от суммы поглощенных оснований (табл. 3).

В целом состав и сумма поглощенных оснований горно-лесных почв более благоприятный, чем состав и сумма поглощенных оснований горно-коричневых. В составе поглощенных оснований почв сероземного пояса поглощенного магния, особенно в материнских породах довольно много, чем в горных поч-

вах. Поглощенного натрия больше в сероземах, что связано с климатическими особенностями. Состав и сумма поглощенных оснований горных и предгорных почв севера более благоприятный, чем почв юга.

**Табл. 3. Состав поглощенных оснований горных
и предгорных почв**

№ разр.	Глубина, см.	мг-экв/100 г почвы					Процент от суммы			
		Ca	Mg	K	Na	Сумма	Ca	Mg	K	Na
1 _{г-л} , 2 _{г-л}	2–63	15,92	1,99	1,07	0,09	19,07	83,48	10,44	5,61	0,47
	63–102	14,19	2,26	1,52	0,11	18,08	78,48	12,50	8,41	0,61
	102–183	10,19	2,68	1,39	0,15	14,41	70,71	18,60	9,65	1,04

В профиле изученных нами почв сероземного ряда почти во всех разрезах, в том или ином количестве есть сернокислые соли магния. Mg содержатся в гумусовом горизонте в составе почвенного поглощающего комплекса тоже довольно много 9,60–20,74 % от суммы поглощенных оснований. Аналогичная закономерность повторяется в горных почвах, но менее напряженно.

Из выше изложенного можно заключить, что катионная емкость и их состав наряду с культурными состояниями почв зависит от механического состава и атомного, ионного строения химических элементов входящих в состав почвенного поглощающего комплекса. Вышеуказанный катионный состав типичен для многих горных почв Юга Ферганы.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Гедройц К.К.* Избранные сочинения. М., 1955. Т. I. 559 с., Т. II. 616 с.
2. *Esington M.E.* Soil and water chemistry CRS press Boca Raton. London New York Washington D. C.; 2004, 554 p.
3. *Hinrich L. Bohn Brian L. McNeal George A. O'Conner.* Soil chemistry. New York, Toronto, Singapore, 2011.

С Е К Ц И Я
«ДИНАМИКА И ПРОДУКТИВНОСТЬ
ЛЕСНЫХ ПОЧВ»

**ПОЧВЕННЫЕ ФАКТОРЫ УСТОЙЧИВОСТИ
ЕЛОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО
ПОДМОСКОВЬЯ**

Бараненкова А.А., Мартыненко О.В., Карминов В.Н., Щепашенко Д.Г.,
Онтиков П.В., Морозова В.С., Крылова Е.Н.
Мытищинский филиал МГТУ им. Н. Э. Баумана, caf-soil@mgul.ac.ru

Площадь лесов Московского региона составляет более 2179,4 тысяч гектаров. Запас еловых насаждений в Московской области составляет 97,24 млн. м² (29,2 % от общего), а площадь – соответственно 394,1 тыс. га (25,6 %) [3].

Массовая гибель еловых насаждений Московского региона после засухи 2010 г. вызвала значительный интерес к этой проблеме. Об усыхании еловых насаждений написано немало статей, выполнены ряд исследований, наиболее известные из которых разработаны А.Д. Масловым, Е.Г. Малаховой, А.Ф. Алябьевым.

Однако, интерес к этой проблеме существовал ещё до экстремальной засухи 2010 г., что подтверждается публикациями Н.Н. Выгодской, В.И. Абражко, А.В. Варлагина, Ю.А. Курбатовой, К.Н. Сидорова, И.М. Милюковой, А.Ф. Согачева, Л.М. Согачевой, Е.С. Шапошников, Г.И. Непомнящего, М.А. Абражко.

В Белоруссии в начале XX века периоды между усыханием еловых лесов составляли 30...40 лет, а в современных условиях периоды резко сократились до 3...5 лет. Усыханию подвержены приспевающие, спелые и перестойные насаждения суходольных типов леса, а также еловые древостои, преимущест-

венно кисличные [1]. Очень схожие тенденции наблюдаются и в лесах Московского региона.

Большинство исследователей анализируют экологию короеда-типографа, влияние климатических условий, а также физиологические процессы древостоя. В тоже время почвенно-гидрологические факторы устойчивости еловых насаждений оказались в тени.

Данные исследования проводились в еловых насаждениях северо-восточного Подмосковья, которое включало в себя совмещение современных космоснимков из открытых источников с планом лесонасаждений. При рекогносцировочном обследовании были выделены два участка: ельник кисличный с составом 9Е1Б и участок насаждения с составом 9Е1Б+Д. Характерным признаком было то, что оба участка делились на две зоны: зона сухостойного елового насаждения и зона живого ельника. Возраст елового древостоя колебался в пределах 90...110 лет. На участках были обнаружены единичные еловые деревья, возраст которых достигал 130 лет.

Вся территория, входящая в зону исследования, была покрыта сетью прикопок, часть из них были углублены до разрезов; проведено полное морфологическое обследование почв. Сравнивая почвенные профили в зоне живого ельника с профилями почвы в зоне сухостойного ельника, было обнаружено явное отличие, которое заключалось в том, что на участке с сохранившимся ельником на глубинах от 40 до 95 см в суглинистых горизонтах обнаруживались песчаные прослойки разной мощности. Зона смены горизонтов всегда имела заметные следы оглеения. В зоне сухостойного ельника такой особенности в строении профиля не отмечалось.

В нашем случае указанный факт свидетельствует, что в исследованных почвах сложились благоприятные условия для накопления и сохранения так называемой “капиллярно-посаженной влаги”. Это влага, удерживаемая капиллярными силами в мелкопористом слое почвы при подстилании его слоем крупнопористым, над границей смены этих слоёв [4]. Данное явление

ДИНАМИКА И ПРОДУКТИВНОСТЬ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

ние удержания влаги в толще впервые установлено и изучено А.Ф. Лебедевым, который объясняет это явление тем, что в таких случаях «...часть тонких капиллярных ходов мелкозернистого слоя неизбежно должно расширяться и, таким образом, на контакте мелкозернистого слоя сверху и крупнозернистого снизу создадутся условия для формирования в мелкозернистом слое капиллярных вод». Очевидно, что при этом не все капиллярные ходы мелкозернистого слоя заполняются подвешенной водой, а только более мелкие, да и из последних не все, а лишь те, которые основанием своим, так сказать, упрутся в крупные поры крупнозернистого слоя. Следствием изложенного должно быть то, что влажность мелкозернистого слоя над крупнозернистым в момент равновесия будет больше, чем в том случае, когда мелкозернистая порода залегает однородным сплошным массивом» [2]. При наличии гидравлического напора капиллярно-посаженная влага способна к боковому передвижению. Эта форма воды тем более ценна, что именно в таком виде (в виде капиллярной воды) можно делать запасы воды в почве и длительно их сохранять.

Весьма вероятно, что указанное явление позволило пережить некоторым участкам еловых насаждений засуху 2010 г. без существенного ослабления.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ковалевич, А.И.* Массовое усыхание ельников в республике Беларусь: состояние, проблемы и пути решения / А.И. Ковалевич, В.В.Усень // Проблемы и перспективы совершенствования лесоводственных мероприятий в защитных лесах: Международная научно-практическая конференция; 18–20 июня 2013 г. Пушкино: ВНИИЛМ, 2014. 186 с.
2. *Лебедев, А.Ф.* Почвенные и грунтовые воды / А.Ф. Лебедев. М.-Л.: АН СССР, 1936. 315 с.
3. Лесной фонд России, 2015.
4. *Роде, А.А.* Основы учения о почвенной влаге / А.А. Роде. Л.: Гидрометеиздат, 1965. 410 с.

**ОЦЕНКА ЛАБИЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОДСТИЛКИ
ХВОЙНО-ШИРОКОЛИСТВЕННЫХ ЛЕСОВ
(НА ПРИМЕРЕ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ)**

Казакова А.И., Лукина Н.В.

*Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН, г. Москва,
nasta472288813@yandex.ru*

Являясь продуктом функционирования лесных биогеоценозов, лесная подстилка регулирует целый ряд экосистемных процессов и функций. Актуальным остается исследование механизмов реализации экосистемных процессов, в основе которых лежит динамика взаимосвязей лесная почва – растительность. Количественно эти взаимосвязи и процессы могут быть оценены с использованием лабильных характеристик почв, таких как кислотность, содержание обменных катионов, углерода и азота. Цель данной работы – оценить лабильные характеристики подстилок разных типов леса для выявления наиболее информативных показателей, отражающих особенности взаимосвязей почва-растительность.

Объектами изучения выбраны лесные экосистемы заповедника «Брянский лес». В пределах задровой песчаной местности на территории заповедника в сосняках кустарничково-зеленомошных и полидоминантных хвойно-широколиственных лесах на почвообразующих породах сходного состава в автоморфных условиях заложено по 3 пробных площади, на которых изучались почвы. На каждой пробной площади закладывался опорный разрез, а также в трехкратной повторности с помощью почвенного бура отбирались смешанные образцы из почвенных горизонтов. В лабораторных условиях почвенные образцы высушивали, просеивали через сито 2 мм. Актуальную кислотность (рН) измеряли потенциометрически в водной вытяжке. Обменную и гидролитическую кислотность определяли в вытяжках 1N KCl и 1M CH₃COONH₄ (рН = 7.0) соответственно титрованием до рН 7.8. Оценка содержания органического углерода и общего азота проводилась на CHN анализаторе. Для определения содержания элементов питания образцы почв

ДИНАМИКА И ПРОДУКТИВНОСТЬ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

обрабатывали 1М СН₃СООНН₄ (рН = 4,65). Содержание металлов определяли методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии. Проводилось сравнение свойств верхних органогенных горизонтов почв (L и FH) разных типов леса. Статистическая обработка результатов проводилась в пакете STATISTICA.

Лабильные характеристики подстилок зависят от их компонентного состава, который определяется структурой фитомассы насаждений. В подстилках сосновых лесов преобладающими компонентами являются кора и хвоя сосны и отмершие части мхов. Результаты данного исследования подтверждают [2], что подстилки сосновых лесов характеризуются более высокими значениями как актуальной, так и потенциальной кислотности по сравнению с хвойно-широколиственными лесами. Причем в сосновых биогеоценозах отмечено высокое варьирование обменной кислотности (ОК) в подгоризонтах подстилки. Величина ОК в L горизонте относительно стабильна и изменяется от 6,23 до 9,03 мгэкв / 100 г. В FH горизонте наблюдаются значительные вариации – от 3,76 до 11,64 мгэкв / 100 г., что связано с составом опада. Максимальные значения потенциальной кислотности обнаруживаются на площадках, где отмечено наименьшая доля лиственных деревьев в подросте. Сосна как концентратор алюминия и натрия [4] обеспечила за счет активной фракции опада хвой высокое содержание доступных для биоты соединений этих элементов в подгоризонтах L и FH. Подстилки лиственных лесов, состоящих в основном из относительно быстроразлагающихся листьев березы, клена, вяза, липы, дуба, веток и остатков древесины, характеризуются богатством оснований, что отразилось на высоком содержании таких обменных катионов как кальций, магний и калий. Содержание обменного железа и марганца в подгоризонте L подстилки характеризовалось низким уровнем и оказалось выше в хвойно-широколиственных лесах.

Содержание общего азота в подгоризонте L подстилки хвойно-широколиственных лесов значительно ($p < 0,007$) выше, чем в сосновых, а отношение C/N уже, что указывает на более высокое содержание азота в гумусе и более быструю минерализацию органических веществ. Это связано с высоким содержанием азо-

та в опаде широколиственных видов древесных растений. Для подгоризонта ГН статистически значимых отличий в содержании азота между типами леса выявлено не было. Это может быть связано с активным восходящим потоком азота при интенсивном поглощении этого биогена деревьями широколиственных видов. Содержание общего углерода в горизонте L подстилки хвойно-широколиственных лесов значительно ниже, чем в сосновых (38 и 48 % соответственно). Содержание общего углерода в горизонте ГН сосняков практически в два раза выше, чем в подстилках хвойно-широколиственных лесов (44 и 22 % соответственно). При этом масса подстилки в сосновых лесах значительно больше, что указывает на существенно более высокое накопление органического углерода в подстилках сосновых лесов. Это связано с тем, что в сосновых лесах процессы трансформации опада и перевода его в доступную для биоты форму протекают медленнее, что связано с высоким содержанием трудно разлагаемых лигнин-содержащих соединений, входящих в состав хвойного опада, с преобладанием фракции мхов, отличающихся высоким содержанием лигнино-подобных фенольных соединений [3] и более кислой реакцией среды, что способствует накоплению, а не минерализации опада. В подстилках хвойно-широколиственных лесов процессы минерализации органического вещества протекают значительно быстрее. Морфологически это проявляется в формировании подстилки, различных типов, которая формируется в этих лесах: в сосняках кустарничково-зеленомошных – подстилка ферментативного типа, средне-сопряженная, сложная или субпримитивная, среднемощная, хвойная, в широколиственных лесах с елью – подстилка деструктивного, реже ферментативного типа, средне-сильносопряженная, примитивная или субпримитивная, очень маломощная, листовая, состоящая в основном из опада текущего года [1].

Таким образом, в результате сравнительной оценки свойств подстилки в лесах разного типа, установлено, что наибольшей вариабельностью отличались показатели кислотности и содержание доступных для биоты соединений элементов, углерода,

ДИНАМИКА И ПРОДУКТИВНОСТЬ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

общего азота и стехиометрические отношения C/N. Уровень накопления органического углерода в подстилках сосновых лесов значительно выше, чем в хвойно-широколиственных. Также анализ свойств подстилки в сосновых лесах показал, что существует неоднородность, связанная с неравномерностью распространения появляющегося в этих лесах подроста лиственных деревьев, которая требует дальнейшего изучения при оценке сукцессионных процессов в лесах.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект №16-17-10284)

ЛИТЕРАТУРА

1. *Богатырев Л. Г.* О классификации лесных подстилок // Почвоведение. 1990. № 3. С. 118–127.
2. *Карпачевский Л.О.* Пестрота почвенного покрова в лесном биогеоценозе / Л.О. Карпачевский. М.:МГУ, 1977. 312 с.
3. *Ligrone R., Carafa A., Duckett J. G., Renzaglia K. S., Ruel K.*, Immunocytochemical detection of lignin-related epitopes in cell walls in bryophytes and the charalean alga *Nitella* // *Plant Systematics and Evolution* 270. № 3. 2008. 257–272
4. *Steinnes E., Lukina N., Nikonov V., Aamlid D., Royset O.*, A gradient study of 34 elements in the vicinity of a copper-nickel smelter in the Kola Peninsula // *Environmental Monitoring and Assessment* 60, 2000, 71–88.

ДИНАМИКА ЭМИССИИ CO₂ С ПОВЕРХНОСТИ ВЫРУБКИ ЕЛЬНИКА В ТЕЧЕНИЕ ВЕГЕТАЦИОННОГО СЕЗОНА

Кузнецов М.А.

Институт биологии КомиНЦ УрО РАН, kuznetsov_ma@ib.komisc.ru

Эмиссия CO₂ с поверхности почвы является одним из основных потоков углеродного цикла наземных экосистем и незначительные нарушения почвенного дыхания могут привести к серьезным нарушениям в атмосфере. По количеству диоксида углерода, выделяемого с поверхности почвы, можно охарактеризовать

процессы деструкции органического вещества, биологическую активность почв или продуктивность фитоценоза. Кроме того, выделяющийся с поверхности почвы углекислый газ является чувствительным и информативным показателем функционального состояния экосистемы в целом [2].

Исследования проводили в подзоне средней тайги Республики Коми. Экспериментальные работы выполнены на территории Чернамского лесного стационара Института биологии Коми НЦ УрО РАН (62°00' с.ш., 52°30' в.д.) на вырубке ельника черничного влажного произрастающего на торфянисто-подзолисто-глееватых почвах.

В зимний период 2006 г. в рассматриваемом ельнике была проведена сплошнолесосечная рубка с хлыстовой вывозкой древесины. Применен трехпасечный способ разработки лесосек с сохранением подроста. Согласно К.С. Бобковой и Н.В. Лихановой [1], после сплошнолесосечной рубки в ельнике черничном влажном количество растущих деревьев, оставленных в недорубе и семенниках, составляет 400, сухостойных – 30 экз. га⁻¹. Запасы углерода фитомассы не срубленных и сухостойных деревьев равны 15.52 т га⁻¹ и 0.10 т га⁻¹, соответственно. В порубочных остатках вершин и обломков деревьев концентрируется 5.08 т С га⁻¹. Установлено, что при сплошнолесосечной рубке древостоя с хлыстовой вывозкой древесины из ельника выносятся 37.8 т С га⁻¹, что составляет 44 % от общего содержания углерода в древесных растениях насаждения.

Концентрацию CO₂ регистрировали воздушно-циркуляционной (принудительной продувки) темной почвенной камерой survey chamber 20 cm 8100–103 с помощью анализатора LI-COR 8100 (LI-COR Biosciences, США). Камера устанавливалась на стационарные пластиковые кольца диаметром 20 см в четырехкратной повторности.

Эмиссия CO₂ с поверхности почвы вырубки определяется компенсацией снижения корневого дыхания и усилением дыхания почвенной микрофлоры в связи с поступлением и разложением дополнительного органического субстрата при рубке в виде порубочных остатков.

ДИНАМИКА И ПРОДУКТИВНОСТЬ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

Рассмотрена суточная динамика выделения диоксида углерода с поверхности почвы. В весенний период кратковременные флуктуации наблюдались с 13 до 21 часа, а в летний – в течение суток. Для ельника чернично-сфагнового, развитого на полугидроморфной почве, мы фиксировали кратковременные всплески эмиссии CO_2 в ночные часы в летние месяцы [3].

Количество выделяющегося CO_2 из почвы в конце мая составляет 1.05–1.52 мкмоль $\text{CO}_2\text{м}^{-2}\text{с}^{-1}$, достигая наибольших величин в июне-июле (1.94–3.12), с последующим постепенным снижением к осени, составляя в середине октября 0.64–0.86 мкмоль $\text{CO}_2\text{м}^{-2}\text{с}^{-1}$. Полученные значения эмиссии диоксида углерода для весеннего и осеннего периода выше в 9 и 2 раза соответственно, чем с поверхности полугидроморфных почв среднетаежного ельника чернично-сфагнового [3]. Такое различие объясняется особенностями гидротермического режима почв и подстилки ельника и вырубке. Эмиссия CO_2 в июне-июле на вырубке сопоставима с потоками диоксида углерода для торфянисто-подзолисто-глеевой почвы ельника чернично-сфагнового.

Работа выполнена при финансовой поддержке Комплексной программы УрО РАН № 15-12-4-39 «Трансформация биологического круговорота веществ в хвойных экосистемах европейского Северо-Востока после промышленных рубок» (номер гос. регистрации АААА-А16-116061510096-6).

ЛИТЕРАТУРА

1. Бобкова К.С., Лиханова Н.В. Вынос углерода и элементов минерального питания при сплошнолесосечных рубках ельников средней тайги // Лесоведение. 2012. № 5. С. 44–54.
2. Кудеяров В.Н., Курганова И.Н. Дыхание почв России: анализ базы данных, многолетний мониторинг, общие оценки // Почвоведение. 2005. № 9. С. 1112–1121.
3. Кузнецов М.А. Выделение CO_2 с поверхности почвы в ельнике чернично-сфагновом // Углерод в лесных и болотных экосистемах особо охраняемых природных территорий Республики Коми. Отв. ред. К.С. Бобкова, С.В. Загирова. Сыктывкар. 2014. С. 87–93.

ОЦЕНКА ДИНАМИКИ ПОЧВЕННОГО ПЛОДОРОДИЯ ПРИ ИСКУССТВЕННОМ ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИИ ПО ДАННЫМ ИМИТАЦИОННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Припутина И.В., Фролова Г.Г., Быховец С.С., Шанин В.Н.

*Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения
Российской академии наук, Пушкино, irina.priputina@gmail.com*

Актуальность оценок влияния искусственного лесовосстановления на почвенное плодородие возрастает в связи с интенсификацией лесного хозяйства, в том числе, его ориентацией на биоэнергетику, что предполагает ускоренное выращивание древесной биомассы. В Восточной Европе, Скандинавии и в Европейской России в числе плантационных быстрорастущих культур используется береза видов *Betula pendula* Roth или *Betula pubescence* Ehrh. [4, 8]. Несмотря на способность березы расти в широком диапазоне почвенных условий, обеспеченность почв элементами питания, и прежде всего доступным азотом, имеет важное значение для продуктивности березовых фитоценозов [6]. В литературе освещены вопросы, связанные с трансформацией разных звеньев биогенного цикла углерода в результате смены хвойных лесов вторичными мелколиственными лесами с доминированием березы [1, 3, 8]. Также есть публикации, в которых анализируется влияние плантаций березы на сток углерода и показатели плодородия бывших сельскохозяйственных земель [2]. Но сравнительный анализ экологических эффектов искусственного лесовосстановления и лесоразведения для разных типов почв на основе экспериментальных данных осложняется большим числом трудно учитываемых факторов (погодно-климатических условий, лесохозяйственных мероприятий и др.), влияющих на продукционный процесс и процессы минерализации растительных остатков и органического вещества (ОВ) в почвах. Подобные оценки могут быть выполнены с использованием методов математического моделирования.

ДИНАМИКА И ПРОДУКТИВНОСТЬ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

В данной работе, в имитационных экспериментах с использованием системы моделей EFIMOD-fbp (свидетельство о гос. регистрации №2017612595) анализировалась динамика почвенных пулов углерода (C) и азота (N) при создании плантаций березы с коротким оборотом рубки (30 лет). Продукционные характеристики березы относительно хорошо изучены, и параметризация ее роста в базовой версии модели EFIMOD [5] основана на обширном экспериментальном материале.

Нами рассмотрены 3 варианта почвенно-климатических условий создания плантаций березы: на подзолистых среднесуглинистых почвах в Кировской области (П-KIR); на подзоле иллювиально-гумусовом в Южной Финляндии (П_{il-h}-FIN); на светло-серой лесной супесчаной почве в Республики Марий Эл (Л₁-RME). Варианты П-KIR и П_{il-h}-FIN – почвы под лесом, Л₁-RME – вариант агрогенной почвы. Данные для расчета запасов C и N в этих почвах взяты из ЕГПР (<http://egrpr.esoil.ru/>) и работы [7]. Профиль почв под лесом включает органические и минеральные горизонты. Для П-KIR начальные запасы C в органических и минеральных горизонтах имеют близкие величины (соответственно, 1.35 и 1.47 кг м⁻²). Суммарный пул C в П_{il-h}-FIN выше за счет большего содержания ОВ в минеральной части профиля (1.45 кг C м⁻² в органических горизонтах и 5.4 кг C м⁻² – в минеральных). Для агрогенной почвы Л₁-RME характерно отсутствие органических горизонтов подстилки или дернины, а в минеральных горизонтах содержится 4.7 кг C м⁻². Соответственно, по начальным запасам C, рассмотренные варианты почв различаются в 1.5–2 раза, образуя следующий ряд: П_{il-h}-FIN > Л₁-RME > П-KIR. Запасы азота максимальны в Л₁-RME (0.417 кг N м⁻²) и минимальны в П-KIR (0.188 кг N м⁻²), П_{il-h}-FIN занимает по этому показателю промежуточное положение (0.329 кг N м⁻²).

Моделировалась динамика роста древостоя с размещением деревьев по регулярной сети 2x3 м, что соответствует начальной густоте древостоя 1667 шт. га⁻¹. Сценарий не предусматривал рубки ухода и применение минеральных удобрений. Динамика почвенных запасов C и N оценивалась по разности между величинами их

суммарных в почве на нулевом шаге моделирования, соответствующем начальному пулу элементов, и на последнем шаге – после программной реализации процедур рубки древостоя и удаления с участка фитомассы стволов и ветвей.

Согласно полученным оценкам, для вариантов лесных почв (П_{ил-н}-FIN и П-KIR) модельные оценки показывают потери ОБ (соответственно, 1.2 и 0.4 кг С м⁻²), что объясняется интенсивной минерализацией ОБ (прежде всего лесной подстилки) и недостаточным поступлением растительного опада от молодых древостоев в первые годы их роста. Короткий оборот рубки не позволяет компенсировать эти потери ОБ, что характерно для лесов естественного развития с более длительным периодом роста древостоев. Постагрогенное использование под плантации березы светлосерых лесных почв (вариант Л₁-RME), напротив, ведет к росту почвенных запасов ОБ за счет формирования на поверхности почвы слоя лесной подстилки. Для рассмотренного сценария за 30-летний оборот рубки суммарный пул С в этом варианте почв увеличился примерно на 0.5 кг м⁻², несмотря на потери почвенного С в первые годы.

Для всех рассмотренных вариантов почв модель показывает потери азота. Но в наиболее богатых азотом почвах (вариант Л₁-RME) сокращение составило 0.08 кг N м⁻² (около 20 % от начальных запасов), а в наиболее бедных (вариант П-KIR) – менее 0.01 кг N м⁻², что соответствует всего 5–7 % от начального пула и может быть частично компенсировано внесением азотных удобрений. Как и в случае с углеродом, основные потери азота происходят в почвах в первые годы роста древостоев в результате вымывания доступного азота, образующегося при минерализации ОБ.

Таким образом, показан разнонаправленный характер изменений почвенных пулов углерода и азота при создании искусственных древостоев березы в разных почвенно-климатических условиях, что должно учитываться при обосновании лесохозяйственных мероприятий.

ДИНАМИКА И ПРОДУКТИВНОСТЬ
ЛЕСНЫХ ПОЧВ

ЛИТЕРАТУРА

1. Дымов А.А., Бобкова К.С., Тужилкина В.В., Ракина Д.А. Растительный опад в коренном ельнике и лиственнично-хвойных насаждениях // Лесной журнал. 2012. № 3. URL: http://lesnoizhurnal.narfu.ru/issuesarchive/?ELEMENT_ID=39347.
2. Bronisz, K., Strub, M., Cieszewski, C., Bijak, S. et al. (2016). Empirical equations for estimating aboveground biomass of *Betula pendula* growing on former farmland in central Poland // *Silva Fennica* 50(4): article id 1559. 17 p. <http://dx.doi.org/10.14214/sf.1559>.
3. Falson, G., Celi, L., Caimi, A., Simonov, G., Bonifacio E. (2012) The effect of clear cutting on podzolisation and soil carbon dynamics in boreal forests (Middle Taiga zone, Russia) // *Geoderma*, 177–178, 27–38. doi:10.1016/j.geoderma.2012.01.036.
4. Fern, A. (1993) Birch production and utilization for energy // *Biomass and Bioenergy* 4(6): 391–404. [http://dx.doi.org/10.1016/0961-9534\(93\)90061-8](http://dx.doi.org/10.1016/0961-9534(93)90061-8).
5. Komarov A., O. Chertov, S. Zudin et al. (2003) EFIMOD 2 – a model of growth and cycling of elements in boreal forest ecosystems // *Ecological Modelling* 170(2–3): 373–92.
6. Koski, V., Rousi, M. (2005) A review of the promises and constraints of breeding silver birch (*Betula pendula* Roth) in Finland // *Forestry* 78(2): 187–198. doi:10.1093/forestry/cpi017.
7. Shanin V., Valkonen S., Grabarnik P., Mäkipää R. (2016) Using forest ecosystem simulation model EFIMOD in planning uneven-aged forest management // *Forest Ecology and Management* 378: 193–205.
8. Stark, H., Nothdurft, A., Block, J., Bauhus, J. (2015) Forest restoration with *Betula* ssp. and *Populus* ssp. nurse crops increases productivity and soil fertility // *Forest Ecology and Management* 339: 57–70.
9. Uri, V., Varik, M., Aossar, J., Kanal, A. et al. (2012) Biomass production and carbon sequestration in a fertile silver birch (*Betula pendula* Roth) forest chronosequence // *Forest Ecology and Management* 267: 117–126.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЧВ РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИЯ

Солодовников А.Н.

Институт леса КарНЦ РАН, Петрозаводск, a_sol@krc.karelia.ru

Определение физико-химических характеристик почвы является основным инструментом к пониманию почвенных процессов, оценки ее плодородия, уточнения ее классификационной принадлежности и т.д. Обработка больших объемов почвенных данных позволяет говорить о физико-химических характеристиках на уровне типа почв [6]. В Карелии многолетние сведения по почвам региона были собраны в базу данных «Почвы Карелии» [7]. Все данные были получены с использованием общепринятых методик [1, 2]. В качестве единого стандарта классификации почв была выбрана региональная классификация Р.М. Морозовой [4], отражающая особенности почвенных условий Карелии [5]. База данных получила государственную регистрацию №2012620683 и продолжает пополняться архивными и современными данными. Для обработки данных использовался пакет STATISTICA 10.0.

Для сравнения были выбраны наиболее обследованные типы почв: подзолистые, буроземы грубогумусные, буроземы грубогумусные глеевые, элювиально-поверхностно-глееватые почвы, что в классификации почв России (2004 г.) [3] частично соответствует подзолам, подбурам, подбурам глеевым, дерновым альфегумусовым глеевым почвам.

Анализ показал, что наиболее кислыми являются подстилки подзолистых почв ($4,34 \pm 0,56$), тогда как в иллювиальных горизонтах наибольший уровень актуальной кислотности обнаружен в буроземах грубогумусных ($4,83 \pm 0,94$).

По содержанию углерода в подстилках выделяются подзолистые ($38,52 \pm 14,6\%$) и элювиально-поверхностно-глееватые ($37,8 \pm 9,67\%$) почвы. В иллювиальных горизонтах наибольшие средние значения углерода в буроземах грубогумусных ($1,27 \pm 0,64\%$).

ДИНАМИКА И ПРОДУКТИВНОСТЬ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

Наибольшим содержанием азота в подстилках выделяются элювиально-поверхностно-глееватые почвы ($1,5 \pm 0,07$ %), а в иллювиальных горизонтах буроземы грубогумусные ($0,25 \pm 0,18$ %).

Элювиально-поверхностно-глееватые почвы наиболее богаты подвижными соединениями фосфора и калия, как в подстилке, так и в иллювиальном горизонте.

Анализ показал, что наиболее выделяются по общему составу элементов иллювиальные горизонты буроземов грубогумусных, в которых обнаружено наибольшее валовое содержание Fe_2O_3 ($13,12 \pm 7,24$ %), P_2O_5 ($0,79 \pm 0,62$ %), CaO ($3,76 \pm 1,69$ %), MnO ($0,21 \pm 0,28$ %), TiO_2 ($2,71 \pm 1,59$ %), а также в элювиально-поверхностно-глеевой почве, где наибольшее содержание Al_2O_3 ($15,84 \pm 2,16$ %), MgO ($2,40 \pm 0,58$ %), K_2O ($2,98 \pm 0,65$ %). (ГЗ 0220-2014-0008)

ЛИТЕРАТУРА

1. Агрохимические методы исследования почв / Ред. А. В. Соколов. М.: Наука. 1975. 488 с.
2. *Аринюшкина Е.В.* Руководство по химическому анализу почв. М.: МГУ. 1970. 487 с.
3. Классификация почв России / Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
4. *Морозова Р.М., Федорец Н.Г.* Земельные ресурсы Карелии и их охрана. Петрозаводск: Карельский Научный Центр РАН. 2004. 152 с.
5. Почвы Карелии / ред. Лазарева И.П., Петрозаводск. 1981. 192 с.
6. *Солодовников А.Н.* Зональные различия величины кислотности песчаных подзолов под сосновыми биоценозами // Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 70-летию КарНЦ РАН (г. Петрозаводск, 24–27 мая 2016 г.). Петрозаводск: КарНЦ РАН. 2016. С. 209–211.
7. *Солодовников А.Н.* Разработка базы данных «Почвы Карелии» // Материалы международной научной конференции «Ресурсный потенциал почв – основа продовольственной и экологической безопасности России». Санкт-Петербург: Издательский дом СПбГУ. 2011. С. 304.

ГЕНЕЗИС, МЕЛИОРАЦИЯ И ЛЕСНАЯ БИОПРОДУКТИВНОСТЬ ЧЕРНОЗЕМНЫХ СОЛОНЦОВЫХ ПОЧВ

Чевердин Ю.И.^{1,2}, Ахтямов А.Г.²

¹ НИИСХ ЦЧП им .В.В. Докучаева;

² Каменно-Степное опытное лесничество, г. Воронеж, Каменная Степь,
cheverdin62@mail.ru

Исследования полувекового опыта комплексного мелиоративного воздействия на солонцовые почвы древесными породами, имеющими разный ранг соле- и солонцеустойчивости, является актуальным для изучения почвенного разнообразия Каменной Степи (НИИСХ ЦЧП). Исследованиями многих ученых страны была разработана шкала солевыносливости и солеустойчивости древесных пород [1,2].

Лесная полоса № 147 (солонцовая клетка) является первым опытным мелиоративным участком, где с 1952 г. И.А. Юриным, И.Ф. Поротиковым совместно с учеными Почвенного института им. В.В. Докучаева проводились опыты по мелиорации старых солонцов лесомелиоративным методом на основе нанесения на солонцовые пятна черноземной массы в сочетании с гипсом и навозом [3,4].

Участки изучаемых древостоев произрастают на черноземах и солонцах, которые мелиорировались землеванием с унавоживанием и гипсованием. Исходя из данных полученных в 1959–1960 гг. сохранность основных древесных пород (дуб, ясень и вяз) зависела от расположения участка в пространстве, а в пределах его от почвенных условий произрастания. К настоящему времени насаждения относятся к шестому классу возраста (средневозрастная группа возраста) в котором продолжается процесс формирования древостоя. На южном участке количество дуба в черноземной секции на 67,2 % больше, чем на солонцовой секции, при почти равной густоте ясеня и вяза.

В северной части на солонцовой секции число деревьев ясеня на 52,1 % выше, чем на черноземе, где больше деревьев дуба и вяза. Сохранность тополя на южном участке больше относится к

ДИНАМИКА И ПРОДУКТИВНОСТЬ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

черноземной секции (юго-западный угол л.п. №^Б 147), тогда как в северной части участка он сохранился только на черноземной секции. Клен татарский и плодовые виды были сильно изрежены при проведении рубок ухода за дубом (прочистка) в 1972 г. Большая часть клена татарского отмирает и в настоящее время сохранилась в качестве сухостоя. На обоих участках отмечено произрастание самосева свидины (кустарник) и клена остролистного, вышедшего в состав второго яруса древостоя, и его густота на черноземной секции в 4,4 раза превышает количество деревьев на солонцах. Отмеченный нами ясень обыкновенный на I участке по параметрам роста превосходит деревья ясеня пушистого, но является единичным в древостое. Анализ густоты сохранившихся древесных пород показывает, что на южном участке опыта количество деревьев на черноземной секции на 1,2 % выше, чем на солонцах.

Сравнение параметров роста основных древесных пород, произрастающих на солонцах и черноземах, соответственно участки I и II – III и IV, показывает, что дуб первого яруса на южной половине опытного участка не имеет существенного различия в росте, тогда как в северной части дуб на черноземной секции достоверно превышает показатели роста деревьев на солонцах.

Рост ясеня пушистого в южной части опытного участка не зависит от почвенных разностей, а в северной части деревья, растущие на черноземной секции, существенно превышают по высоте ясень на солонцовой секции. И если число дуба в этих секциях на 67 % меньше, то у ясеня на этих почвах густота на 38 % выше, чем в черноземных секциях.

Для вяза в южной половине участка на черноземах создались лучшие условия для роста, где параметры деревьев существенно превышают таковые на солонцовых почвах. В северной части, при небольшой разнице по высоте, вяз на солонцах превышает диаметр деревьев, растущих на черноземе. Для обоих участков опыта характерным является то, что на солонцах число деревьев меньше, чем на черноземах.

В целом, по совокупности основных таксационных показателей густоты, полноты и запаса стволовой древесины, усредненная формула на солонцовых секциях (I, III участки) составляет

5Яп4Д1В при густоте 654 деревьев с полнотой 16,9 м²/га, запасом древесины 148 м³/га и сомкнутостью крон 0,65. На черноземных секциях сформировался древостой с составом 5Д2Яп1В1Ко с количеством деревьев 782 шт./га, с полнотой 23,6 м²/га, запасом древесины 222 м³/га. И сомкнутость крон 0,90. На солонцовых секциях средний бонитет равен 1,5 с ежегодным приростом древесины 2,8 м³/га, на черноземных секциях, соответственно, 1 и 4,1 м³/га. По совокупности основных таксационных показателей насаждений древостой на черноземных почвах на 36,9 % превышают показатели древостоев на солонцах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бялый А.М. Водный режим и лесорастительные свойства каштановых почв // Научн. Тр./ ВНИАЛМИ. 1985. С. 62–63.
2. Мигунова Е.С. Лесонасаждения на засоленных почвах. М, 1978. С. 105–117.
3. Хитров Н.Б., Чевердин Ю.И., Поротиков И.Ф. Солонцовый процесс в постагрогенных и постмелиоративных условиях Каменной Степи/ Почвоведение. 2009. № 11. С. 1383–1392.
4. Чевердин Ю. И. Изменения свойств почв юго-востока Центрального Черноземья под влиянием антропогенного воздействия. Воронеж: Истоки, 2013. 336 с.

ПУТИ И СКОРОСТЬ БИОГЕННОГО КСИЛОЛИЗА В ТАЕЖНЫХ ЛЕСАХ

Шорохова Е.В.^{1,2}, Капица Е.А.^{2,1}

¹ *Институт леса Карельского научного центра РАН, Петрозаводск, shorohova@ES13334.spb.edu*

² *Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова, Санкт-Петербург*

Пути и скорость биогенного (микогенного) ксилолиза (ферментативного разложения древесного вещества клеточных стенок, окисления его в процессе метаболизма мицелия до СО₂ и

ДИНАМИКА И ПРОДУКТИВНОСТЬ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

H_2O с освобождением энергии) крупных древесных остатков (КДО) влияют на интенсивность биологических круговоротов и потоков энергии в лесных биогеоценозах, а также на скорость и характер сукцессий сообществ различных организмов, связанных с древесиной на всех этапах ее разложения [3]. Основные пути ксилолиза можно классифицировать как биотрофный и сапротрофный [4]. Слабая изученность этого процесса в таежных лесах обусловлена недостаточным вниманием исследователей к экологической роли КДО в лесных экосистемах и методическими трудностями [5]. Основные подходы к изучению биогенного ксилолиза *in vivo* включают: 1) наблюдение за потерей массы одного и того же объекта [1], 2) замену временных рядов пространственными, т.е. подбор объектов разной давности отмирания [9] и 3) оценку скорости ксилолиза, основанную на замерах интенсивности дыхания КДО [2, 10]. Процесс ксилолиза в таежной зоне может длиться до нескольких сотен лет [9], поэтому применяют комбинацию первого и второго подходов [8]. При этом возникает ряд трудностей, связанных с вариабельностью процесса, взаимодействием факторов ее определяющих, а также с тем, что ксилолиз может начинаться задолго до отмирания дерева [6] и др.

Факторы, влияющие на процесс ксилолиза, можно разделить на три основные группы [7]: 1) физические (температура, влажность, испарение, отношение размера КДО к объему, аэрация); 2) химические (содержание азота, лигнина, лигнино-целлюлозный индекс, отношения C/N и лигнин/N, pH); 3) биологические (грибы, бактерии, почвенная мезофауна, древесная порода). Все эти факторы влияют на процесс ксилолиза одновременно и вычленить действие какого-либо одного фактора зачастую практически невозможно.

На основании данных о потере массы в процессах ксилолиза и фрагментации КДО, полученных с более чем 3500 объектов с использованием первого методического подхода и экспоненциальной модели, рассчитаны константы ксилолиза основных лесобразующих пород в таежных лесах. Средняя константа со-

ставила 0.038 (0.001) год⁻¹ и варьирует от 0.001 до 0.469 год⁻¹ в зависимости от взаимосвязанных факторов, основными из которых являются разница между максимальной и минимальной годовыми температурами, древесная порода, фракция (стволовая часть, ветви, корни, древесина или кора), вид отмирания дерева (усыхание, ветровал, бурелом, пни после рубки) и положение субстрата (сухостой, зависший ствол, валеж, пень), а также лесорастительные условия.

Из неизученных вопросов следует особо отметить неизвестность соотношения биотрофного и сапротрофного путей по массе и объему древесины ни на уровне отдельных стволов, ни на уровне биогеоценоза; отсутствие сравнений скорости ксилолиза при различных путях; недостаточность оценок дереворазрушающей активности отдельных видов грибов и ксилотрофных сообществ в целом и взаимодействия этого фактора с другими факторами ксилолиза, недостаточность оценок вариабельности ксилолиза в пределах одного объекта КДО и факторов, влияющих на нее.

Исследования поддержаны Российским научным фондом (грант № 15-14-10023).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Морозов Е.Е.* Экологические условия и скорость микогенного ксилолиза в биогеоценозах южной подзоны тайги. Автореф. Дис. к.б.н. СПб. 1994. 22 с.
2. *Соловьев В.А.* Дыхательный газообмен древесины. Л.: Изд-во Ленингр. Ун-та., 1983. 300 с.
3. *Соловьев В.А.* Микогенный ксилолиз, его экологическое и технологическое значение // Научные основы устойчивости лесов к дереворазрушающим грибам. М. Наука. 1992.
4. *Стороженко В.Г.* Структура древостоев и дереворазрушающие грибы коренных сосновых биогеоценозов Русской равнины. Сибирский журнал. 2015. № 4. С. 30–39.
5. *Шорохова Е.В.* Роль крупных древесных остатков в лесных экосистемах // Ксилобиология и биологическое древесиноведение. 2003. С. 68–75.

ДИНАМИКА И ПРОДУКТИВНОСТЬ
ЛЕСНЫХ ПОЧВ

6. *Boddy L.* Fungal community ecology and wood decomposition process in angiosperms: from standing tree to complete decay of coarse woody debris // *Ecological Bulletins*. 2001. No. 49. Pp. 43–57.

7. *Edmonds R.L.* Organic matter decomposition in Western United States forest. Proceeding of Symposium on Management and Productivity of Western-Montane Forest Soils, Boise, ID, April 10–12. 1990.

8. *Harmon M.E., Krankina O.N., Sexton J.* Decomposition vectors: a new approach to estimating woody detritus decomposition dynamics // *Can. J. For. Res.* 2000. Vol. 30. Pp. 76–84.

9. *Shorohova, E., Kapitsa, E.* Influence of the substrate and ecosystem attributes on the decomposition rates of coarse woody debris in European boreal forests // *For. Ecol. and Man.* 2014. Vol. 315. Pp. 173–184.

10. *Yoon T. K., Noh N.J., Kim S., Han S., Son Y.* Coarse woody debris respiration of Japanese red pine forests in Korea: controlling factors and contribution to the ecosystem carbon cycle // *Ecological Research*, 2015. V.30. № 4. Pp. 723–734.

С Е К Ц И Я

«ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ РОЛЬ ПОЧВ В КРУГОВОРОТЕ ВЕЩЕСТВ И УСТОЙЧИВОСТИ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ»

ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВООБРАЗУЮЩИХ ПОРОД И ПОЧВ СРЕДНЕТАЕЖНОЙ ПОДЗОНЫ КАРЕЛИИ

Ахметова Г.В.

*Институт леса Карельского научного центра РАН, Петрозаводск,
akhmetova@krc.karelia.ru*

Главная геохимическая особенность почв Карелии связана с тем, что основная часть региона расположена в пределах восточной части Фенноскандинавского щита. Здесь широко распространены кислые горные породы (гранитогнейсы, гнейсограниты, гнейдиориты, граниты), которые богаты кремнеземом, алюминием и щелочами, но бедны металлами и почти не содержат микробиогенные элементы.

Широко распространены на исследуемой территории озерные и флювиогляциальные песчаные отложения, которые отличаются очень низкими значениями содержаниями микроэлементов, существенно ниже кларков литосферы [3]. Песчаная морена характеризуется более высокими концентрациями, тем не менее, эти значения также можно считать низкими. С увеличением гранулометрического состава содержание микроэлементов, как известно, увеличивается. Почвообразующие породы тяжелого гранулометрического состава – суглинистая морена и слоистые глины характеризуется достаточно высокими значениями содержания микроэлементов. Отмечается особо высокая, иногда достигающая и превышающая кларки литосферы, кон-

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ РОЛЬ ПОЧВ В КРУГОВОРОТЕ ВЕЩЕСТВ И УСТОЙЧИВОСТИ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ

центрация меди (42 мг/кг), цинка (150 мг/кг) и никеля (50 мг/кг). Значительно увеличивается концентрация микроэлементов в почвообразующих породах в районах распространения основных пород и шунгитовых сланцев. Здесь отмечается повышенное содержание большинства изучаемых микроэлементов, особенно отмечается высокий уровень концентрации меди (100 мг/кг) и цинка (160 мг/кг).

Содержание микроэлементов в почвообразующих породах в значительной степени наследуется почвами. Отмечается значительная вариабельность содержания изучаемых микроэлементов в почвах среднетаежной подзоны Карелии [2, 5].

Содержание микроэлементов в наиболее распространенных почвах изучаемой территории – литоземах (Л), подзолах (П) и подбурах (Пб), относительно кларковых [3] и фоновых показателей [4], очень низкое (рис.). Эта особенность связана с почвообразующими породами, на которых формируются данные почвы – в основном это флювиогляциальные пески и песчаная морена, которые бедны химическими элементами. Отмечено очень низкое, относительно кларковых и фоновых величин, содержание меди (до 10–15 мг/кг), никеля (10 мг/кг), кобальта (до 5 мг/кг) и хрома (20 мг/кг).

Подзолистые (П) и подзолистые глеевые почвы (Пг) формируются преимущественно в условиях распространения почвообразующих пород супесчаного и суглинистого гранулометрического состава в южной части региона и востоке региона (Пудожский район). Несмотря на то, что концентрация большинства рассматриваемых микроэлементов в данных почвах находится ниже кларковых и фоновых значений, для них выявлен более высокий уровень содержания, что связано с более тяжелым гранулометрическим составом почв по сравнению с вышерассмотренными.

Глееземы (Г) встречаются локально, данные почвы развиваются в условиях распространения слоистых ленточных глин, для них характерно развитие глеевых условий из-за длительного насыщения почвы водой. Содержание исследуемых микроэлементов в данных почвах характеризуются достаточно высоким уровнем.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ ЛЕСНОГО
ПОЧВОВЕДЕНИЯ, 13–17 сентября 2017

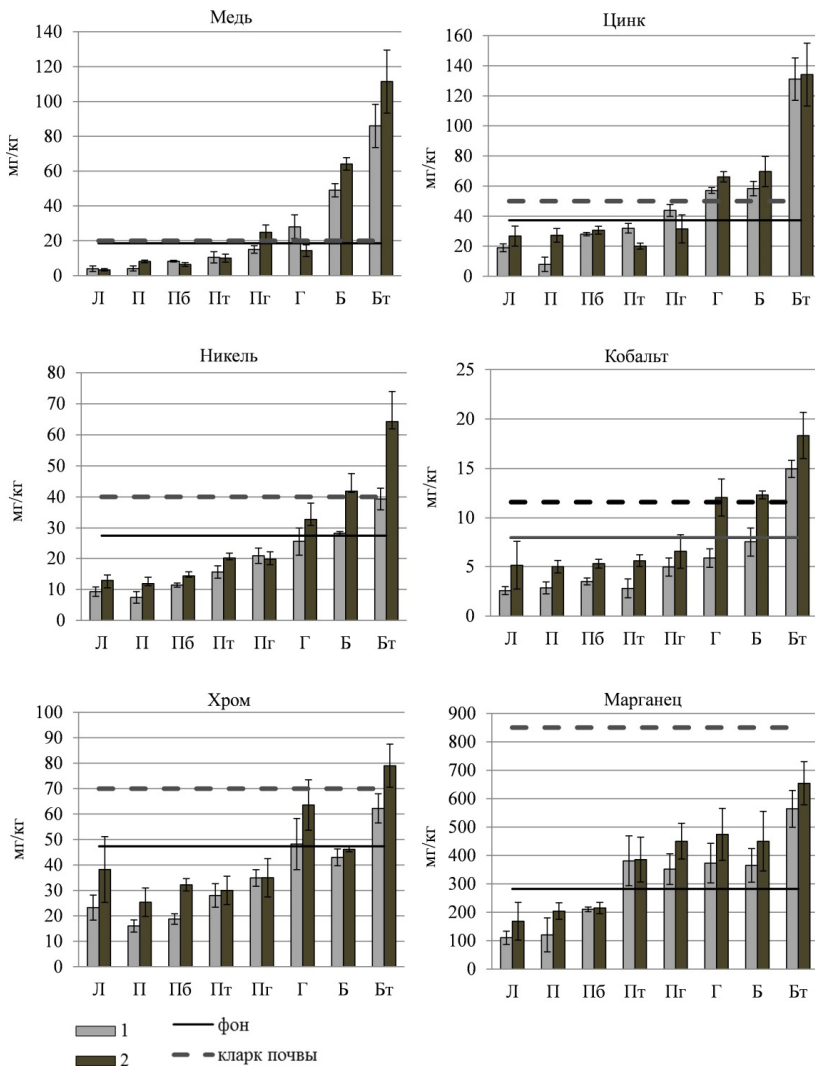


Рис. Содержание микроэлементов в почвах среднетаежной подзоне Карелии (расшифровка дается в тексте)

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ РОЛЬ ПОЧВ В КРУГОВОРОТЕ ВЕЩЕСТВ И УСТОЙЧИВОСТИ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ

Буроземы (Б) формируются в местах распространения почвообразующих пород основного химического состава и на тяжелых суглинках. Содержание микроэлементов в данных почвах превышают фоновые значения в 2–5 раз. Особенно высокие значения выявлены для цинка (более 80 мг/кг), меди (до 100 мг/кг) и никеля (до 50 мг/кг).

Наибольшая концентрация всех изученных микроэлементов характерна для буроземов развитых на шунгитовых сланцах или морене с высоким содержанием шунгитового материала (Бт). В данных почвах отмечаются самые высокие значения содержания микроэлементов среди почв Карелии. Выявлено превышение фоновых и кларковых показателей таких микроэлементов как медь (в 5–7 раз), цинка (в 3–4 раза), никеля и кобальта (в 2 раза). Несмотря на высокую степень каменистости, данные почвы могут считаться наиболее плодородными среди почв Карелии.

Установленные географические особенности содержания изучаемых микроэлементов в почвах среднетаежной подзоны Карелии отражены на составленных моноэлементных картосхемах [1]. На них хорошо прослеживается, что большую часть исследуемой территории занимают почвы, содержание микроэлементов в которых можно охарактеризовать как низкое. Выделяются несколько районов, которые отличаются высокой концентрацией всех микроэлементов: северо-западное Прионежье, Заонежский полуостров, крайняя юго-восточная часть (Пудожский район) и Приладожье. На основе полученного материала была создана база данных «Микроэлементы в почвах среднетаежной подзоны Карелии».

Данные получены при использовании оборудования аналитической лаборатории Института леса Карельского научного центра РАН. Представленный материал был получен при выполнении государственного задания ИЛ КарНЦ РАН (0220-2014-0008).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ахметова Г.В.* Географические особенности распределения микроэлементов в почвах среднетаежной подзоны республики Карелия // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований.* 2016. №. 10–4. С. 572–576.

2. *Ахметова Г.В.* Особенности содержания микроэлементов в лесных почвах трех типов ландшафтов среднетаежной подзоны Карелии // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. № 4. 2009. С. 49–53.

3. *Виноградов А. П.* Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах. М.: Изд-во АН СССР. 1957. 239 с.

4. Почвы Карелии: геохимический атлас / Федорец Н.Г., Бахмет О.Н., Солодовников А.Н., Морозов А.К. М.: Наука, 2008. 47 с.

5. Тяжелые металлы в почвах Карелии / Отв. ред. Г.В. Ахметова. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2015. 222 с.

РОЛЬ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ В БИОЛОГИЧЕСКОМ КРУГОВОРОТЕ ВЕЩЕСТВ В СТАРОВОЗРАСТНЫХ ЕЛЬНИКАХ СРЕДНЕЙ ТАЙГИ РЕСПУБЛИКИ КОМИ

Бобкова К.С., Робакидзе Е.А., Торлопова Н.В.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки

Институт биологии Коми научного центра УрО РАН, Сыктывкар,

robakidze@ib.komisc.ru

Атмосферные осадки, кроме транспорта воды и тепла, активно участвуют в переносе масс твердых веществ [1]. Следовательно, атмосферные выпадения являются важным источником питания растений лесных фитоценозов. Им отводится роль постоянного «резервного фонда» биологического круговорота веществ, компенсатора, благодаря которому происходит постоянное пополнение биогеоценоза элементами минерального питания извне [4]. Химический состав атмосферных осадков характеризуется пространственной и сезонной вариабельностью [2,3,5].

Цель данной работы – оценка участия атмосферных осадков в биологическом круговороте веществ в старовозрастных еловых насаждениях средней тайги Республики Коми.

Исследования химического состава атмосферных осадков и лизиметрических вод проводили в трех насаждениях старовозра-

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ РОЛЬ ПОЧВ В КРУГОВОРОТЕ ВЕЩЕСТВ И УСТОЙЧИВОСТИ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ

стных ельников на территории Ляльского лесоэкологического стационара Института биологии Коми НЦ УрО РАН, в подзоне средней тайги (62°17' с.ш., 50°40' в.д.). Древостои еловых фитоценозов смешанные по составу, при доминировании в них ели, присутствуют береза, сосна, пихта, редко осина. Они разновозрастные, V класса бонитета. Под ельником черничным влажным формируется подзол иллювиально-гумусово-железистый контактно глееватый, под разнотравно-черничным – типичная подзолистая почва. Почвообразующие породы представлены моренными суглинками, неоднородными по гранулометрическому составу. С поверхности пески, супеси подстилаются тяжелыми суглинками, глиной. Суглинки с глубины 80–90 см слабокарбонатны. Подзолистые почвы ельников кислые (рН 5.0), особенно велика кислотность в их верхних горизонтах (рН 4.5). Для данных почв характерно повышенное содержание в верхних слоях оксидов железа, что связано с сезонным оглеением водоупора тяжелосуглинистой подстилающей породы. Двучленность профиля почвы по гранулометрическому составу не является препятствием для элювиальных процессов. По всему профилю наблюдается вынос водорастворимых соединений.

Дождевые осадки собирали с июня по октябрь 2007–2008 гг. Для сбора использовали осадкоприемники с диаметром приемной поверхности 18 см, в 15-кратной повторности, которые размещались на расстоянии 5 м друг от друга под кронами елей, берез и в «окнах». Осадки собирались один раз в месяц. Снег отбирали с декабря 2006 г. по март 2009 г. Для сбора снежных осадков использовались снегоприемники, которые были установлены в 3–4-х повторностях под кронами ели, березы и в межкрупных пространствах («окнах»). Осадки собирали раз в месяц [6]. Лизиметрические воды в почвах отбирали с мая по сентябрь 2005 и 2006 гг. из-под горизонтов O, E и EB.

Количественный химический анализ проб воды проводили в лаборатории «Экоаналит» Института биологии Коми НЦ УрО РАН (аттестат аккредитации № РОСС RU.0001.511257). Применялись следующие методы количественного анализа: рН – по-

тенциометрия электродами низкой ионной силы; растворенный органический углерод – термическим сжиганием с инфракрасным детектированием на ТОС-анализаторе (SHIMADZU, Япония); сульфаты – турбидиметрия на КФК-3 (Россия); фосфаты, нитраты, ионы аммония – фотометрия КФК-3; хлориды – колориметрическая титриметрия, микробюретка 1-2-2-01; кальций, магний, калий, натрий, железо, цинк, медь, алюминий, марганец – атомно-эмиссионная спектроскопия с индуктивно-связанной плазмой.

Выявлено, что по концентрации иона водорода дождевые и снежные осадки, прошедшие через кроны еловых древостоев, относятся к слабокислым, при средней величине рН 5.4. По химическому составу дождевые осадки, поступающие к поверхности почвы старовозрастных ельников, относятся к гидрокарбонатно-калиево-кальциевым, снежные осадки, поступающие под полог ельников, относятся к гидрокарбонатно-кальциевым. В химическом составе дождевых и снежных осадков прошедших сквозь кроны деревьев доминирует растворенный органический углерод. Общая минерализация атмосферных осадков, прошедших под полог старовозрастных еловых древостоев средней тайги, стабильно низкая.

За год под полог ельника черничного с атмосферными осадками поступает в среднем растворенного органического углерода – 216.7, ельников разнотравно-черничных 238.4 и 196.9 мг/дм³. С дождевыми и снеговыми осадками под полог ельников поступает минеральных элементов от 158.0 до 215.9 мг/дм³ в год.

Кислотность лизиметрических вод подстилки варьирует от 4.6 до 6.7. Среднее значение рН вод под горизонтами Е и ЕВ составляет 6.7. Содержание органических веществ в водах из подстилки в течение всего периода наблюдений изменяется от 72 до 200 мг/дм³. Из минеральных горизонтов органические вещества вымываются слабо – в среднем 80 мг/дм³. Вымывание соединений кальция происходит в большем количестве из минеральных горизонтов (4–25 мг/дм³), нежели из подстилки (3–9 мг/дм³). Содержание ионов железа в водах из аккумулятивного

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ РОЛЬ ПОЧВ В КРУГОВОРОТЕ ВЕЩЕСТВ И УСТОЙЧИВОСТИ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ

горизонта составляет 0.3–0.8 мг/дм³, причем в разнотравно-черничном ельнике количество их больше, чем в черничном влажном. Из минеральных горизонтов почв процесс вымывания железа менее выражен и составляет 0.05–0.26 мг/дм³. Содержание алюминия в подстилочных водах (0.71 мг/дм³) выше, чем в водах из минеральных горизонтов (0.67 мг/дм³). На первом месте по выносу из подстилки и миграции по профилю стоит кальций, далее следуют соединения серы, магния, хлора, калия, железа. Среди микроэлементов в исследуемых ельниках максимально поступают из подстилки и мигрируют по почвенному профилю ионы алюминия. Общая минерализация лизиметрических вод типично подзолистой почвы выше, чем иллювиально-гумусово-железистого подзола, лишь в водах из горизонте ЕВ последнего преобладают соединения алюминия и железа.

Данные по химическому составу атмосферных осадков и лизиметрических вод в старовозрастных ельниках могут быть использованы как фоновые при проведении экологического мониторинга лесов средней тайги.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Вернадский В.И.* История природных вод. Избр.соч. М.: Изд-во АН СССР. 1960. 536 с.
2. *Лукина Н.В., Никонов В.В.* Биогеохимические циклы в лесах Севера в условиях аэротехногенного загрязнения. Апатиты: Изд-во Кольского НЦ РАН, 1996. Ч. 1. 213 с.
3. *Лукина Н.В., Никонов В.В.* Питательный режим лесов северной тайги: природные и техногенные аспекты. Апатиты, 1998. 316 с.
4. *Одум Ю.* Основы экологии. М.: Мир. 1975. 740 с.
5. *Lindroos A.-J., Derome J., Derome K., Niska K.* Deposition / Forest Condition Monitoring in Finland (national report 1999) / edited by Liisa Ukonmaanaho and Hannu Raitio: The Finnish Forest Research Institute, research papers 782. 2000. P. 61–69.
6. Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forest. Part III: <http://www.icp-forests.org/pdf/manual3.pdf>, 2002.

ЭМИССИЯ CO₂ ИЗ ПОЧВЫ ПОД ПОСАДКАМИ ЭВКАЛИПТОВ, МЕКСИКА

Икконен Е.Н.¹, Гарсиа-Кальдерон Н.Е.², Ибаньес-Уэрта А.²,
Этчеверс Х.Д.³, Красильников П.В.^{1,4}

¹ Учреждение Российской академии наук Институт биологии КарНЦ
РАН, Петрозаводск, likkonen@gmail.com;

² Факультет Наук, Национальный Автономный Университет Мексики,
Хурикийя, Мексика;

³ Школа аспирантуры, Тескоко, Мексика;

⁴ Московский государственный университет им. Ломоносова, Москва

Ввиду быстрого роста и качественной древесины многие виды эвкалиптов широко культивируются в различных странах, включая Мексику. Благодаря высокому потенциалу накопления биомассы расширение эвкалиптовых плантаций и насаждений может способствовать значительному депонированию в них атмосферного углерода. Основные потери углерода в фитоценозе происходят в результате эмиссии CO₂ почвами [1], поэтому для корректной оценки направленности баланса углерода в экосистеме важное значение имеет определение величины потока CO₂ из почвы и ее сезонной вариабельности.

Эмиссию CO₂ и его концентрацию в почвенном воздухе, температуру и влажность почвы измеряли под посадками эвкалиптов (*Eucalyptus globulus* Labill.) в парковой зоне вблизи г. Тескоко, Мексика. Скорость потока CO₂ с поверхности почвы с включением травяного напочвенного покрова (*Festuca spp.*) и без такового определяли камерным методом раз в две недели в период с июня 2008 по май 2009 г. Почвенный профиль участка классифицирован по Мировой реферативной базе почвенных ресурсов (WRB) как Fluvic Endogleyic Phaeozems (Clayic, Sodic). Почвы сформировались на озерных отложениях находившегося ранее на месте района исследования бессточного соленого озера Тескоко [2]. Верхние горизонты почв богаты органическим веществом, но по всему почвенному профилю реакция среды сильнощелочная, что связано с высоким содержанием натрия в поглощающем комплексе [2]. Согласно классифи-

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ РОЛЬ ПОЧВ В КРУГОВОРОТЕ ВЕЩЕСТВ И УСТОЙЧИВОСТИ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ

кации Кеппена, модифицированной Гарсия [3], климат района исследований классифицируется как субтропический. Сухой сезон длится с ноября по март, влажный – с апреля по октябрь. Согласно многолетним данным ближайшей метеорологической станции “Gabino Barreda” (UNAM, Mexico City, D.F.) количество осадков составляет около 700 мм/год, среднегодовая температура воздуха равна 15 °С, температурный максимум (17 °С) достигается в июле, а минимум (13 °С) – в январе. Согласно нашим данным, температура почвы на глубине 5 см составляла в среднем 15,5 °С за теплый период года с марта по сентябрь и 13,5 °С за холодный период с ноября по февраль. С увеличением глубины температура почвы изменялась незначительно. К концу сезона дождей влажность почвы на глубине 0–30 поднималась до 50 % от веса сухой почвы и затем опускалась до 25 % в сухой период. На глубине 40–50 см влажность почвы увеличивалась почти в два раза относительно влажности на глубине 0–30 см. Максимум накопления напочвенным растительным покровом наземной биомассы приходился на июнь-июль и составлял 170 г сух. массы/м². В декабре-январе сухая биомасса растений напочвенного покрова понижалась до 70 г/м², сравниваясь с массой опада.

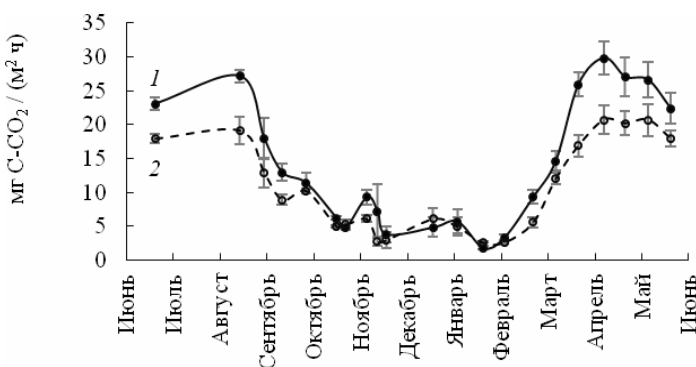


Рис. 1. Сезонная динамика эмиссии CO₂ из почвы с корнями (1) и без корней (2) напочвенного покрова под посадками эвкалиптов в Центральной Мексике

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ ЛЕСНОГО
ПОЧВОВЕДЕНИЯ, 13–17 сентября 2017

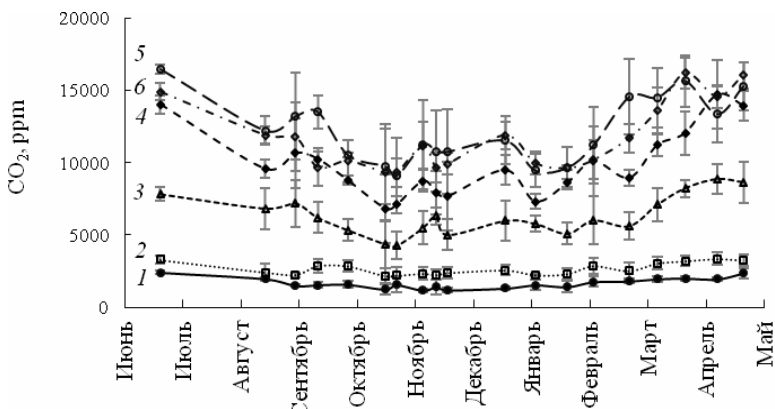


Рис. 2. Сезонная динамика содержания CO₂ в почвенном воздухе на глубине 5 (1), 10 (2), 20 (3), 30 (4), 40 (5) и 50 (6) см

Динамика эмиссии CO₂ из почвы исследованного участка носила четко выраженный сезонный характер (рис. 1). Скорость выделения углекислого газа из почвы снижалась в холодный сухой период и усиливалась в теплый влажный период года. Вклад корневого дыхания растений нижнего яруса варьировал в среднем от 20 % в сухой сезон до 30 % во влажный. Годовая величина потока почвенного CO₂ составила 157 г C-CO₂/(м² год), что гораздо ниже значений, определенных для большинства лесных почв тропической и субтропической зон [4, 5]. Содержание CO₂ в почвенном воздухе исследованного участка имело тенденцию к снижению в сухой и к росту во влажный период года (рис. 2). Содержание газа в почве повышалось с увеличением глубины отбора почвенного воздуха от 5 до 40 см, далее с глубиной снижаясь. Как эмиссия, так и накопление почвенного CO₂ являются результатом совокупности процессов его продуцирования и транспорта в почве, которые в свою очередь зависят от широкого спектра факторов. Временную вариабельность скорости данных процессов обуславливают в первую очередь условия температуры и влажности почвы [6]. Результаты данного исследу-

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ РОЛЬ ПОЧВ В КРУГОВОРОТЕ ВЕЩЕСТВ И УСТОЙЧИВОСТИ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ

дования показали высокую степень зависимости эмиссии CO_2 и его содержания в исследованной почве от температуры и температурозависимого запаса фитомассы напочвенным покровом. Динамика влажности почвы в некоторой степени повлияла на накопление газа в почве, но не оказала значимого влияния на вариабельность эмиссии газа с поверхности почвы. Низкие скорости выделения CO_2 почвенным покровом исследованного участка обусловлены, вероятно, ингибированием активности микробного комплекса высоким уровнем щелочности почвы. Повышенная плотность почвы и ее слабая аэрируемость способствуют в большей степени накоплению продуцируемого в почве газа, чем его выносу в атмосферу.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кудеяров В.Н., Заварзин Г.А. Благодатский С.А. и др. Потоки и пулы углерода в наземных экосистемах России / Отв. ред. Г.А. Заварзин. М.: Наука, 2007. 315 с.
2. Gutiérrez-Castorena M.C., Ortiz-Solorio C. Origen y evolucion de los suelos del ex lago de Texcoco, México // *Agrociencia*. 1999. Vol. 33. P. 199–208.
3. García E. Modificaciones al sistema de clasificación climatic de Köppen. Mexico: UNAM, 1973. 42 p.
4. Лопес де Гереню В.О., Курбатова Ю.А., Курганова И.Н., Тиунов А.В., Аничкин А.Е., Мякина Т.Н., Кузнецов А.Н. Суточная и сезонная динамика потока CO_2 из почв в различных древостоях муссонного тропического леса // *Почвоведение*. 2011. № 9. С. 1074–1082.
5. Yin S. Zhang X., Pumpanen J., Shen G., Xiong F., Liu C. Seasonal variation in soil greenhouse emissions at three age-stages of dawn redwood (*Metasequoia glyptostroboides*) stands in an alluvial island, Eastern China // *Forest*. 2016. N 7. P. 256–271.
6. Курганова И.Н., Лопес де Гереню В.О., Мякина Т.Н., Сапронов Д.В., Кудеяров В.Н. Эмиссия CO_2 из почв различных экосистем южно-таежной зоны: Анализ данных непрерывных 12-летних круглогодичных наблюдений // *Докл. АН*. 2011. Т. 436. № 6. С. 843–846.

**ПОСТУПЛЕНИЕ И МИГРАЦИЯ НИТРАТНОГО
АЗОТА В ГОРНЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВАХ
ЮЖНОГО СИХОТЭ-АЛИНЯ**

Кожевникова Н.К.¹, Луценко Т.Н.², Бурдуковский М.Л.¹, Перепелкина П.А.¹, Шамов В.В.²

¹ ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН, nkozhevnikova@ibss.dvo.ru;

² Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, luts@tig.dvo.ru.

На протяжении многих лет в Приморском крае наблюдается устойчивое подкисление природных осадков, связанное, преимущественно, с трансграничным переносом загрязняющих веществ из сопредельных стран [2, 3]. Доминирующим кислотным анионом во влажных выпадениях является сульфат-ион. Вклад азота также довольно существенен. Для горных районов Приморья содержание сульфат- и нитрат-ионов в дождевых водах в 2011–2013 гг./ составило 64 и 23 %-экв соответственно [1]. В среднем для территории Приморья в 2011–2015 гг. выпадение азота с осадками изменялось от 0,44 до 0,98 т/км² в год. Эта относительно невысокие величины, которые лишь в отдельные годы были приближены к критическим значениям, предлагаемым в Европе для оценки выпадений азота [3]. Целью данных исследований является предварительная оценка влияния длительных относительно невысоких уровней выпадения нитратного азота на водную миграцию элементов питания в горном лесном бассейне.

Комплексные исследования проводились в системе лесной полог-почва-река на Верхнеуссурийском лесном стационаре ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН (ВУС). Площадь ВУС (45 км²) на 98 % покрыта типичными для среднегорий юга Дальнего Востока хвойно-широколиственными лесами с постоянным участием *Pinus koraiensis*, *Picea ajanensis*, *Abies nephrolepis*, *Betula costata*, *B. mandshurica*, *Acer mono Maxim.*, *Tilia taquetii*, *Fraxinus mandshurica*, *Ulmus laciniata*. На склонах ВУС на аллювии и элюводелювии песчаников, порфиоров, спилитов, сиенитов различных стадий фрагментарности широко представлены бурые горнолесные почвы с разной степенью выраженности

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ РОЛЬ ПОЧВ В КРУГОВОРОТЕ ВЕЩЕСТВ И УСТОЙЧИВОСТИ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ

процессов осветления и гумусированности профиля [4]. Кислотность почвы в биогеоценозах с доминированием хвойных древостоев уменьшается вниз по профилю и изменяется от 4,5 до 5,2 рН в пихтово-еловых и от 4,8 до 6,2 – в широколиственно-кедровых лесах. На участках с преобладанием лиственных древостоев рН почвы снижается вниз по профилю и варьирует в диапазоне 6,3–5,5. Натурные наблюдения за химическим составом дождевых, подкroновых, почвенных и речных вод производили в 2011–2016 гг. с мая по октябрь месяц. На склонах речных бассейнов было выбрано 10 лесных участков в кедрово-широколиственных и пихтово-еловых сообществах различной возрастной структуры. NO_3^- в природных водах определяли методами жидкостной ионной хроматографии. Содержание N-NO_3^- в атмосферных осадках за теплый сезон варьировало от 0,46 до 2,44 кг N/га. В водах, прошедших через кроны, нитраты нередко отсутствовали или обнаруживались только «следы», что свидетельствует об активном поглощении азота древесной растительностью в период вегетации. Чем больше надземной фитомассы леса поглощалось нитрат-ионов, тем выше была концентрация вымываемых катионов и особенно магния. Большая часть атмосферного NO_3^- фиксируется в пределах корнеобитаемого слоя, усваивается древостоями и активно участвует в биогенных процессах. Концентрация нитратного азота в органогенных горизонтах варьировала от 0 до 45 мг $\text{NO}_3^-/\text{л}$ и зависела от доли хвойных в составе леса и соотношения тепла и влаги. В летне-осенний период 2016 г с подстилочными водами в почву поступило более 6 кг N/га. Максимальное количество NO_3^- (10–22 кг/га) выщелачивалось из подстилок во второй половине вегетационного периода. Меньше всего нитратный азот из подстилок выщелачивается на склонах северных экспозиций в сезон дождей. Количество нитратов, мигрирующих в нижние почвенные горизонты, зависит от его содержания в органогенных горизонтах, биологического потребления и объема просочившейся влаги. В большей части проб воды, отобранных из минерального горизонта в 2012–2016 гг., концентрация NO_3^- составило 0,1–6,2 мг/л. В отдельных лизиметрах была зафиксирована концентрация нитратов в 5–15 раз выше, чем в других. Эти лизиметры установлены в местах преимущественного

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ ЛЕСНОГО
ПОЧВОВЕДЕНИЯ, 13–17 сентября 2017

стекания подповерхностного стока с крутых склонов, покрытых широколиственно-елово-кедровыми лесами. В минеральном горизонте их почв содержится около 1,5 т/га общего азота, что коррелирует с его высоким содержанием в хвое ели, произрастающей в условиях ВУС [4]. Высокая концентрация NO_3 и $\text{C}_{\text{орг}}$ в почвенных водах наблюдалась в годы с повышенным увлажнением и высокими температурами воздуха в июне-августе. Вероятно, сложившиеся гидротермические условия, напрямую влияющие на интенсивность деструкции опада и минерализацию лесных подстилок, высокий уровень выпадения анионов сильных кислот, способствовали постоянному образованию нитратов и водорастворимых органических веществ в подстилках и их дальнейшему выщелачиванию в почвенные горизонты. Нитратные воды кислые, с pH 4.64–5.67, в них наблюдается повышенное (на 30–40 % относительно вод других лизиметров) содержание магния. Увеличение в водах магния связано с постепенным возрастанием обменного магния вниз по почвенному профилю в результате его выветривания из материнской породы [4]. Содержание нитрат-ионов в водах тесно коррелирует ($r = 0,73$; $n = 51$, $p > 0,05$) с количеством растворимого органического углерода. С дренируемого участка, склоны которого покрыты преимущественно хвойными древостоями, выносятся около 2 кг $\text{C}_{\text{орг}}$ /га и более 3 кг/га нитратов. Высокое содержание нитратного азота в корнеобитаемом слое является источником его поступления нижние почвенные горизонты и в речные воды (табл.).

Табл. Содержание нитратного азота (кг N/га) в ландшафтных водах ВУС в периоды циклональной активности

Речной бассейн	Ландшафтные воды		
	Дождь	Почвенные	Речные
июль-август 2013 г			
Резервный	0,87	1,24	0,29
июль-август 2014 г			
Резервный	0,60	0,72	0,50
Медвежий	0,59	1,08	0,20
август-сентябрь 2016 г			
Медвежий	0,96	0,17	0,45

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ РОЛЬ ПОЧВ В КРУГОВОРОТЕ ВЕЩЕСТВ И УСТОЙЧИВОСТИ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ

Концентрация NO_3 в речных водах ВУС составила в среднем 2–5 мг/л. В периоды циклональной активности дополнительным источником поступления в реки $\text{C}_{\text{орг}}$ и NO_3 служат верхние почвенные горизонты. Концентрации нитратного азота существенно ниже величин ПДК, но на порядок выше, чем в других, более крупных реках бассейна р. Уссури [5]. В отдельные паводки наблюдается вынос $\text{C}_{\text{орг}}$ и NO_3 из экосистемы.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант 16-05-00541) и целевой программы «Дальний Восток (грант 15-1-6-080).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Кожевникова Н.К., Болдескул А.Г.* Преобразование химического состава атмосферных осадков пологом коренных и производных хвойно-широколиственных лесов // Проблемы региональной экологии. 2014. С. 29–35.
2. *Кондратьев И. И., Кубай Б. В., Семькина Г. И., Качур А. Н.* Влияние трансграничного и природного факторов на химический состав осадков в Дальневосточном регионе России // Метеорол. и гидрол. 2013. № 10. С. 45–54.
3. Обзор состояния и загрязнения окружающей среды за 2015 г. М.: Росгидромет, 2016. 204 с.
4. *Сапожников А. П., Селиванова Г. А., Ильина Т. М., Дюкарев В. Н., Бутовец Г. Н., Гладкова Г. А., Гавренков Г. И., Жильцов А. С.* Почвообразование и особенности круговорота веществ в горных лесах Южного Сихотэ-Алиня. Хабаровск: ДальНИИЛХ, 1993. 269 с.
5. *Шулькин В.М., Богданова Н.Н., Перепелятников Л.В.* Пространственно-временная изменчивость химического состава речных вод юга Дальнего Востока РФ // Вод. ресурсы. 2009. Т. 36. № 4. С. 1–12.

ЛИТОФИЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ (Rb, Sr, Y, Zr, V) В ПОЧВАХ ЗАПОВЕДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ ПРИМОРСКОГО КРАЯ

Кошелева Ю.А., Тимофеева Я.О.

ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН, Владивосток, yuliyashoo@yandex.ru

Согласно геохимической классификации элементов В.М. Гольдшмидта Rb, Sr, Y, Zr, V относятся к группе литофильных. Длительное время считалось, что концентрация этих элементов в почвах оп-

ределяется минералогическим составом почвообразующих пород и степенью выветренности минеральных компонентов почвы. Данные отдельных исследований последних лет указывают на наличие тесной корреляционной связи между рассматриваемыми элементами и рядом физико-химических свойств почв. Также, в различных регионах мира было отмечено поступление литофильных элементов на почвенный покров в составе техногенных потоков [1,3,4,5].

Для достоверной оценки возможных последствий увеличения содержания, рассматриваемого ряда элементов в почвах, важно установить уровень их фонового содержания, основные закономерности распределения и накопления в почвенном профиле и долю техногенных форм. Наиболее подходящим объектом для начала проведения подобных исследований является почвенный покров заповедных территорий, где техногенное влияние сведено к минимуму.

Целью настоящей работы была количественная оценка валового содержания и расчет доли техногенных форм Rb, Sr, Y, Zr, V в почвах заповедных территорий Приморского края.

В качестве объектов исследования были выбраны буроземы, сформированные на территориях Сихотэ-Алинского, Лазовского и Уссурийского заповедников. Элементный анализ почв был проведен с использованием метода рентгенфлуорисцентной спектроскопии. Концентрацию ионов H^+ и содержание органического углерода ($C_{орг}$) определяли с помощью метода газовой хроматографии. Для расчета доли техногенности, был использован коэффициент техногенности, учитывающий отношение содержания элемента в верхней и нижней части почвенного профиля, нормированное по содержанию консервативного элемента алюминия [2].

По величине среднего содержания в почвах заповедников исследуемые элементы образуют следующий убывающий ряд: Zr (221,72 мг/кг) > V (125,86) > Sr (119,18) > Rb (93,16) > Y (20,65 мг/кг). Сравнение уровня концентрации Rb, Sr, Y, Zr, V в почвах заповедников с величиной среднего содержания в почвах мира показало, что содержание V, Rb, Y превышает кларковое значение, концентрация Sr и Zr находится в пределах значений кларкового уровня. Объем техногенных форм литофильных элементов варьирует от 21 % до 45 %.

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ РОЛЬ ПОЧВ В КРУГОВОРОТЕ ВЕЩЕСТВ
И УСТОЙЧИВОСТИ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ

Исключением является V, критерий техногенности этого элемента имеет отрицательное значение (– 8,1 %). Величина доли техногенности Y (42,9–45,1 %) и Rb (21,9–45,1 %) во всех исследованных почвах, Zr (27,5 %) в почвах Сихотэ-Алинского заповедника и Sr (28,6 %) в почвах Лазовского заповедника, явно свидетельствует о наличии техногенного привноса. Отсутствие прямых источников поллютантов указывает на наиболее возможное поступление литофильных элементов в составе атмосферных выпадений (табл.).

Табл. Значение доли техногенности литофильных элементов в почвах заповедников Приморского края

Tg	V	Rb	Sr	Y	Zr
Сихотэ-Алинский заповедник	–4,17	21,88	4,76	45,05	27,54
Лазовский заповедник	–6,38	38,27	28,57	42,85	0,99
Уссурийский заповедник	–13,64	45,05	13,04	43,18	14,53
Среднее значение	–8,06333	35,06667	15,45667	43,69333	14,35333

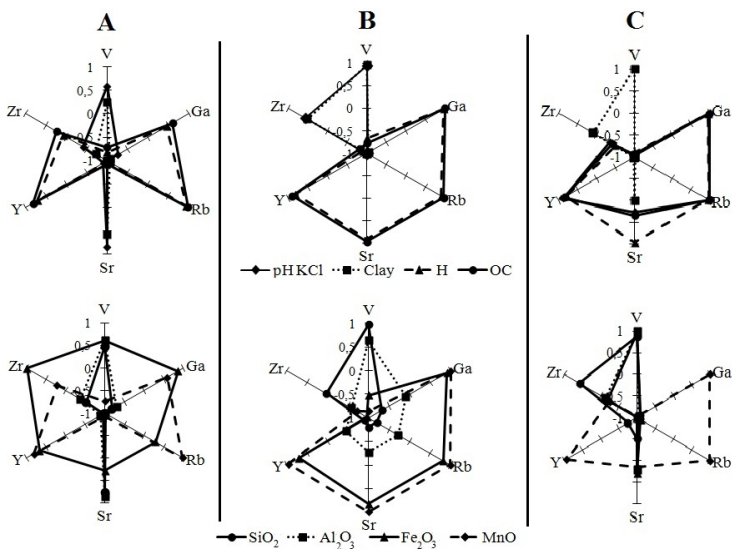


Рис. Корреляционная связь литофильных элементов с основными почвенными свойствами в почвах заповедных территорий Приморского края.

Основными фазами, контролирующими распределения и накопление элементов в почвенном профиле, являются оксиды макроэлементов и содержание H^+ . Увеличение количества техногенных форм элементов сопровождается увеличением корреляционной связи между Rb, Sr, Y, Zr, V и содержанием MnO, H^+ и $C_{орг}$ (рис.).

Сравнение уровня концентрации Rb, Sr, Y, Zr, V в почвах заповедников с величиной среднего содержания в почвах мира показало, что содержание V, Rb, Y превышает среднее значение, концентрация Sr и Zr находится в пределах значений среднего уровня. В почвах заповедников, не подверженных прямому техногенному воздействию, обнаружены техногенные формы Rb, Y, Sr и Zr. Объем техногенных форм этих элементов, варьирует от 21 % до 45 %. Наибольшая доля техногенности отмечена для Y и Rb. Основными фазами, контролирующими распределение и накопление элементов в почвенном профиле, являются оксиды макроэлементов, содержание органического вещества и концентрация H^+ . В меньшей степени оказывают влияние содержание глинистой фракции, кислотность. Установлено, что увеличение количества техногенных форм элементов сопровождается увеличением корреляционной связи между Rb, Sr, Y, Zr, V и содержанием MnO, H^+ и $C_{орг}$.

Полученные результаты могут быть использованы при почвенно-экологическом мониторинге и оценке влияния техногенеза на почвенный покров.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Водяницкий Ю.Н.* Формулы оценки суммарного загрязнения почв тяжелыми металлами и металлоидами // Почвоведение. 2010. № 10. С. 1276–1280.
2. *Водяницкий Ю. Н., Савичев А. Т., Васильев А. А., Лобанова Е.С., Чащин А. Н., Прокопович Е. В.* Содержание тяжелых щелочноземельных (Sr, Ba) и редкоземельных (Y, La, Ce) металлов в техногенно-загрязненных почвах // Почвоведение. 2010. № 7. С. 879–890.
3. *Иванов Г.М., Кашин В.К.* Ванадий в ландшафтах западного Забайкалья // Геохимия. 2010. № 3. С. 311–316.
4. *Tyler G., Olsson T.* Conditions related to solubility of rare and minor elements in forests soils // J. Plant Nutra. Soil Sci. 2002. N 165. P. 594–601.

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ РОЛЬ ПОЧВ В КРУГОВОРОТЕ ВЕЩЕСТВ И УСТОЙЧИВОСТИ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ

5. *Feng J-L.* Trace elements in ferromanganese concretions, gibbsite spots, and the surrounding terra rossa overlying dolomite: Their mobilization, redistribution and fractionation // *Journal of Geochemical Exploration.* 2011. N 108. P. 99–111.

ЭМИССИЯ CO₂ ИЗ ПОЧВ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ ЮЖНОГО ПОДМОСКОВЬЯ

Курганова И.Н.^{1,2}, Лопес де Гереню В.О.¹, Мякшина Т.Н.¹,
Сапронов Д.В.¹, Кудеяров В.Н.¹

¹ *Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения
РАН, Пушкино, ikurg@mail.ru;*

² *Институт леса Карельского научного центра РАН, Петрозаводск*

Являясь наиболее чувствительным компонентом углеродного цикла, эмиссионные потоки CO₂ из почв чутко реагируют на любой абиотический стресс, отражая как современное состояние климата в регионе, так и обеспечивая пролонгированный отклик различных статей углеродного баланса на текущие изменения гидротермического режима [2, 3]. Так, например, в лесных экосистемах умеренной зоны продолжительная летняя засуха вызывала сильное снижение микробного дыхания в лесной подстилке, увеличивая тем самым запас почвенного органического углерода в лесных экосистемах [1]. В связи с этим, в условиях изменяющегося климата необходимы многолетние мониторинговые наблюдения для получения адекватных оценок эмиссионных потоков углерода из почв на экосистемном, локальном и на региональном уровнях. Цель настоящего исследования состояла в оценке влияния наблюдаемых климатических изменений и экстремальных погодных явлений на эмиссию CO₂ из почв в лесных экосистемах южного Подмосковья, основанной на сопряженном анализе трендов и аномалий основных климатических параметров и эмиссионной составляющей углеродного цикла.

Оценка эмиссии CO₂ из почв проводилась в двух лесных биогеоценозах (БГЦ): (1) смешанный старовозрастной лес (90–110 лет), сформированный на дерново-слабоподзолистой супесчаной

почве (Albeluvisols sandy, Приокско-террасный биосферный заповедник) и (2) вторичный лиственный лес (55–60 лет), расположенный на серой лесной суглинистой почве (Phaeozems loamy, Опытнo-полевая станция ИФХиБПП РАН). Определение интенсивности выделения CO_2 из почв проводилось непрерывно, закрытым камерным методом, с ноября 1998 г. по октябрь 2014 г. не реже 3–4 раз в месяц. Анализ тенденций в изменении метеорологических параметров и эмиссии CO_2 из почв (TE_{CO_2}) за различные временные промежутки в связи с наблюдаемыми климатическими изменениями проводился на основе построения годовых и сезонных линейных трендов, статистическая достоверность которых оценивалась методом наименьших квадратов. Отклик TE_{CO_2} на экстремальные погодные условия оценивался по величине аномалий, отнесенных к средним многолетним значениям этого показателя за соответствующие периоды.

Годовые потоки CO_2 из почв лесных экосистем в 1998–2014 гг. демонстрировали высокую временную вариабельность: от 859 до 417 г С м⁻²год⁻¹ на дерново-подзолистой супесчаной почве и от 773 до 321 г С м⁻²год⁻¹ на серой лесной суглинистой почве (рис. А). В зависимости сочетания погодных условий и величины годовых потоков из почв в лесных БГЦ могли отличаться более чем в 2 раза. В смешанном лесу Приокско-Террасного заповедника за 17-летний цикл наблюдений нами была выявлена отчетливая тенденция снижения годовых потоков CO_2 из дерново-подзолистой супесчаной почвы со скоростью 12.8 г С м⁻²год⁻¹ ($R^2 = 0.28$; $P = 0.03$), которую мы связываем с недостаточным увлажнением почв легкого гранулометрического состава и снижением уровня грунтовых вод на площадках исследований, что обусловлено в свою очередь усилением засушливости климата в регионе [2]. Для лесного БГЦ на серой лесной суглинистой почве значимых трендов изменения годовых потоков CO_2 из почв за весь период наблюдений (1998–2014 гг.) выявлено не было (рис. А), что объясняется менее выраженной чувствительностью к недостатку влаги (засухам) почв тяжелого механического состава, поскольку

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ РОЛЬ ПОЧВ В КРУГОВОРОТЕ ВЕЩЕСТВ
И УСТОЙЧИВОСТИ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ

их водоудерживающая способность гораздо выше, чем у легких супесчаных почв и запаса влаги в них хватает для поддержания жизнедеятельности микробного сообщества.

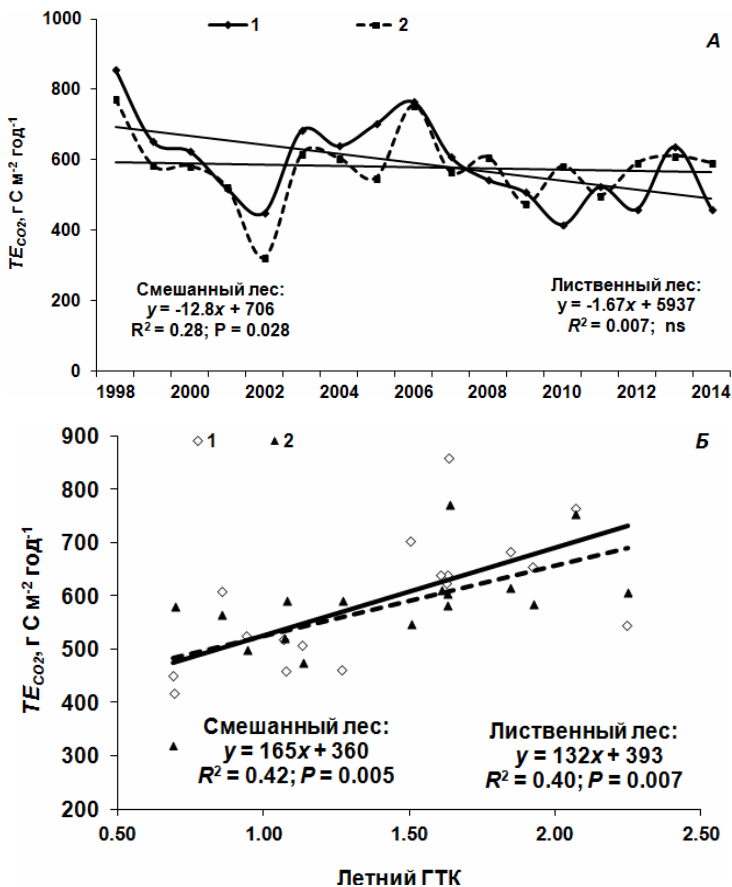


Рис. Динамика годовых потоков CO_2 из почв лесных ценозов в 1998–2014 гг. и соответствующие им линейные тренды (А); взаимосвязь величины годовых потоков CO_2 с величиной летнего ГТК (Б);

1 – смешанный лес, 2 – лиственный лес.

Превалирующая часть в годовом потоке CO_2 из почв приходилась на летний период (июнь–август). В зависимости от сочетания погодных условий доля потоков летнего сезона в суммарном годовом потоке CO_2 из почв изучаемых лесных ценозов варьировала от 29 до 54 %. Было выявлено что численная доля потоков летнего сезона на 27–32 % связана с величиной летнего ГТК, а именно – чем засушливее лето (меньше величина ГТК), тем меньше доля потоков летнего сезона в годовом потоке CO_2 из почв. Для лесных БГЦ южного Подмосковья также была обнаружена положительная корреляция между годовыми потоками CO_2 из почв лесных ценозов и величиной ГТК за летний период ($R^2 = 0.40\text{--}0.42$; $P = 0.005\text{--}0.007$). Связь между летними потоками CO_2 из почв лесных БГЦ и величиной летнего ГТК была более тесной: $R^2 = 0.55\text{--}0.61$; $P < 0.001$ (рис. Б).

В рамках настоящего исследования отклик эмиссионной составляющей углеродного цикла на засухи был оценен по величине нормализованных (и выраженных в %) аномалий летних и годовых потоков CO_2 из почв, отнесенных к средним значениям этих показателей за годы с нормальным увлажнением. Найдено, что в ответ на все засушливые годы аномалии годовых потоков CO_2 из почв составляли -18 ± 3 % в лиственном лесу (серая лесная суглинистая почва) и -27 ± 5 % – в смешанном лесу на дерново-подзолистой супесчаной почве. Аномалии летних потоков CO_2 из почв, вызванные засухами, были гораздо выше по численному значению, и для серой лесной и дерново-подзолистой почв они составили -29 ± 6 % и -37 ± 3 %, соответственно

Таким образом, анализ данных многолетнего мониторинга потоков CO_2 из почв наземных экосистем позволяет заключить, что степень засушливости летнего сезона влияет на величину как летних, так и годовых потоков CO_2 из почв, и в значительной степени определяет долю летнего сезона в годовом потоке CO_2 из почв. Проведенный анализ аномалий, вызванных засухами, показал, что степень отклика летних и годовых потоков CO_2 из почв на засухи определялась в значительной степени гранулометрическим составом почв – она была существенно выше в супесчаных почвах по

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ РОЛЬ ПОЧВ В КРУГОВОРОТЕ ВЕЩЕСТВ И УСТОЙЧИВОСТИ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ

сравнению с суглинистыми. Можно предполагать, что наиболее толерантными в отношении почвенного дыхания к наблюдаемым и ожидаемым климатическим изменениям будут лесные экосистемы, сформированные на суглинистых почвах.

Работа выполнялась при поддержке РФФИ (проект № 15-04-05156а) и Программы Президиума РАН №15.

ЛИТЕРАТУРА

1. Borken W., Savage K., Davidson E., Trumbore S. Effects of experimental drought on soil respiration and radiocarbon efflux from a temperate forest soil. *Global Change Biology*, 2006. V. 12. P. 177–193.

2. Kurganova I.N., Lopes de Gerenyu V.O., Petrov A.S., Myakshina T.N., Sapronov D.V., Ableeva V.A., Kudryarov V.N. Effect of the Observed Climate Changes and Extreme Weather Phenomena on the Emission Component of the Carbon Cycle in Different Ecosystems of the Southern Taiga Zone. *Doklady Biol Sci*, 2011. V. 441. P. 412–416.

3. Larionova A.A., Kurganova I.N., Lopes de Gerenyu V.O., Zolotareva B.N., Yevdokimov I.V., Kudryarov V.N. Carbon Dioxide Emissions from Agrogray Soils under Climate Changes. *Eurasian Soil Science*, 2010. V. 43. N 2. P. 168–176.

СПЕКТРОСКОПИЯ ЯДЕРНОГО МАГНИТНОГО И ЭЛЕКТРОННОГО ПАРАМАГНИТНОГО РЕЗОНАНСА ГУМУСОВЫХ КИСЛОТ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ ПОСТПИРОГЕННЫХ ПОЧВ

Максимова Е.Ю., Абакумов Е.В.

*СПбГУ, Санкт-Петербург, doublemax@yandex.ru; Институт экологии
Волжского бассейна РАН, Тольятти*

Пожары – мощный активно действующий экологический фактор современного почвообразования. Любое воздействие огня отражается как на химических, так и на биологических характеристиках почв, при этом степень воздействия тесно связана с интенсивностью пожарных явлений. Влияние температуры на органи-

ческие вещества почв является сложным и до конца не изученным вопросом. Обобщая ранее проведенные научные исследования, можно утверждать, что, с одной стороны, гумусовое состояние почв претерпевает определенные изменения в результате пожаров, а с другой, – очевидно отсутствие единого мнения о процессах, протекающих при воздействии пожаров на систему почвенного органического вещества. Поэтому, такие науки, как экология и почвоведение, требуют накопления данных о постпирогенных изменениях в системе органического вещества почв в различных комбинациях времени и типа пожаров.

Для изучения постпирогенных изменений органического вещества почв были проанализированы ^{13}C -ЯМР и ЭПР спектры препаратов гуминовых кислот (ГК), выделенных из верхних горизонтов почв, подвергавшихся влиянию лесных пожаров 2010 г. в г. Тольятти Самарской области. Было проведено сравнение трех вариантов: после низового и верхового пожаров и контрольный вариант (почвы природных островных боров).

Полученные ^{13}C -ЯМР спектры выделенных препаратов ГК представлены на рисунке. Результаты согласуются с ранее полученными сведениями в данной области [3, 4] о том, что в составе гуминовых кислот природных почв основную долю составляет алифатическая часть, тогда как в результате пожаров существенно увеличивается степень ароматизации молекул гуминовых кислот [2].

В целом участки верхового и низового пожаров несущественно отличаются по ЯМР-спектрам ГК, однако гуминовые кислоты фонового участка имеют существенные отличия от пирогенных. В результате воздействия пожаров на органическое вещество уменьшается содержание метильных групп ароматического и алифатического углерода и ароматических этиловых эфиров, метиловых эфиров, связанных с карбоксильными группами и незначительно уменьшается содержание групп алкилметильного углерода, четырехзамещенного углерода и углеводов, вторичных спиртов, атомов углерода, связанных с кислородом. При этом содержание групп протонизированного ароматического углерода и фрагментов углерод-углеродных связей и ароматического углерода фенолов и

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ РОЛЬ ПОЧВ В КРУГОВОРОТЕ ВЕЩЕСТВ И УСТОЙЧИВОСТИ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ

фенольных эфиров увеличивается на постпирогенных участках. Таким образом, данные анализа ^{13}C -ЯМР-спектров свидетельствуют о существенных изменениях в структурной организации органического вещества в результате пирогенной трансформации.

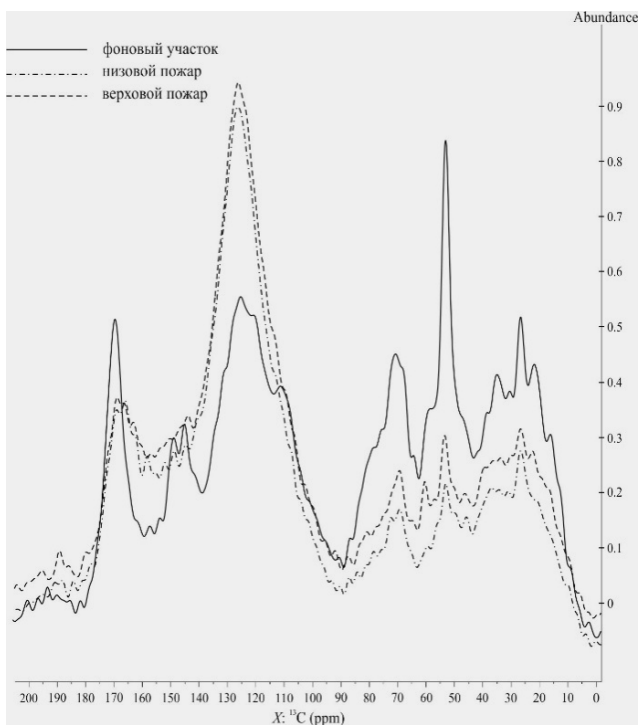


Рис. ^{13}C -ЯМР спектры выделенных гумусовых кислот

Также была исследована парамагнитная активность гумусовых кислот, которая характеризует зрелость и сформированность гумусовых веществ, их устойчивость к деструкции и минерализации под воздействием биотических и абиотических факторов. Свободные радикалы гуминовых кислот, обладая большим запасом энергии и высокой активностью, играют важную роль в хи-

мических реакциях между органическими, органоминеральными и минеральными веществами. Количество свободных радикалов в молекулах гумусовых веществ свидетельствует как о степени гумификации, так и о способности компонентов к полимеризации и комплексообразованию [1].

Содержание свободных радикалов в исследованных почвах (табл.) увеличивается в результате действия пожаров, что свидетельствует о низкой устойчивости, дестабилизации молекул гуминовых кислот постпирогенных почв (причем в случае низового пожара в большей степени) по сравнению с гуминовыми кислотами почв фонового участка. Результаты изучения ЭПР спектров свидетельствуют о том, что гуминовые кислоты фоновых почв – очень стабильные, в то время как при пожарах их стабильность уменьшается из-за нарушения молекулярной структуры и добавления к молекулам новых прекурсоров гумификации.

Табл. Парамагнитные свойства исследованных почв

Участок	Концентрация свободных радикалов, $N \cdot 10^{15}$ спин/г	g-фактор
Низовой пожар	$6,27 E^{+17}$	1,99995
Верховой пожар	$3,21 E^{+17}$	1,99997
Фоновый участок	$1,24 E^{+17}$	1,99999

Таким образом, анализ органического вещества постпирогенных почв показал, что гумусовое состояние претерпевает определенные изменения в ходе пожаров. Органическое вещество почв пожарищ и фоновых участков формирует достаточно разнородные группы.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Абакумов Е.В., Ехаркью Е.* Оценка процессов стабилизации органического вещества почв Арктики и Антарктики методами ^{13}C -ядерного магнитного и электронного парамагнитного резонанса // Тезисы докладов VII съезда Общества почвоведов им. В.В. Докучаева и Всероссийской с зарубежным участием научной конференции «Почвоведение – продовольственной и экологической безопасности страны», Белгород, 15–22 августа, 2016, часть I, С. 252–253.

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ РОЛЬ ПОЧВ В КРУГОВОРОТЕ ВЕЩЕСТВ И УСТОЙЧИВОСТИ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ

2. *Abakumov E.V., Fujitake N., Kosaki T.* Humus and humic acids of Luvisol and Cambisol of Jiguli ridges, Samara Region, Russia // *Applied and Environmental Soil Science*, 2009. Article ID 671359.

3. *Certini G., Nocentini C., Knicker H.* Wildfire effects on soil organic matter quantity and quality in two fire-prone Mediterranean pine forests // *Geoderma*, 2011, 167–68: pp. 148–155.

4. *Jimenez-Gonzalez M.A., De la Rosa J.M., Jimenez-Morillo N.T.* Post-fire recovery of soil organic matter in a Cambisol from typical Mediterranean forest in Southwestern Spain // *Science of the total environment*, 2016, 572: pp. 1414–1421.

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И УСТОЙЧИВОСТИ АВТОМОРФНЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ В УСЛОВИЯХ УРБАНИЗАЦИИ (НА ПРИМЕРЕ Г. ПЕТРОЗАВОДСКА)

Мошкина Е.В., Мамай А.В., Медведева М.В.

*Институт леса Карельского научного центра РАН, Петрозаводск,
lena_moshkina@mail.ru*

Основная роль в регуляции глобальных биогеохимических циклов углерода и азота в наземных экосистемах принадлежит лесам. Однако, лесные экосистемы, находящиеся в условиях урбанизации, претерпевают значительны изменения. Почва как часть лесных экосистем является важнейшим условием устойчивого развития городов, обеспечивает благоприятную среду для человека. В настоящее время интерес к экологическим проблемам городов и оценке состояния почв существенно возрос, что во многом связано с ростом урбанизации. Данная работа является продолжением многолетнего изучения биологического круговорота азота и углерода в лесных биогеоценозах Карелии, проводимого в лаборатории лесного почвоведения ИЛ КарНЦ РАН [4, 5, 6, 10].

Оценка плодородия и экологического состояния почв городских и пригородных лесов по показателям их биологической активности (на примере г. Петрозаводска) – основная цель работы. Исследова-

ния проводились на территории Петрозаводского городского округа (61°45–48`с.ш.; 34°14–28`в.д.), в среднетаежной подзоне Карелии. Объектами исследований являлись наиболее распространенные на данной территории лесные почвы (подзолы и подзолистые почвы иллювиально-гумусово-железистые и иллювиально-железисто-гумусовые), сформировавшиеся под сосновыми, еловыми и березовыми насаждениями. Контролем служили почвы заповедника «Кивач» (Кондопожский район республики Карелия) [7]. В ходе работы проведен анализ структуры азотного фонда исследуемых почв, определено содержание азота (Nмик), углерода микробной биомассы (Смик), микробной дыхательной активности. Для изучения функциональной активности микробного сообщества почв использован метод субстрат-индуцированного дыхания [1, 11], позволяющий оценить взаимосвязи величины микробной биомассы, ее дыхательной активности и параметров экофизиологического статуса микробного сообщества. Используемые в работе методы эффективно используются в экологических исследованиях [1, 2, 3, 8], в ряде зарубежных стран они включены в перечень стандартных параметров, характеризующих биологические свойства почв.

Оценку плодородия и продуктивности исследуемых почв проводили с использованием бонитировочной шкалы почв республики Карелии, разработанной Н.Г. Федорец с соавторами [9]. Согласно данной шкале почвы изучаемой территории оценены по 100-бальной системе следующим образом: 70–75 баллов – это почвы еловых лесов; 65–70 баллов – почвы сосновых лесов и контрольного варианта березняка; 45–50 баллов – почвы березняков Петрозаводского городского округа.

Результаты показали, что исследуемые почвы характеризовались легким гранулометрическим составом, средним содержанием обменных оснований и обедненностью биофильными элементами. Основные отличия почв городских лесов по сравнению с контролем заключались в подщелачивании верхних горизонтов на 0.3–0.5 ед. рН, сокращении мощности лесных подстилок (в 1.4–1.9 раза), значительном увеличении плотности верхней части профиля почв (в 1.1–1.5 раза).

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ РОЛЬ ПОЧВ В КРУГОВОРОТЕ ВЕЩЕСТВ И УСТОЙЧИВОСТИ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ

Для почв хвойных и мелколиственных лесов ненарушенных территорий отмечено высокое (до 97 % от N общ) содержание негидролизуемого азота, бедность их минеральным (0.78–2.47 %) и гидролизуемым азотом (1.35–13.10 %). Широкое соотношение C/N свидетельствует о слабых процессах минерализации органического вещества в почвах. Содержание азота свободных аминокислот в изучаемых почвах незначительное и составляет до 0.8 % от Nобщ. Доля азота белковых аминокислот в азотном фонде почв составляет до 50 % от общего азота почв. Увеличение доли N-NO₃ в азотном фонде почв городских лесов в 2–5 раза по сравнению с контролем может быть обусловлено аэротехногенным загрязнением оксидами азота от автотранспорта и теплоэлектроцентрали. Тенденция сокращения запасов азота в органогенных горизонтах почв городских лесов связана с уменьшением мощности лесных подстилок вследствие рекреационной нагрузки; ограничением количества, поступающего ежегодного опада и отпада в результате сведения лесов при несанкционированной рубке и удалении сухого валежа населением; а также с выносом из лесной подстилки азота в виде минеральных соединений в результате его более быстрой минерализации.

В исследованных почвах обнаружены все основные аминокислоты. По уменьшению содержания отдельных аминокислот в профиле почв их можно расположить в ряду: глутаминовая и аспарагиновая аминокислоты, лейцин, валин, треонин, серин, фенилаланин, изолейцин, аланин, глицин, лизин, тирозин, аргинин, гистидин. Из перечисленных выше аминокислот глутаминовая и аспарагиновая кислоты могут служить косвенным индикатором биологической активности антропогенно трансформированных почв. В аминокислотном составе органогенных горизонтов почв контрольных участков доля глутаминовой кислоты составляет 16 ± 1 %, пригородных лесов – 12 ± 0.3 % от суммы аминокислот. По общему содержанию и соотношению основных групп свободных аминокислот, доли азота аминокислот в общем азоте почв, а также по накоплению глутаминовой кислоты можно предположить о некотором изменении биогенности верхних органогенных горизонтов почв, находящихся в условиях урбанизации.

Микробная биомасса почв и интенсивность ее дыхания существенно различались в зависимости от типа фитоценоза, уровня антропогенной нагрузки, а также типа почв. Наибольшая величина микробной биомассы и базального дыхания отмечена в лесной подстилке. Общие запасы Сорг в 50-сантиметровой толще исследуемых почв городских и пригородных лесов составили 163–249, 351–414, 234–365 т С/га, соответственно, под сосновыми, еловыми, березовыми древостоями. Запасы Смик в 50 см слое почв сосняков и ельников, расположенных в черте города, составили 0.5–1.5, 1.3–1.7 т Смик/га, березовых насаждений – 0.4–1.9 т Смик/га.

Доля углерода микробной биомассы от общего пула углерода почвы (Смик/Сорг) варьировала от 0.1 до 4.1 % и возрастала в ряду: сосняки–ельники–березняки. Общая тенденция снижения величины Смик/Сорг отмечается для всех изучаемых почв, что может стать причиной снижения доступности почвенного органического вещества для микроорганизмов вниз по профилю. Доля Nмик в валовом азоте исследованных почв составила от 0.5 до 15 %, при этом запасы Nмик значительно превышали запасы минерального азота. В исследованных почвах микробная биомасса наиболее тесно коррелировала с базальным дыханием, содержанием органического углерода и общего азота в почве. Величина метаболического коэффициента, который во всех исследуемых почвах не превышал 1, отражает стабильное функционирование микробных сообществ, поэтому данный показатель может быть использован в урбозкологических исследованиях.

Как известно, экологическая ситуация в городских лесах нестабильная, так как на нее влияют повышенная температура воздуха и почвы, иной состав воздуха, аэротехногенные выпадения, изменение гидрологического режима и др. При этом отсутствие резких изменений микробиально-биохимических свойств почв городских лесов свидетельствует о гомеостатическом состоянии экосистем на данном этапе, адаптации микробоценоза к урбанистическому прессу. В настоящее время возрастает актуальность дальнейшего изучения последствий антропогенной на-

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ РОЛЬ ПОЧВ В КРУГОВОРОТЕ ВЕЩЕСТВ И УСТОЙЧИВОСТИ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ

грузки на циклы N и C в лесных экосистемах. Снижение плодородия антропогенно нарушенных почв вследствие дегумификации и деградации почвенного покрова видится одной из наиболее значимых проблем современных городов.

Полученные данные позволяют расширить спектр показателей, характеризующих экологическое состояние естественных и антропогенно нарушенных почв, и могут быть использованы при проведении почвенного мониторинга в данных природно-климатических условиях.

Авторы выражают признательность сотрудникам ИЛ КарНЦ РАН: Федорец Н.Г., А.Н. Пеккоеву; ИФХ и БПП РАН – Кузнецовой Т.В., Кургановой И.Н., Лопес-де-Гереню В.О.; НИИ Физико-химической биологии им. А.Н. Белозерского МГУ – Баратовой Л.А.; администрации ГПЗ «Кивач».

Работа выполнена в рамках государственного задания ИЛ КарНЦ РАН (№ 0220-2014-0006 и № 0220-2014-0008).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ананьева Н.Д., Благодатская Е.В., Демкина Т.С.* Оценка устойчивости микробных комплексов почв к природным и антропогенным воздействиям // Почвоведение. 2002. № 5. С. 580–587.

2. *Иващенко К.В., Ананьева Н.Д., Васнев В.И., Кудяров В.Н., Валентини Р.* Биомасса и дыхательная активность почвенных микроорганизмов в антропогенно-измененных экосистемах (Московская область) // Почвоведение. 2014. № 9. С. 1077–1088.

3. *Ларионова А.А., Розанова Л.Н., Дёмкина Т.С., Евдокимов И.В., Благодатский С.А.* Годовая эмиссия CO₂ из серых лесных почв Южного Подмосковья // Почвоведение. 2001. №1 С. 72–80.

4. *Мамай А.В., Степанов А.Л., Федорец Н.Г.* Микробная трансформация соединений азота в почвах средней тайги // Вестник Московского университета. Серия 17. Почвоведение. 2013. № 4. С. 32–38.

5. *Медведева М.В., Германова Н.И.* Биологическая активность подзолистых почв сосняков черничных в среднетаежной подзоне Карелии // Лесное хозяйство. 2008. № 6. С. 16–18.

6. *Мошкина Е.В.* Содержание свободных аминокислот в почвах хвойных лесов Карелии // Вестник Московского Государственного Университета Леса. Лесной вестник. 2008. № 4. С. 17–21.

7. *Мамай А.В., Мошкина Е.В.* Влияние урбанизации на показатели биологической активности микробного сообщества автоморфных лесных почв Карелии // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. № 11 (6). С. 1094–1099.

8. *Сусьян Е.А., Ананьева Н.Д., Гавриленко Е.Г., Чернова О.В., Бобровский М.В.* Углерод микробной биомассы в профиле лесных почв южной тайги // Почвоведение. 2009. № 10. С. 1233–1240.

9. *Федорец Н.Г., Морозова Р.М., Солодовников А.Н.* Лесные почвы Карелии и оценка их продуктивности // Труды КарНЦ РАН. 2003. Выпуск 5. С. 108–120.

10. *Федорец Н.Г., Бахмет О.Н.* Экологические особенности трансформации соединений азота и углерода в лесных почвах. Петрозаводск: КарНЦ РАН. 2003. 240 с.

11. *Anderson J.P.E., Domsch K.H.* A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils // Soil Biol. Biochem, 1978. V. 10. P. 215–221.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ЭМИССИЮ CO₂ С ПОВЕРХНОСТИ ПОЧВЫ СОСНЯКА БРУСНИЧНО-ЛИШАЙНИКОВОГО

Осипов А.Ф., Сизоненко Т.А.

*Институт биологии Коми научного центра УрО РАН, Сыктывкар,
osipov@ib.komisc.ru*

Дыхание почвы является крупнейшим потоком диоксида углерода из лесных экосистем в атмосферу, который определяет их роль как сток или источник углерода. Кроме того, это важнейший показатель наземных экосистем, отражающий функционирование ее отдельных компонентов и зависящей от множества факторов среды [2,4]. Действие климатических факторов (температура и влажность почвы) на эмиссию CO₂ достаточно хорошо изучено, тогда как роль биотических (индекс листовой поверхности, масса корней и опада, состав древостоев, комплекс деструкторов органического вещества), почвенных (гранулометрический состав, содержание С, N, P, Mg отношение C/N, рН, объемный вес почвы) фак-

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ РОЛЬ ПОЧВ В КРУГОВОРОТЕ ВЕЩЕСТВ И УСТОЙЧИВОСТИ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ

торов, в значительной степени определяющих пространственную вариацию эмиссии CO_2 , не ясна. Цель работы – дать оценку взаимосвязи дыхания почвы сосняка бруснично-лишайникового с некоторыми экологическими факторами.

Работа выполнена в приспевающем сосняке бруснично-лишайниковом на территории Чернамского стационара Института биологии Коми НЦ УрО РАН ($\text{N}62^{\circ}02'04.1''$, $\text{E}50^{\circ}28'33.7''$). Измерение эмиссии выполняли при помощи газоанализатора Li Cor 8100 с почвенной камерой 20 см [3]. Выполняли оценку взаимосвязи эмиссии CO_2 с такими факторами как: тип парцеллярной структуры (зеленомошная или лишайниковая), наличие/отсутствие растительного покрова в камере, температура почвы на глубине 10 см, влажность подстилки и почвы на глубинах 5–10 см, 10–15 см, концентрация углерода и азота, отношение C/N, биомасса спор и мицелия грибов, биомасса микроорганизмов. Содержание углерода и азота определяли методом газовой хроматографии на анализаторе EA 1110 (CHNS-O) (CE Instruments, Италия). Биомассу микроорганизмов, спор и мицелия грибов определяли методом люминесцентной микроскопии [1]. Независимость переменных проверяли при помощи t-теста. Для оценки влияния использовали коэффициент корреляции Пирсона, а для малых выборок – коэффициент корреляции Спирмена.

Как показано в таблице, тип парцеллярной структуры оказывает статистически значимое влияние на скорость эмиссии диоксида углерода с поверхности почвы сосняка бруснично-лишайникового. Следовательно, оценку влияния экологических факторов на дыхание почвы следует проводить с учетом видовой принадлежности парцелл, в которых проводилось измерение. Значимое влияние на поток CO_2 оказывает и наличие надземных органов растений напочвенного покрова в камере во время измерения. Их роль изменяется в течение вегетационного периода. Так, в лишайниковых парцеллах в начале вегетации скорость потока CO_2 выше в камерах без растительности, тогда как во время активного роста более активно происходит дыхание в камерах с растительностью. Зеленомошные парцеллы без удаления растительности, в отличие от лишайниковых, отличаются более интенсивным дыханием почвы не зависимо от периода наблюдения.

**Табл. Результаты регрессионного анализа факторов, влияющих на
поток CO₂ с поверхности почвы сосняка бруснично-лишайникового**

Переменная	R	F	p
Тип parcelлярной структуры растительности	0.70	11.71	0.005
Наличие/отсутствие растительности	<u>0.75¹</u>	<u>15.00</u>	<u>0.002</u>
Температура почвы на глубине 10 см:	0.52	5.81	0.028
	<u>0.82</u>	<u>100.74</u>	<u><0.05</u>
Влажность почвы:	0.81	78.19	<u>≤0.05</u>
лесная подстилка	<u>-0.08</u>	<u>0.26</u>	<u>0.611</u>
глубина 5–10 см	-0.16	0.89	0.351
	<u>-0.37</u>	<u>7.16</u>	<u>0.010</u>
глубина 10–15 см	-0.14	0.74	0.397
	<u>-0.40</u>	<u>8.15</u>	<u>0.007</u>
Содержание углерода в подстилке	-0.05	0.09	0.771
	<u>-0.10</u>	<u>-²</u>	<u>0.820</u>
Содержание азота в подстилке	-0.29	–	0.410
	<u>-0.59</u>	–	<u>0.060</u>
Отношение C/N в подстилке	-0.71	–	0.020
	<u>0.48</u>	–	<u>0.227</u>
Биомасса спор грибов, мкг/г	0.28	–	0.44
	<u>0.56</u>	<u>0.21</u>	<u>0.653</u>
Биомасса мицелия грибов, мкг/г	0.57	0.43	0.527
	<u>0.43</u>	<u>0.14</u>	<u>0.718</u>
Биомасса бактерий, мкг/г	0.35	0.00	0.992
	<u>0.50</u>	<u>4.67</u>	<u>0.056</u>
	0.45	2.18	0.171

¹ – в числителе – зеленомошные пятна, в знаменателе – лишайниковые.

² – не определяли

Результаты регрессионного анализа оценки влияния основных экологических факторов на поток CO₂ с поверхности почвы приведены в таблице. Установлено, что на эмиссию диоксида углерода с поверхности почвы сосняка бруснично-лишайникового статистически значимое влияние как в зеленомошных, так лишайниковых парцеллах, оказывает температура почвы на глубине 10 см (R = 0.81–0.82). Среди других значимых факторов для дыхания почвы следует отметить влажность минеральных горизонтов почвы (R = «-0.37» – «-0.40») в зеленомошных пар-

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ РОЛЬ ПОЧВ В КРУГОВОРОТЕ ВЕЩЕСТВ И УСТОЙЧИВОСТИ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ

целлах и содержание азота в подстилке лишайниковых парцелл ($R = -0.71$). Влияние остальных факторов, таких как содержание углерода, отношение C/N в подстилке и почве, биомасса спор, микроорганизмов и мицелия грибов не выявлено. Таким образом, подтверждается полученное ранее заключение, что в условиях холодного климата Севера таежной зоны ведущим фактором, контролирующим процесс разложения органического вещества, является температура почвы.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента Российской Федерации для молодых ученых-кандидатов наук МК-6670.2016.5

ЛИТЕРАТУРА

1. *Звягинцев Д.Г.* Методы почвенной микробиологии и биохимии. М.: Изд-во МГУ, 1991. 304 с.
2. *Карелин Д.В., Почикалов А.В., Замолодчиков Д.Г., Гитарский М.Л.* Факторы пространственно-временной изменчивости потоков CO₂ из почв южнотаежного ельника на Валдае // Лесоведение. 2014. № 4. С. 56–66.
3. *Осипов А.Ф.* Эмиссия диоксида углерода с поверхности почвы спелого сосняка черничного в средней тайге Республики Коми // Лесоведение. 2015. № 5. С. 356–366.
4. *Luan J., Liu S., Zhu X., Wang J., Liu K.* Roles of biotic and abiotic variables in determining spatial variation of soil respiration in secondary oak and planted pine forests // Soil Biol. & Biochem. 2012. Vol. 44. P. 143–150.

ЭМИССИЯ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА ИЗ ПОЧВ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ ПРИМОРЬЯ

Пуртова Л.Н., Киселева И.В.
ФНЦ Биоразнообразие ДВО РАН, Владивосток, purtova@ibss.dvo.ru

В настоящее время, к числу глобальных современных экологических проблем относится увеличивающаяся концентрация в атмосфере парниковых газов, среди которых диоксид углерода играет главную роль [4].

Показатели почвенного дыхания широко используются для оценки продуктивности экосистем, а также для анализа активности почвенных микробоценозов. Выделение углекислоты может быть объективным индикатором интенсивности разложения органического вещества почвы. В связи с этим, исследование скорости продуцирования углекислоты дает представление не только о напряженности биологических процессов, но и позволяет оценить потери органического вещества вследствие минерализации [3]. Почвы Дальнего Востока являются практически неизученными в отношении почвенного дыхания, что представляет собой основную трудность и увеличивает неопределенность при оценке общего дыхания почв Российской Федерации [3].

Цель работы – количественное определение эмиссии CO_2 из почв природных ландшафтов в условиях *in exr*. В задачу исследований входило изучение изменений в показателях эмиссии CO_2 в почвах, сформированных в различных гидротермических условиях, при разной степени их увлажнения.

Объектами исследований явились почвы природных ландшафтов, наиболее распространенные на территории Приморского края, сформированные под пологом широколиственных и кедрово-широколиственных лесов: бурозем типичный, бурозем оподзоленный, бурозем темный, текстурно-метаморфическая типичная почва, дерново-буро-подзолистая глееватая, темногумусовая глеевая, аллювиальная серогумусовая [2]. Для сравнения так же исследованы почвы, сформированные под разнотравно-злаковой растительностью: подбел темногумусовый типичный, подбел темногумусовый глееватый.

Исследования проведены в различных гидротермических провинциях (ГТП) Приморского края: Южно-Приморской, в том числе и на территории Лазовского заповедника, а так же на территории Приханкайской ГТП.

Для Южно-Приморской ГТП свойственно значительное выпадение осадков (от 650 до 800 мм), с суммой активных температур до 2300–2550 °С. Приханкайская ГТП отличается наибольшей кон-

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ РОЛЬ ПОЧВ В КРУГОВОРОТЕ ВЕЩЕСТВ И УСТОЙЧИВОСТИ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ

тинентальностью климата, осадков выпадает 550–650 мм в год, сумма активных температур составляет 2450–2500 °С [6].

Поверхностные горизонты почв Южно-Приморской ГТП, по показателям обменной кислотности, имеют в основном сильноокислую и кислую реакцию среды, за исключением серогумусовой почвы со слабокислой реакцией. Почвы Приханкайской ГТП отличаются средне- и слабокислой реакцией среды. Количество гумуса в поверхностных горизонтах, согласно оценочным грациям, предложенным Д.С. Орловым с соавторами [5], варьировалось в широких пределах – от высокого в различных буроземах, до среднего (6–8 %) и ниже средних значений (4–6 %) в остальных исследованных почвах.

Наблюдения за эмиссией CO_2 проводили в лабораторных условиях при 100 % и 60 % полной влагоемкости (ПВ), согласно методике И.Н. Шаркова [7].

Отмечено, что при насыщении почв водой до полной влагоемкости (100 % ПВ) резко снизилось количество CO_2 , выделяемое почвой (табл.). Это обусловлено созданием анаэробных условий и ухудшением газообмена между почвой и надпочвенным воздухом [4].

Как показали результаты проведенных исследований, почвы существенно различались по количеству продуцируемого CO_2 . При 60 % ПВ наибольшим количеством CO_2 , выделяемого в течение суток, отличалась текстурно-метаморфическая почва Приханкайской ГТП, имеющая очень высокие значения каталазной активности ($5,4 \text{ O}_2 \text{ см}^3 / \text{г}$ за 1 мин). Так же, относительно высокие показатели эмиссии CO_2 характерны для буроземов (табл.). Это, на наш взгляд, связано с большей микробиологической активностью буроземов [1, 8]. Для буроземов свойственны высокие показатели каталазной активности почв – $3,4\text{--}4,8 \text{ O}_2 \text{ см}^3 / \text{г}$ за 1 мин. Обилие органического вещества в поверхностных горизонтах буроземов и высокие значения окислительно-восстановительного потенциала определяют высокую минерализацию органического вещества, что в значительной мере усиливает эмиссию CO_2 .

Табл. Показатели эмиссии CO₂ в почвах Приморья

ГТП ¹	Почва	pH _{KCl}	Гумус, %	г С-CO ₂ м ² /сут.		
				60 % ПВ ²	100 % ПВ	
Южно-Приморская	Бурозем типичный	4,6	10,5	1,92 ± 0,37	0,57 ± 0,1	
	Бурозем оподзоленный	4,1	4,9	1,86 ± 0,40	0,66 ± 0,05	
	Дерново-буро-подзолисто-глеевая	4,1	5,2	0,64 ± 0,14	0,60 ± 0,12	
	Аллювиальная темногумусовая	4,6	4,2	0,67 ± 0,26	0,44 ± 0,18	
	Подбел темногумусовый типичный	3,3	7,0	1,05 ± 0,26	0,44 ± 0,08	
	Подбел темногумусовый глееватый	4,3	5,1	1,08 ± 0,29	0,43 ± 0,10	
	<i>Лазовский заповедник</i>					
	Бурозем типичный	3,7	11,4	1,32 ± 0,33	1,22 ± 0,40	
	Бурозем темный	3,8	10,7	2,07 ± 0,65	0,61 ± 0,23	
Серогумусовая	5,9	22,4*	1,31 ± 0,29	0,43 ± 0,27		
Приханкай-ская	Бурозем типичный	5,2	7,1	2,26 ± 0,58	–	
	Текстурно-метаморфическая	5,8	12,2	3,32 ± 0,64	–	
	Темногумусовая глеевая	5,0	8,8	1,48 ± 0,36	–	

Примечание. 1. ГТП – гидротермическая провинция; 2. ПВ – полная влагоемкость, %; * – потеря при прокаливании; «–» – нет данных.

Низкая эмиссия CO₂ зафиксирована в почвах, относящихся к отделу аллювиальных – аллювиальная темногумусовая почва и текстурно-дифференцированных – дерново-буроподзолистая глееватая. Для данных типов почв свойственны уровни содержания гумуса ниже средних значений. Обогащенность почв каталазой (Ка) бедная и очень бедная (1,5 O₂ см³/г за 1 мин в аллювиальной темногумусовой и 2,3 – в дерново-буро-подзолистой глееватой). Подбелы, а так же серогумусовая и темногумусовая глееватая почвы, по параметрам потерь CO₂ занимали промежуточное положение между буроземами и аллювиальными почвами. Для них характерна слабая обогащенность почв каталазой (1,5–1,6 O₂ см³/г за 1 мин). В целом, показатели эмиссии CO₂ в исследованных почвах убывают в ряду: текстурно-метаморфическая – буроземы – серогумусовая и темногумусовая – подбелы – аллювиальная. Подобная картина складывается и по изменению каталазной активности почв.

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ РОЛЬ ПОЧВ В КРУГОВОРОТЕ ВЕЩЕСТВ И УСТОЙЧИВОСТИ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ

ЛИТЕРАТУРА

1. *Голодяев Г.П.* Биологическая активность горно-лесных почв южного Приморья // Вопросы численности, биомассы и продуктивности почвенных микроорганизмов. Л.: Наука, 1972. С. 240–246.
2. *Классификация и диагностика почв России.* М.: Изд-во Ойкумена, 2004. 341 с.
3. *Кудеяров В.Н., Курганова И.Н.* Дыхание почв России. Анализ базы данных многолетнего мониторинга. Общая оценка // Почвоведение. 2005. № 9. С. 1112–1121.
4. *Неунылов Б.А., Хавкина Н.В.* Изучение скорости разложения и процессов превращения в почве органического вещества, меченного С 14 // Почвоведение. 1968. № 2. С. 103–108.
5. *Орлов Д.С., Бирюкова О.Н., Розанова М.С.* Дополнительные показатели гумусного состояния почв и их генетических горизонтов // Почвоведение. 2004. № 8. С. 918–926.
6. *Степаныко А.А.* Агрогеографическая оценка земельных ресурсов и их использование в районах Дальнего Востока. Владивосток: Изд-во ДВО РАН, 1992. 115 с.
7. *Шарков И.Н.* Сравнительная характеристика двух модификаций абсорбционного метода определения дыхания почв // Почвоведение. 1987. № 10. С. 153–157.
8. *Щапова Л.Н.* Микрофлора почв юга Дальнего Востока России. Владивосток: Изд-во ДВО РАН, 1994. 172 с.

ДЕСТРУКЦИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ПОЧВЫ, МИНЕРАЛИЗАЦИЯ И АССИМИЛЯЦИЯ АЗОТА В ЭКОСИСТЕМАХ ЮЖНОЙ ТАЙГИ

Разгулин С.М.

*Институт лесоведения РАН, 143030 Московская обл.,
Одинцовский р-н, с. Успенское, root@ilan.ras.ru*

В экологическом ряду березняков Ярославской области количество минерализованного азота в почвенном профиле (N_m) за период исследования (V-X) возрастало от низкопродуктивных типов леса к высокопродуктивным насаждениям (табл.). Исследования нетто-мине-

рализации азота в почвах бореальных лесов, как правило, не затрагивают элювиальной части профиля [7, 8], вклад которого в минерализованный азот в низко-, средне- и высокопродуктивных березняках южной тайги составлял 18, 56 и 28 %. Минерализация азота, выраженная в единицах веса на единицу площади, зависит от мощности горизонта, его объемного веса и сильно варьирует в различных экосистемах. Выражение процесса в виде среднесезонной активности в единицах веса азота на единицу веса почвы в сутки (A_m) дает возможность объективно сравнивать активность горизонтов почвы в различных лесах. Если соотнести минерализованный азот с содержанием $C_{орг}$ то получим показатели эффективности минерализации азота N_c .

Среднесезонная активность минерализации азота (A_m) закономерно снижается при движении вниз по профилю почвы, однако эффективность процесса в различных горизонтах почвы для каждого типа леса близка и выражается величинами одного порядка (табл.). Таким образом, элювиальная часть почвенного профиля в исследованных типах леса не является инертной в отношении минерализации азота. В элювиальном горизонте с низким содержанием $C_{орг}$ и $N_{орг}$ уменьшается отношение $C_{мик} : C_{орг}$, но эффективность использования субстратов микроорганизмами по углероду [6] и, вероятно, по азоту, может возрастать.

Средние значения N_m , приведенные к профилю почвы (0–20 см) возрастают от низко-, к средне- и высокопродуктивным типам, составляя 5.6, 8.3, 12.8 г N кг⁻¹, или 2.4, 3.8 и до 4.5 % от запаса общего азота в этом горизонте. Расход минерализованного азота в г на 1 кг зеленой листовой продукции также возрастает от переувлажненного чернично-сфагнового березняка, к кислично-черничному типу и кисличнику, составляя 19, 26 и 35 г N кг⁻¹.

Если значения (N_m) разделить на среднегодовую продукцию углекислоты с поверхности почвы (табл.), то получим, что в почвенном профиле экологически контрастных типов леса на 1 г углерода углекислого газа минерализуется близкое количество азота – 26 ± 2 , 24 ± 2 , 23 ± 3 в среднем 24 мгNг⁻¹C–CO₂ за сезон. Данный показатель несколько занижен, так как рассчитан по эмиссии углекислого газа, а не по деструкционному потоку углерода. Также остается неопределенной ниж-

**ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ РОЛЬ ПОЧВ В КРУГОВОРОТЕ ВЕЩЕСТВ
И УСТОЙЧИВОСТИ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ**

няя граница эмиссии диоксида углерода из почвенного профиля. У всех насаждений экологического ряда листовая опад не компенсирует затраты углерода на продукцию CO₂ с поверхности почвы. Дефицит углерода, выраженный в виде разности средних значений этих процессов, возрастает от низкопродуктивных типов леса к средне- и высокопродуктивным насаждениям, равняясь 125, 225 и 353 г C м⁻² за сезон.

Табл. Среднесезонная активность (Ам), эффективность (Nc) и продуктивность (Nm), минерализации азота в почвах южнотаежных березняков [1, 3–5]

Тип леса, возраст леса, класс бонитета, тип почвы, горизонт почвы, см	Сорг, Норг, %	Ам, мгN100 г ⁻¹ сут ⁻¹ M ± δ	Nc, мг N г C ⁻¹ сут ⁻¹ M ± δ	Год исследований. Nm, весь профиль, г N м ⁻² за сезон. Продукция CO ₂ с поверхности почвы, листовой опад, г C м ⁻² за сезон.
Кисличник, 90 лет, I, дерново-палевоподзолистая				
А ₀ -А ₁ (0–6)	8.4, 0.51	0.125 ± 0.013	0.015 ± 0.0015	2009. 15.3 ± 1.1; 570 ± 85; 167 ± 33 2010. 10.3 ± 0.7; 418 ± 63; 115 ± 8
А ₁ (6–11)	3.4, 0.22	0.037 ± 0.003	0.011 ± 0.001	
А ₂ (11–21)	2.1, 0.07	0.02 ± 0.002	0.009 ± 0.001	
Кислично-черничный, 80 лет, II, дерново-среднеподзолистая				
А ₀ (0–2)	38, 1.28	0.63 ± 0.03	0.016 ± 0.0008	Среднее 2005–2008 гг 6.0 ± 0.75; 347 ± 52; 122 ± 12
А ₁ (2–3)	3.2, 0.30	0.07 ± 0.008	0.022 ± 0.0025	
А ₂ (3–13)	1.3, 0.10	0.019 ± 0.004	0.015 ± 0.003	
Чернично-сфагновый, 90 лет, IV, торфянисто-подзолистоглеевая				
А _{Т1} (0–6)	47, 1.44	0.23 ± 0.04	0.005 ± 0.001	2011. 6.0 ± 0.7; 260 ± 40; 121 ± 60 2012. 5.3 ± 0.3; 221 ± 33; 109 ± 9
А _{Т2} (6–10)	31, 1.49	0.20 ± 0.02	0.006 ± 0.0006	
А _Т (10–20)	1.8, 0.034	0.005 ± 0.002	0.003 ± 0.001	

С ростом продуктивности насаждений также увеличивалась продукция миссии аммиака с поверхности почвы, составляя в средних значениях 30, 38 и 62 г N га⁻¹ за сезон в низко-, средне- и высокопродуктивных березняках [2, 4, 5].

Таким образом, продуктивность нетто-минерализации азота, процент Nm от запаса общего азота в почвенном профиле, эмиссия аммиака, возрастают при увеличении продуктивности насаждений, но эффективность использования азота при этом снижается, обеспечивая более экономный расход элемента в низкопродуктивных экотопах.

В почвенном профиле экологического ряда березняков активность минерализации азота снижается от верхних горизонтов к нижним, однако эффективность процесса у каждого типа леса оказывается близкой во всех горизонтах. Для всех насаждений экологического ряда в профиле почвы 0–20 см на 1 г C–CO₂ выделенной с поверхности почвы в почвенном профиле минерализуется близкое количество азота. Мало исследованная в мировой практике элювиальная часть профиля обеспечивала от 15 до 58 % минерализации азота.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Разгулин С.М.* Деструкция органического вещества почвы и ассимиляция азота в экосистемах южной тайги // Почвоведение. 2004. № 8. С. 927–930.
2. *Разгулин С.М., Степанов А, Л.* Эмиссия аммиака из дерново-подзолистой почвы под разными фитоценозами // Почвоведение. 2009. №. 7. С. 853–856.
3. *Разгулин С.М.* Минерализация соединений азота в почвах южнотаежных экосистем // Почвоведение. 2010. №. 6. С. 706–711.
4. *Разгулин С.М.* Минерализация соединений азота в почве березняка-кисличника // Почвоведение. 2013. №. 2. С.154–151.
5. *Разгулин С.М.* Минерализация соединений азота в почве под чернично-сфагновым березняком (Ярославская область) // Почвоведение. 2014. №. 2. С.169–176.
6. *Стольников Е. В.* Микробная биомасса, ее структура и продуцирование парниковых газов почвами разного землепользования. Автореф. дис ... к.б.н. 03.02.03. М.: 2010. 25 с.

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ РОЛЬ ПОЧВ В КРУГОВОРОТЕ ВЕЩЕСТВ И УСТОЙЧИВОСТИ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ

7. *Groffman P., Hardy J., Fashn- Kann S., Driskoll C., Cleavitt N., Fachey T., Fisk M.* Snow depth, soil freezing and nitrogen cycling in a northern hardwood forest landscape // *Biogeochemistry*. 2011. V.102. P. 223–238.

8. *Reich P., Grigal D., Aber J., Gover S.* Nitrogen mineralization and productivity in 50 hardwood and conifer stand on diverse soil // *Ecology*. 1997. V. 78. P. 335–347.

ОЦЕНКА КРУГОВОРОТА ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ЕЛОВЫХ НАСАЖДЕНИЯХ НА ОСНОВЕ ИЗУЧЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СОСТОЯНИЯ ПОДСТИЛКИ

Семенюк О.В., Богатырев Л.Г., Телеснина В.М.
МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, olgatour@rambler.ru

Подстилка является важнейшим компонентом лесных биогеоценозов. В лесных экосистемах функционирование подстилок, напочвенного покрова и самой почвы взаимообусловлено, что находит свое отражение в пространственной неоднородности всех указанных компонентов. Типология подстилок и их запасы отражают соотношение процессов накопления и минерализации органического вещества, включающегося в циклы углерода и важнейших биофильных элементов. В рамках проблемы глобального потепления климата роль подстилки в качестве депозитария органического вещества, и прежде всего углерода, неизмеримо возрастает, а исследования подстилок приобретают особое экологическое значение.

Целью исследования являлось изучение особенности межбиогеоценозного и внутрибиогеоценозного распределения запасов лесных подстилок во взаимосвязи с характеристиками напочвенного покрова и градиентом увлажнения.

Исследования проводились на территории учебно-производственного центра Чашниково МГУ им. М.В. Ломоносова, расположенного в Московской области. Объектами исследования послужили три биогеоценоза еловых насаждений. Изучение простран-

ственного распределения лесных подстилок и напочвенного покрова в пределах системы ствол-крона-окно проводилось в ельнике кислично-зеленчуковом на дерново-подзолистых почвах на покровных суглинках и ельнике недотрогово-зеленчуковом на дерново-подзолистых почвах на покровных суглинках, подстилаемых карбонатными породами. В ельнике мохово-зеленчуковом на дерново-подзолистых почвах на покровных суглинках, расположенном на склоне, площадки закладывались по градиенту увлажнения в верхней, средней и нижней частях склона в подкрановом пространстве.

Укосы надземной фитомассы напочвенного покрова разобраны по видам, высушены и взвешены. Для каждого укоса вычислен балл влажности и балл трофности (активного богатства почвы) по экологическим шкалам Л.Г. Раменского [1] методом средневзвешенной середины интервала [2]. Полевое описание подстилок включало информацию о строении и мощности подстилок. Деструктивный и ферментативный горизонты разобраны на фракции. Запасы всех компонентов лесных подстилок рассчитаны на абсолютно сухую массу в $\text{г}/\text{м}^2$. Запас легкоразлагаемых компонентов рассчитывался как сумма фракции листьев и ветоши. Образцы напочвенного покрова и подстилок отбирались в трехкратной повторности с площади 50×50 см. Для математической обработки результатов использованы программы Excel и Statistica.

Результаты исследований напочвенного покрова ельников показали, что внутрибиогеоценозное варьирование общей биомассы чрезвычайно высоко ($2.5\text{--}1800 \text{ г}/\text{м}^2$), что свидетельствует о значительном разнообразии почвенно-экологических условий в пределах фитоценоза. Установлено повышение величины биомассы, видового разнообразия и степени трофности от приствольного пространства к межкрановому. Особенностью напочвенного покрова изученных еловых экосистем является повышенная доля нитрофильных видов в напочвенном покрове как результат влияния антропогенного фактора. Степень связи биомассы с особенностями строения органопрофиля подстилок не установлена. Детрит биогеоценозов представлен тремя типами подстилок: гумифицирован-

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ РОЛЬ ПОЧВ В КРУГОВОРОТЕ ВЕЩЕСТВ И УСТОЙЧИВОСТИ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ

ным, ферментативным и деструктивным. При рассмотрении распределения подстилок в системе ствол-крона-окно установлено, что в этом направлении отмечается переход от гумифицированного типа подстилки к ферментативному и деструктивному типам. Подстилки еловых насаждений территории Чашниково характеризуются значительной внутрибиогеоценозной пространственной изменчивостью. Мощность подстилок как в тессерах от ствола к «окну», так и в пределах склона от его верхней части к нижней уменьшается. Максимальные значения мощности подстилок наблюдаются в приствольном пространстве и составляют 8–9 см. В связи с упрощением строения подстилки мощность подстилки в «окне» меньше мощности подстилки у ствола в 3–4 раза. Величина запасов подстилки в тессерах также изменяется в 4 раза, снижаясь от ствола к межкрановому пространству от 1.5 до 6.6 кг/м². Установлены межбиогеоценозные различия подстилок еловых насаждений. Так, ельник кислично-зеленчуковый при больших запасах органического вещества в подстилках приствольного повышения, характеризуется значительным вкладом, обусловленным гумифицированным горизонтом по сравнению с аналогичными условиями ельника недотрогово-зеленчукового. В ельнике недотрогово-зеленчуковом в условиях повышенной обеспеченности азотом, которую индицируют растения нитрофилы, минерализация детрита происходит интенсивнее за счет большей активности микроорганизмов, что приводит к снижению запасов мелких фракций и общих запасов подстилки в целом. Установлено, что в пределах тессер также пространственное распределение запасов органического вещества в ферментативных горизонтах хорошо соотносится с распределением биомассы растений группы нитрофилов: чем больше их доля в общей биомассе напочвенного покрова, тем ниже запасы мелкодисперсных фракций.

Соотношение процессов депонирования – деструкции органического вещества в подстилках коррелирует также с уровнем трофности местообитания. Запасы деструктивного горизонта L (опад прошлых лет) в подкрановом пространстве в ельнике кислично-зеленчуковом и окне вдвое выше, чем запасы аналогичных горизон-

тов в ельнике недотрогово-зеленчуковом, что связано с большей скоростью преобразования опада в последнем в условиях повышенной трофности. Преобразованный материал деструктивного горизонта подстилки ельника недотрогово-зеленчукового накапливается в горизонте F, запасы которого в 1.8 больше, чем в ельнике кислично-зеленчуковом. В ельнике мохово-зеленчуковом на различных частях склона общие запасы подстилок существенно не различаются и составляют около $2,5 \text{ кг/м}^2$, что соответствует запасам подстилки в подкروновых пространствах кислично-зеленчукового и недотрогово-зеленчукового ельников. В еловых насаждениях значительные запасы и высокая доля мелких фракций в пределах профиля подстилок в ферментативных и гумифицированных горизонтах, а также верхних деструктивных горизонтах свидетельствует о низкой скорости биологического круговорота органического вещества в данных биогеоценозах. Максимальное накопление органического вещества в подстилках приурочено к растительным микрогруппировкам с повышенной долей бореальных видов.

Таким образом, подстилки еловых насаждений характеризуются значительной межбиогеоценозной и внутрибиогеоценозной изменчивостью как их общих запасов, так и соотношения фракций в однотипных по типологии подстилок, что свидетельствует о разнообразии экологических условий их формирования. Несмотря на различия в функционировании, подстилки еловых насаждений активно накапливают органическое вещество, являясь одним из основных депозитариев углерода в лесных биогеоценозах. Антропогенное поступление азота, индицируемое по увеличению доли растений нитрофилов, приводит к снижению запасов подстилки и ускорению круговорота органического вещества, что необходимо учитывать в условиях постоянно возрастающей антропогенной нагрузки на лесные экосистемы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Раменский Л.Г., Цаценкин И.А., Чижиков О.Н., Антипин Н.А. Экологическая оценка кормовых угодий по растительному покрову. М., 1956.

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ РОЛЬ ПОЧВ В КРУГОВОРОТЕ ВЕЩЕСТВ
И УСТОЙЧИВОСТИ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ

2. Заугольнова Л.Б., Ханина Л.Г., Комаров А.С., Смирнова О.В., Попадюк Р.В., Островский М.А., Зубкова Е.В., Глухова Е.М., Паленова М.М., Губанов В.С., Грабарник П.Я. Информационно-аналитическая система для оценки сукцессионного состояния лесных сообществ; РАН. Пушч. науч. центр, Пушкино, 1995.

**ДИНАМИКА СВОЙСТВ ПОЧВ И НЕКОТОРЫХ
ПОКАЗАТЕЛЕЙ БИОЛОГИЧЕСКОГО КРУГОВОРОТА
В ХОДЕ ЕСТЕСТВЕННОГО ПОСТАГРОГЕННОГО
ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЯ
(НА ПРИМЕРЕ КОСТРОМСКОЙ ОБЛАСТИ)**

Телеснина В.М.

МГУ им.М.В. Ломоносова, Москва, vtelesnina@mail.ru

Для исследования постагрогенной динамики почв на территории Костромской области был выбран хроноряд, представляющий собой экосистемы, различающиеся по давности сельскохозяйственного использования (зарастающая пашня с четко выраженными залежными стадиями). Стадии сукцессии: 1) пашня (0-стадия) – посевы овса, почва – агродерново-подзолистая; 2) залежь 7 лет – луг с преобладанием овсяницы красной, ежи сборной и ястребинки зонтичной, почва – агродерново-подзолистая реградированная; 3) 12-летняя залежь – заросли ивы козьей, в травостое преобладают овсяница красная и грушанка круглолистная, почва – агродерново-подзолистая реградированная; 4) осиново-березовый черничный 40-летний лес, почва – дерново-подзолистая постагрогенная; 5) 100-летний березово-еловый мохово-черничный лес, почва – подзолистая.

Запас общей фитомассы биогеоценоза возрастает в ходе сукцессии, особенно после формирования сомкнутого древостоя, до более 100 т/га. Надземная фитомасса травяно-кустарничкового яруса постепенно уменьшается, но на стадии 100-летнего леса снова увеличивается за счет кустарничков [2]. Количество

ежегодно поступающего легкоразлагаемого опада, под которым авторы понимали сумму опада лиственных деревьев, надземной фитомассы трав, а также примерно 1/3 часть корневой массы травяного яруса [5] в ходе сукцессии имеет два максимума: 1) на стадии молодой залежи 7 лет (за счет высокопродуктивного травяного яруса); 2) на стадии 40-летнего леса (за счет опада мелколиственных деревьев). То же относится к запасу азота (соответственно 13 и 38 г/м²) и зольных элементов (130 и 135 г/м²), которые поступают с легкоразлагаемым опадом. Лесная подстилка появляется на стадии 12-летней залежи, и состоит на этой стадии исключительно из опада листьев ивы козьей, не имея сплошного распространения на поверхности почвы. В 40-летнем лесу подстилка уже сформирована, хотя и довольно маломощна, и также состоит почти исключительно из горизонта L. Подстилка в 100-летнем лесу отчетливо стратифицируется на горизонты L и F (в подкроновых пространствах) или на L, F и H в приствольных. Запасы подстилки не превышают 0,3 кг/м² в молодом ивняке, в 40-летнем лесу достигают 0,7–1 кг/м², а в 100-летнем – варьируют от 0,3 кг/м² в «окнах» до 3,5 и более кг/м² в приствольных пространствах. По мере восстановления древостоя, доля детрита в горизонтах L возрастает с 20 до 40 %, а доля легкоразлагаемых компонентов (листья, травяной опад), напротив, уменьшается от 60 до 20 %, что говорит об уменьшении скорости разложения. Зольность подстилок (горизонт L) в ходе сукцессии уменьшается с 8–11 до 3–4 %, содержание кальция в золе – с 5–6 до 1–3 % по причине изменения состава с лиственного на смешанный.

Выявлено увеличение потенциальной кислотности почвы после прекращения распашки, что является результатом прекращения агрохимических мероприятий и подкисляющего действия разлагающегося растительного опада. Наиболее резкое снижение солевого pH (с 4,6 до 4,0) соответствует стадии, где древостой уже сомкнут, что хорошо отражается видами напочвенного покрова – пропадают нейтрофильные виды (бодяк полевой, ежа сборная), а биомасса ацидофильных (ситник нитевидный, сед-

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ РОЛЬ ПОЧВ В КРУГОВОРОТЕ ВЕЩЕСТВ И УСТОЙЧИВОСТИ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ

мичник) составляет более 70 %. В основном изменения рН в ходе сукцессии охватывают верхние 10–20 см почвы, что отмечалось другими авторами [4].

Смена растительного покрова, сопутствующая выводу почвы из обработки и переходу в залежное состояние, в первую очередь, влечет за собой существенным изменения в содержании и запасах органического вещества в верхней толще почвы [3; 8]. По мере лесовосстановления, значительно увеличивается содержание органического углерода в старопашотной толще, что в целом соответствует данным, полученным другими авторами для постагрогенных почв южной тайги [1; 7]. Наиболее значимое увеличение содержания органического углерода выявлено для верхних 10 см минеральной части профиля (не более 1,5 % в почве пашни, тогда как в почве 100-летнего леса более 6 %). Повышение содержания органического вещества в верхних слоях старопашотной толщи на первом этапе (травяные экосистемы), видимо, связано с преобразованием дернины, возникшей на длительной стадии травяной экосистемы [6], на более поздних – поступлением листового опада древесного яруса и образованием «лесного» органофилия. В пахотных почвах единственным источником органического вещества являются части растений, остающиеся после уборки урожая, а также органические удобрения, если они вносятся. После прекращения распашки с появлением травяной экосистемы происходит резкое увеличение поступления растительных остатков как с поверхности, так и с корневым опадом. Запасы органического углерода в старопашотной толще (0–30 см) возрастают по мере лесовосстановления от 25 т/га на пашне до 50 т/га в 40-летнем лесу, однако на следующей стадии снова происходит некоторое их уменьшение по причине деградации горизонта А в минеральной части профиля.

Обогащенность органического вещества азотом в старопашотной толще существенно изменяется по мере восстановления естественной растительности на пашне, особенно в верхней части старопашотного горизонта. Соотношение углерода и азота в органическом веществе существенно увеличивается по мере лесовосстанов-

ления. Наиболее резкое повышение этого показателя, причем на глубине как 0–10, так и 10–20 см, соответствует появлению древо-стоя (12 лет), а также переходу от мелколиственного леса к хвойному (100 лет). Это довольно адекватно отражается соотношением экологических групп в напочвенном покрове. Виды-нитрофилы присутствуют только до 12–13 лет после прекращения распашки (осот полевой). В то же время виды, устойчивые к низкому содержанию азота, почти отсутствуют на молодой залежи, в то время как на 12–13-летней залежи их биомасса составляет уже 30 % (грушанка круглолистная, ситник нитевидный), а в 100-летнем лесу они абсолютно преобладают.

Итак, в ходе естественного постагрогенного лесовосстановления по пашне в южной тайге происходит постепенное усиление свойств почвы, характерных для зональных – мощность и запасы лесной подстилки увеличиваются при уменьшении зольности и доли легкоразлагаемых фракций, увеличении кислотности и содержания органического углерода в верхней части минерального профиля на фоне уменьшения обогащенности органического вещества азотом. Также при восстановлении лесных экосистем происходит увеличение общих запасов фитомассы и постепенное уменьшение интенсивности биологического круговорота.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ананьева Н.Д., Сусьян Е.А., Рыжова И.М., Бочарникова Е.О., Стольников Е.В.* Углерод микробной биомассы и микробное продуцирование двуокси углерода дерново-подзолистыми почвами постагрогенных биогеоценозов и коренных ельников южной тайги (Костромская область) // Почвоведение. 2009. № 9. С. 1108–1116.
2. *Владыченский А.С., Телеснина В.М., Чалая Т.А.* Влияние поступления растительного опада на биологическую активность почв южной тайги // Вестник Моск. ун-та. Сер. 17. 2012. № 1. С. 3
3. *Курганова И.Н., Лопес-де-Гереню В.О.* Запасы органического углерода в почвах Российской Федерации: современные оценки в связи с изменением системы землепользования // Доклады Академии наук. 2009. т. 426. № 1. С. 132–134.

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ РОЛЬ ПОЧВ В КРУГОВОРОТЕ ВЕЩЕСТВ
И УСТОЙЧИВОСТИ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ

4. *Литвинович А.В., Плылова И.А.* Изменение кислотно-основных свойств дерново-подзолистой суглинистой почвы в процессе постагрогенной эволюции // Научное обеспечение развития АПК в условиях реформирования. С. Петербург, 2009. С. 160–164.

5. Методы изучения биологического круговорота в различных природных зонах. М.: Мысль, 1978. 181 с.

6. *Сорокина О.А.* Диагностические показатели почвообразования в серых почвах залежей, зарастающих сосновым лесом (Среднее Приангарье) // Почвоведение. 2010. № 8. С. 929–937.

7. *Kalinina O., Goryachkin S.V., Karavaeva N.A., Lyuri D.I., Najdenko L., Giani L.* Self-restoration of post-agrogenic sandy soils in the southern Taiga of Russia: Soil development, nutrient status, and carbon dynamics // *Geoderma*. 2009. V. 152. P. 35–42.

8. *Kurganova, I., Yermolaev, A., Lopes de Gerenyu, V., Larionova, A., Kuzyakov, Y., Keller, T., Lange, S.* Carbon balance in soils of abandoned lands in Moscow region // *Eurasian Soil Science* 2007. V. 40(1), 50–58.

С Е К Ц И Я

«ПОЧВЕННАЯ БИОТА ЛЕСНЫХ ПОЧВ»

ПОЧВЕННЫЕ ВОДОРΟΣЛИ ГОРОДСКИХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

Антипина Г.С.

*ФГОУ ВО Петрозаводский государственный университет,
Петрозаводск, antipina@petrsu.ru*

Города таежной зоны характеризуются гетерогенностью почв и антропогенных субстратов – от естественных зональных подзолистых лесных почв до полностью трансформированных субстратов – урбаноземов. Рассмотрена антропогенная динамика видового состава и количественные характеристики альгоценозов в почвах ельников зеленомошных (черничных) на территории Петрозаводска при строительстве. Почва ельников – подзол иллювиально-гумусово-железистый пылевато-песчаный на морене.

Работа проведена в малонарушенном ельнике, на вырубке и на строительной площадке в бывшем ельнике. Изучение видового состава выполнено при прямом просмотре почвы, в водных и почвенных культурах. Численность клеток определялась в поверхностном слое почвы 0–1 см в смешанных образцах, биомасса – объемно-расчетным методом. Данные количественного учета приведены на 1 г абс. сухой почвы [6].

Подзолистая почва ельника характеризуется стабильной альгофлорой (46 видов), в ней преобладают зеленые водоросли, что типично для кислых лесных почв северных регионов [1, 2]. Дернинки зеленых мхов мохового покрова заселены зелеными водорослями-эпифитами, распространенными в почве, но способными существовать и в аэрофильных условиях. В лесной почве выражена дифференциация видового состава альгофлоры подстилки и подзолистого горизонта. Для подстилки характерно присутствие

ПОЧВЕННАЯ БИОТА ЛЕСНЫХ ПОЧВ

безгетероцистных нитчатых синезеленых водорослей родов *Phormidium* и *Plectonema*, которые не распространяются в подзолистый горизонт почвы. Из выявленных водорослей 23 вида являются общими для подстилки и подзолистого горизонта.

В почве ельника присутствуют антропофильные водоросли (18 видов), которые (по аналогии с высшими растениями) можно рассматривать как виды-апофиты. Для них нарушение почвы выступает как благоприятный фактор, что обеспечивает интенсивное развитие альгофлоры после вырубki древостоя и повреждения поверхности почвы. К этой группе относятся зеленые водоросли – монадные (виды рода *Chlamydomonas*), коккоидные (*Bracteacoccus minor*, *Dictyococcus irregularis*), нитчатые (*Chlorhormidium flaccidum*, *Gloeotila protogenita*), а также нитчатые синезеленые (*Phormidium boryanum* и другие).

Водоросли интенсивнее развиваются в лесной подстилке, чем в подзолистом горизонте почвы (средняя численность водорослей соответственно 70,2 и 15,4 тыс. клеток/г, биомасса 0,02 и 0,006 мг/г), что связано со световым режимом слоев почвы.

В условиях вырубki происходит перестройка эдафона зональной лесной почвы, связанная с увеличением освещенности, снятием конкуренции со стороны мхов, формированием открытых участков почвы [4, 5]. Изменение условий обеспечивает расширение альгофлоры почвы вырубki (68 видов) за счет новых видов водорослей, осваивающих возникшие экологические ниши. Специфической особенностью вырубki является развитие водорослей-эрозиофилов трех групп: 1. нитчатые зеленые, приуроченные к песчаным субстратам (*Koliella sempervirens*, *Uronema confervicolum*, *Pleurastrum terrestre*); 2. нитчатые синезеленые, в том числе азотфиксирующие виды (*Tolypothrix tenuis*, *Anabaena hallensis*, *A. variabilis*, *Calothrix clavata*, *C. elenkinii*); 3. коккоидные и нитчатые желтозеленые (виды родов *Botridiopsis*, *Chloridella*, *Pleurochloris*, *Heterothrix*, *Tribonema*).

В нарушенной почве вырубki расширяется состав антропофильных водорослей-апофитов (30 видов), которые характеризуются устойчивостью к изменениям влажности и освещенности субстрата. Потенциал почвенной альгофлоры, существующий в

ненарушенной почве, и поступление диаспор со смежных нарушенных участков дает возможность успешного существования альгофлоры и усиления развития водорослей в новых условиях.

Для почвы вырубке отмечено не только появление новых видов микроскопических водорослей, но и возрастание количественных показателей альгогруппировок – численности клеток до 200–500 тыс. клеток/г, биомассы до 0,122 мг/г (до 1,2 г на 1 кв. метр субстрата).

На строительных площадках формируются отвалы почвообразующей породы (морены), при этом верхние слои почвы с присущей им альгофлорой оказываются засыпанными низкоплодородным грунтом. В экстремальных для растений условиях обнаженного грунта, инсоляции и колебаний влажности субстрата на отвалах развивается пионерная альгофлора. В первые недели здесь представлены только единичные клетки зеленых коккоидных водорослей-убиквистов (*Chlorella vulgaris*, *Coccomyxa solorinae*). Через 2–3 месяца на отвалах формируются альгосообщества, в которых представлены 33 вида. При сохранении преобладания зеленых водорослей в грунте распространяются отдельные устойчивые виды диатомовых, желтозеленых и неазотфиксирующих нитчатых синезеленых водорослей. Альгофлора отвалов – это альгофлора антропофильных видов-апофитов. Интенсивность роста водорослей в грунте отвалов минимальная (до 2,7 тыс. клеток).

Всего в исследованных почвах выявлены около 100 видов водорослей, из которых только 10 являются общими для трех участков – они встречаются в лесу, на вырубке и на отвалах. Эти виды представляют собой группу типичных для северных лесных почв широко распространенных фототрофных организмов эдафона. В то же время, доля специфичных видов составляет не менее трети альгофлоры каждого субстрата, и различие исследованных альгофлор выражено сильнее, чем их сходство.

Как в антропогенно нарушенных почвах выявляются новые виды водорослей, которые не были отмечены в лесной почве? Можно говорить о двух источниках: 1. такие виды присутствуют и в ненарушенной лесной почве, но количество диаспор их меньше уровня выявления использованными методами, а изменение условий стимулируют развитие таких диаспор в почве; 2. диаспоры во-

ПОЧВЕННАЯ БИОТА ЛЕСНЫХ ПОЧВ

дорослей заносятся с частицами почвы или грунта из окружающих нарушенных почв или внепочвенных субстратов; такой перенос не только зачатков, но и вегетативных особей для микроскопических водорослей известен [3]. Соответственно, участки вырубki, которые отличаются разнообразной альгофлорой и сами являются источником для подобного переноса диаспор.

Нарушение почв в лесных участках создает условия для развития видов-апофитов, представляющих синантропный компонент альгофлоры. Как и в макромире, к этой группе растений принадлежат устойчивые в экстремальных условиях виды с широкой экологической амплитудой. Именно они во многом обеспечивают в почвенном покрове континуум альгофлоры. Конкурентные возможности почвенных водорослей, бесспорно, малы по сравнению с высшими растениями, но на обнаженных техногенных субстратах проявляется их способность быстро заселять свободные субстраты и выступать в качестве растений-эксплерентов.

При гетерогенности и мозаичности условий, характерных для естественных и трансформированных лесных фитоценозов, в них выражены дискретность и континуум почвенной альгофлоры. Эти признаки поддерживаются разнообразием систематического состава и экологических групп почвенных водорослей.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Алексахина Т.И., Штина Э.А.* Почвенные водоросли лесных биогеоценозов. М., 1984. 149 с.
2. *Антипина Г.С.* Развитие почвенных водорослей на вырубках северной тайги // Ботан. журн. 1986. Т. 71. № 6. С. 794–798.
3. *Дубовик И.Е.* Перемещение водорослей аэрофитона и их поселение на различных субстратах // Альгология. 2002. Т. 67. № 1. С. 125–132.
4. *Новаковская И.В., Патова Е.Н.* Почвенные водоросли еловых лесов и их изменение в условиях аэротехногенного загрязнения. Сыктывкар, 2011. 128 с.
5. Почвенные водоросли антропогенно нарушенных экосистем. Новосибирск, 2014. 145 с.
6. *Штина Э.А., Голлербах М.М.* Экология почвенных водорослей. М., 1976. 142 с.

**ФОРМИРОВАНИЕ ЛЕСНЫХ КОМПЛЕКСОВ
ПОЧВЕННЫХ МИКРОАРТРОПОД
ПРИ ЗАРАСТАНИИ ЗАЛЕЖЕЙ**

Безкорвайная И.Н.¹, Егунова М.Н.²

¹ Сибирский федеральный университет Красноярск,
birinik-2011@yandex.ru;

² Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск,
Mari_19_88@mail.ru

В связи с особой функциональной ролью почвенной биоты при изучении процессов формирования лесных экосистем особое значение имеет анализ динамики комплексов беспозвоночных, выявление факторов, обуславливающих особенности их эколого-трофической структуры на разных стадиях развития лесного сообщества. В отличие от растений и микроорганизмов животные целиком зависят от состава, строения и продуктивности растительного компонента, а так же от тех режимов физической среды, которые создаются растительностью внутри экосистемы [3; 4; 6; 8; 9; 7]. Сложность подобных исследований связана с влиянием на процессы большого количества и разнообразия экологических факторов: климата, почвенных условий, растительности и других.

В 1968 г. сотрудниками Института леса на территории южной тайги Средней Сибири (56° с.ш. 92° в.д.) был заложен эксперимент с целью изучения развития искусственных лесных биогеоценозов и внутренних связей в системе «растительность↔почва» [5]. Эксперимент представляет собой окультуренный участок старопахотной серой почвы, на которую после предварительного плантажа было высажено шесть основных пород Сибири – кедр (*Pinus sibirica*), ель (*Picea obovata*), лиственница (*Larix sibirica*), сосна (*Pinus silvestris*), береза (*Betula fruticosa*) и осина (*Populus tremula*). Уникальность данного эксперимента заключается в том, что при физическом моделировании процессов взаимодействия основных лесообразующих пород и почвы такие экологи-

ПОЧВЕННАЯ БИОТА ЛЕСНЫХ ПОЧВ

ческие факторы, как рельеф, климат, материнские породы и почва, являются одинаковыми, а древесные породы – разными. Это сводит к минимуму влияние внешних факторов и все различия в почвенной системе, проявляющиеся в процессе произрастания культур, обусловлены, прежде всего, влиянием древесного полога разного породного состава.

В качестве начальной стадии лесовосстановительного процесса использована 5-летняя разнотравно-злаковая залежь, в качестве конечной стадии – естественные лесные сообщества сосняк разнотравно-осочковый (90 лет) и березняк орляково-разнотравно-осочковый (60 лет). Все исследуемые участки расположены в долине р. Кача на восточной окраине Кемчугской возвышенности Средней Сибири (56° с.ш. 92° в.д.). Фитоценозы представлены хвойными и мелколиственными лесами приграничных ландшафтов «южная тайга – лесостепь».

По мнению Коробова Е.Д. и Гельцер Ю.Г. степень влияния того или иного экологического фактора на формирование комплексов почвенных беспозвоночных определяется типом фитоценоза: при сопряженном изменении гидротермического фактора и характера фитоценоза реакция беспозвоночных более избирательна к составу растительности [4].

Под 40-летними лесными культурами плотность почвенных микроартропод составляет 8–12 тыс. экз/м². Более высокой плотностью этих беспозвоночных характеризуются культуры сосны и березы. Комплексы почвенных микроартропод естественных биогеоценозов отличаются максимальной плотностью 16–25 тыс. экз/м². В подстилках всех исследуемых местообитаний сосредоточено 60–85 % от общей численности мелких беспозвоночных и выявленные между ними различия определяются развитостью подстилочного комплекса. Для 5-летней разнотравно-злаковой залежи, где подстилочный горизонт отсутствует, плотность микроартропод не превышает 4 тыс. экз/м².

Среди микроартропод доминируют клещи (Acariformes) (56–86 % от общей плотности), 80–90 % клещей представлены панцирными (Oribatida). Коллемболы (Collembola) составляют

14–44 %, среди них зарегистрировано 19, принадлежащих к 7 семействам. Наибольшее количество видов, найденных на исследуемых участках, относится к семейству Isotomidae, что является характерной чертой сообществ бореальной зоны. Выявленные фаунистические различия проявляются на уровне массовых видов.

Фаунистическое сходство между культурами березы и березняка, культурами сосны и сосняком отражает формирование в 40-летних культурах лесного сообщества, близкого к естественным местообитаниям.

Среди жизненных форм в большинстве сообществ преобладают поверхностно-обитающие виды. Особенно это ярко выражено на 5-летней залежи (88 %), которая на данном этапе своего развития отличается мозаичностью напочвенного покрова и отсутствием сплошного задернения, типичного для луговых сообществ. Только здесь отмечен вид *S. ununguiculata*, предпочитающий луга и в лесах встречающийся крайне редко. Соотношение жизненных форм обусловлено особенностями подстилок под культурами. Так, доминирование подстильно-почвенных форм коллембол под хвойными культурами может быть связано с «возрастом» опада в составе подстилки. По данным Ведровой Э.Ф. и Решетниковой Т.В. в 40-летних культурах под хвойными породами, в отличие от лиственных, нарушается сбалансированность процессов поступления и разложения растительного вещества, за счет чего происходит увеличение запасов подстилки [1].

Сравнительный анализ структуры комплексов почвенных беспозвоночных и их трофической активности в 40-летних лесных культурах, 5-летней разнотравно-злаковой залежи, в сосняке разнотравно-осочковом и березняке орляково-разнотравно-осочковом показал, что на данной стадии развития культур формируются комплексы почвенных беспозвоночных лесного типа с частичным сохранением биологических свойств первоначального субстрата – пашни, выведенной из-под леса. Различия между комплексами беспозвоночных обусловлены развитием в культурах лесной подстилки.

ПОЧВЕННАЯ БИОТА ЛЕСНЫХ ПОЧВ

Выявленные фаунистические различия в комплексах коллембол исследованных местообитаний проявляются на уровне массовых видов. Формирование подстильно-почвенного комплекса коллембол под всеми культурами отражает развитие лесной обстановки.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ведрова Э.Ф., Решетникова Т.В.* Масса подстилки и интенсивность ее разложения в 40-летних культурах основных лесообразующих видов Сибири // *Лесоведение*, 2014. № 1. С. 42–50.
2. *Зонн С.В.* Влияние леса на почву. М.: Наука, 1954. 189 с.
3. *Карпачевский Л.О.* Структура почвенного покрова и разнообразие лесных фитоценозов // *Почвоведение*. 1996. № 6. С. 722–27.
4. *Коробов Е.Д., Гельцер Ю.Г.* Почвообитающие беспозвоночные – показатели основных типов ельников Центрально-лесного госзаповедника // *Проблемы и методы биологической диагностики и индикации почв*. М.: Наука, 1976. С. 261–278.
5. *Шугалей Л.С., Семечкина М.Г., Яшихин Г.И., Дмитриенко В.К.* Моделирование развития искусственных лесных биогеоценозов. Новосибирск: Наука, 1984. 152 с.
6. *Binkley D., Giardina C.* Why do trees species affect soils? The warp and woof of tree-soil interactions // *Biogeochemistry*. 1998. № 42. P. 89–106.
7. *Korboulewsky N., Perez G., Chauvat M.* How tree diversity affects soil fauna diversity: A review // *Soil Biology & Biochemistry*, 2016. 94. P. 94–106.
8. *Mueller K.E., Hobbie S.E., Chorover J., Reich P.B., Eisenhauer N., Castellano M. et al.* Effects of litter traits, soil biota, and soil chemistry on soil carbon stocks at a common garden with 14 tree species // *Biogeochemistry*, 2015. № 123. P. 313–327.
9. *Mueller K.E., Eisenhauer N., Reich P.B., Hobbie S.E., Chadwick O.A., Chorover J. et al.* Light, earthworms, and soil resources as predictors of diversity of 10 soil invertebrate groups across monocultures of 14 tree species // *Soil Biology & Biochemistry*, 2016. 92. P. 184–198.

ВЛИЯНИЕ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ НА БИОТУ КРИОГЕННЫХ ПОЧВ

Безкорвайная И.Н.¹, Климченко А.В.², Гренадерова А.В.¹, Шаповалова В.А.¹

¹ Сибирский федеральный университет, Красноярск,

ibezkorovaynaya@sfu-kras.ru;

² Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск,

klimchenko@mail.ru

Экосистемы таежной зоны Сибири, сформированные на многолетней мерзлоте, имеют особое экологическое значение в сохранении биологического разнообразия и регулировании климата планеты [1]. Интерес к экосистемам высоких широт напрямую связан с изучением адаптационных возможностей биоты к существованию в экстремальных условиях. В настоящее время фиксируется устойчивое возрастание приземной температуры. В условиях криолитозоны следствием этого является увеличение безморозных периодов и увеличение числа лесных пожаров [3]. На фоне меняющихся климатических параметров пирогенная трансформация экологических условий на локальном уровне проявляется через постепенную деградацию мерзлоты, увеличение биологически активного слоя не может не отражаться на почвенных гетеротрофных процессах.

Исследования проводятся в зоне сплошного распространения мерзлоты в лиственничниках северной тайги (Эвенкийский р-он, п. Тура). Пробные площади представлены лиственничниками кустарничково-зеленомошными и гарями разного возраста. Пожары были высокоинтенсивные с полной гибелью древостоя. Почвы представлены подбурами. Для этих почв характерно протаивание мерзлоты в теплый период на глубину почвенного профиля (60–70 см), что способствует нисходящей миграции веществ. Почвенный профиль характеризуется слабо выраженными минеральными горизонтами, накоплением органических остатков и грубого гумуса.

В данной работе представлен анализ разных размерных групп почвенных беспозвоночных: амёб Rhizopoda (нанофауна), микроартропод (микрофауна) и крупных беспозвоночных (мезофауна).

ПОЧВЕННАЯ БИОТА ЛЕСНЫХ ПОЧВ

Экологические условия северотаежных лиственничников (сочетание микроповышений (бугров) и микропонижений (западин) в нано- и микрорельефе, приводящие к вариабельности гидротермических условий и мощности жизнеобитаемого слоя почвы) обуславливают особенности структуры и пространственного распределения почвенной биоты.

Для исследованных ненарушенных местообитаний идентифицирован 31 вид раковинных амёб, плотность составляет в среднем 2072 экз/г абс.сух.вес. В большинстве естественных сообществ преобладают ксерофильные бриобионты: *Corythion dubium*, *Corythion orbicularis*. В западинах наряду с ксерофилами, отмечены виды гигрофилы (не более 20 % от общего количества): *Centropyxis constricta*, *Cyclopyxis arselloides* и пр.

Плотность микрофауны колеблется от 5 до 63 тыс.экз/м², мезофауны – от 199 до 580 экз/м². До 70–100 % беспозвоночных сосредоточено в мохово-лишайниковом слое и подстилке, что является следствием слабой аэрации мерзлотных почв и влияния близкого залегания вечной мерзлоты (30–50 см). Микрофауна имеет типичную для почв северной тайги структуру – доминантами являются *Oribatei*, на которых приходится в среднем 71 % от всех мелких членистоногих. Доля *Collembola* не более 17 %. Основу мезофауны составляют поверхностно обитающие зоофаги (41–64 %). Среди сапрофагов (10–58 %) доминируют *Enchytraeidae* – основные деструкторы органического вещества в мерзлотных почвах. Фитофаги и беспозвоночные со смешанным типом питания составляют в среднем около 13 %.

Послепожарное изреживание древостоя, трансформация подстилок обуславливают увеличение инсоляции на поверхности, изменение гидротермических условий в подстилке и верхнем, наиболее биологически активном, минеральном слое почвы. На горяч разных возрастов отмечено увеличение температуры на поверхности почвы и в верхнем 20-см слое почвы, включая подстилку. Послепожарная трансформация условий местообитаний приводит к изменению структуры и плотности почвенного населения. Так видовая структура раковинных амёб на выгоревших участках отлича-

ется малым разнообразием (7 видов), доминантом является ксерофильный вид *Corythion dubium* (45,95 %), содоминант – *Trinema lineare* (21,62 %), они отражают ксероморфные условия среды. Плотность сообщества раковинных амёб в пирогенно преобразованной подстилке составляет 150 экз./г абс.сух.вес.

Плотность микрофауны на 25-летней гари в 21 раз ниже контрольного участка, на остальных гарях ее потеря не превышает 50 %. Плотность мезофауны на 25-летней гари в 5 раз и на 12-летней гари в 2 раза ниже, чем на контролях; на однолетней гари она практически осталась на уровне контрольного участка. Вертикальное распределение почвенного населения на гарях показывает, что потеря численности происходит за счет подстилочных обитателей и обусловлено, прежде всего, послепожарной трансформацией экологических условий. Об этом свидетельствуют более контрастные различия в плотности беспозвоночных и ее вертикальной стратификации на старых гарях и соответствующих им контрольных участках, по сравнению с 1-летней гарью.

Представители мезофауны показали более высокую зависимость от гидротермических условий почвы, и основным лимитирующим фактором является влажность. Возможно, это связано с тем, что микроартроподы имеют хорошо развитую способность переносить такие жесткие условия среды, как низкие температуры и недостаток влаги.

В комплексах микроартропод гарей, как и на контрольных участках, доминируют *Oribatei*, на них приходится более 60 % мелких беспозвоночных. В мезофауне старых гарей наблюдается изменение эколого-трофической структуры – при общем снижении численности комплекса доля сапрофагов увеличивается в 1.5–2 раза. На однолетней гари распределение долей между трофическими группами практически не изменилось.

Таким образом, анализ почвенного населения лиственничных гарей в криогенных условиях показал, что пожары приводят к значительному снижению плотности ключевых групп почвенных беспозвоночных. Доминирование в послепожарных комплексах ксерофильных видов раковинных амёб отражает изменение гидротер-

ПОЧВЕННАЯ БИОТА ЛЕСНЫХ ПОЧВ

мических условий. Температура и влажность органогенного горизонта являются основными лимитирующими факторами для представителей микро- и мезофауны. Процессы восстановления почвенного населения после пожаров зависят от скорости формирования органогенного горизонта как основного местообитания почвенной биоты криогенных экосистем.

Исследования выполняются при поддержке гранта РФФИ №16-04-00796.

ЛИТЕРАТУРА

1. Карелин Д.В., Замолодчиков Д.Г. Углеродный обмен в криогенных экосистемах. М.: Наука, 2008. 344 с.
2. Харук В. И., Пономарёв Е. И. Таежные леса в меняющемся климате: динамика лесных пожаров // Региональные проблемы дистанционного зондирования Земли. 2016. С. 38–41.

ВЛИЯНИЕ ХВОЙНЫХ И ЛИСТВЕННЫХ ЛЕСОВ НА СТРУКТУРУ НАСЕЛЕНИЯ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ И ТЕРМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ПОЧВ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Бухкало С.П.

*Тобольская комплексная научная станция УрО РАН, Тобольск,
spukhkal@mail.ru*

Климат является основным фактором, определяющим природную зональность, которая характеризуется определенным составом и структурой почв, растительности, животного населения и продуктивностью экосистем. Зональные сообщества формируются на плакорных участках, где показатели климата наиболее стабильные. При катастрофических воздействиях (вырубка, пожар, распашка земли) они разрушаются, но после прекращения внешних воздействий начинается восстановление через последовательный ряд промежуточных сообществ до зонального состояния. За счет регионального перераспределения тепла и влаги на склонах во всех природно-климатических зонах фор-

мируются экстра- и инразональные сообщества. Основная цель настоящего исследования – провести сравнительный анализ зонального и экстразонального сообществ, занимающих схожие позиции в рельефе.

К экстразональному мы относим березово-осиновый лес в пределах тайги. В естественных условиях Западной Сибири, подобные сообщества образуют подтаежную зону, аналог европейским неморальным лесам. В наших исследованиях, сообщество представляет последнюю стадию сукцессии восстановления южно-таежных лесов, возраст которой может продолжаться более 100 лет. Этого времени достаточно для формирования экосистемы со своим флористическим и фаунистическим составом, типичным уровнем обмена вещества и энергии.

Исследования почвенной мезофауны проведены в третьей декаде октября 2006–2012 гг. в березово-осиновом и елово-пихтовом лесах, расположенных на коренной террасе Иртыша. Елово-пихтовый лес сформирован на месте выборочной рубки. Почва серая лесная умеренно-длительно промерзающая со вторым гумусовым горизонтом высококовскипающая мощная на карбонатных лессовидных суглинках, рН 4,83, опад до 5 см. Березово-осиновый лес сформирован на месте сплошной вырубki. В его подросте присутствуют хвойные виды. Почва серая лесная грунтово-глееватая со вторым гумусовым горизонтом мощная на карбонатных лессовидных суглинках, рН 5,48, опад до 1 см. Описания почв выполнены специалистами МГУ А. Сорокиным и П. Андреевым. Температурные измерения проводили терморегистраторами DS1921G-F5 6 раз в сутки на глубине 5 см.

Расстояние между исследованными сообществами составляет около 100 м, что дает нам основания пренебречь влиянием погодного фактора. Таким образом, основные особенности между сравниваемыми участками сводятся к различию древесной растительности, поэтому, своеобразие состава и структуры животного населения, термического режима связаны с особенностями растительного покрова и экологических условий.

Почва для населяющих ее организмов служит средой обитания, источником питания. Участие беспозвоночных в почвообразова-

ПОЧВЕННАЯ БИОТА ЛЕСНЫХ ПОЧВ

нии можно оценить по их таксономическому, экологическому разнообразию, количеству (плотности популяций и массы) и трофической структуре. По этим показателям можно судить, насколько благоприятна среда обитания для беспозвоночных.

Состав и структура животного населения почв исследованных сообществ значительно отличаются. В лиственном лесу среднее многолетнее значение плотности популяций составляет около 1860 экз/м², а экстремальные (межгодовые) значения изменяются в 2,5 раза от 720 до 5340 экз/м². В хвойном (таежном) лесу среднее значение составляет около 810 экз/м², при изменении межгодовых значений от 530 до 1170 экз/м². В хвойном лесу аналогичные показатели плотности популяций отличаются от среднего многолетнего значения на 1/3, что является следствием устойчивости состава беспозвоночных в результате большей стабильности условий обитания в почвах таежных сообществ.

Различия в таксономическом разнообразии беспозвоночных сравниваемых биотопов на уровне семейств не существенное. Отметим лишь отсутствие в почве хвойного леса многоножек-землянок. Различия в процентном соотношении доминирующих таксонов значительные. В лиственном лесу 61 % средней численности беспозвоночных приходится на личинок двукрылых. Из них 10,2 и 47,0 % составляют сапрофаги личинки семейств *Vibionidae* и *Sciaridae* соответственно. Доля кольчатых червей (энхитреид и люмбрицид) достигает 13,5 %, а жуков (из 18 семейств) 18,0 %. В хвойном лесу при такой же разнообразии семейств, преобладают жуки – 61 % из них 32 % приходится на стафилин. Кольчатые черви составляют 10,5, а личинки двукрылых – 11,3 %.

Различия населения по массе в сравниваемых сообществах не менее существенны. Средняя масса почвенных беспозвоночных в лиственном лесу составляет около 35,2 г/м², из них около 76 % приходится на олигохет (75 % – люмбрициды). Участие других беспозвоночных менее существенно. Жуки составляют чуть больше 5 %, мухи – около 9 %. В хвойном лесу средняя масса беспозвоночных достигает 7,7 г/м². На кольчатых червей приходится

около 39 %, жуки и двукрылые составляют 27,4 и 15,6 % соответственно. Существенные различия в массе беспозвоночных в сравниваемых сообществах выражены у сапрофагов олигохет и связано с наличием доступных для них пищевых ресурсов.

Опад хвойных содержит большое количество смол угнетающих микробную активность и снижающих его «привлекательность» для сапрофагов. Его накопление в хвойных лесах связано с преобладанием поступления опада над его минерализацией. Для мелких хищников (стафилин, пауков-пигмеев) органический слой служит благоприятной средой обитания. Их высокая численность и разнообразие являются характерными признаками животного населения почв всех хвойных лесов. Накопление отмершего органического вещества ведет к консервации в нем биогенных элементов, что негативно сказывается на биологической продуктивности и увеличению теплоизолирующих свойств.

Листовой опад предпочтительней для сапрофагов. Его охотно используют в пище дождевые черви, личинки бибионид и другие беспозвоночные. На опавших листьях развиваются многочисленные грибы и микроорганизмы. За теплый период весь листовой опад полностью минерализуется к осени благодаря активному участию микроорганизмов и сапрофагов, обеспечивая высокий уровень круговорота биогенных элементов.

Обладая высокой влагоемкостью, теплоизолирующими свойствами органическое вещество почвы, выполняет важные функции гидро- и терморегуляции. Среднегодовая температура почвы в лиственном лесу на 2° выше и составляет 4,6 °С, а переход весной через «0» наступает на две недели раньше чем в тайге. Сумма среднесуточной температуры в лиственном лесу превышает 1700 °С, что на 150 °С выше по сравнению с хвойным лесом.

Проведенные исследования показывают, что при равных погодных, климатических и геоморфологических условиях растительный покров может оказывать существенное влияние на термический режим почв, состав и структуру животного населения почв.

**ПОЧВЕННЫЕ МИКРОБНЫЕ СООБЩЕСТВА
СОСНОВЫХ ЛЕСОВ ТАЕЖНОЙ ЗОНЫ
ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРО-ВОСТОКА**

Виноградова Ю.А.¹, Лаптева Е.М.¹, Шергина Н.Н.²

¹ *Институт биологии Коми научного центра УрО РАН, Сыктывкар,
vinogradova@ib.komisc.ru;*

² *Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина*

Сосновые леса на территории европейского Северо-востока приурочены преимущественно к древнеаллювиальным террасам и флювиогляциальным отложениям на водоразделах, характеризующихся бедным песчаным субстратом [1]. Специфика почвообразующих пород обуславливает, с одной стороны, более благоприятный температурный режим почв в теплый период года, по сравнению с темнохвойными лесами, с другой, неустойчивый водный режим, характеризующийся дефицитом влаги в летние месяцы [2]. Бедность субстрата, контрастность гидротермического режима при благоприятных условиях аэрации практически в течение всего вегетационного периода создают особые условия для функционирования почвенной микробиоты. В связи с этим нами были проведены исследования, направленные на оценку состава и функционального разнообразия микробных комплексов, формирующихся в почвах средне- и северотаежных сосновых лесов.

Исследования проводили на территории Республики Коми в подзоне средней (бассейн р. Вычегда) и северной (бассейн р. Печора) тайги. Объектом исследования послужили почвы ключевых участков, заложенных в сосняках лишайниковых (*Сл*), чернично-зеленомошных (*Счз*), багульниково-сфагновых (*Сбс*). Микробный компонент почв (численность бактерий и спор грибов, длину мицелия) и его структуру (соотношение грибы/бактерии) определяли методом люминесцентной микроскопии, содержание и соотношение эколого-трофических групп микроорганизмов (ЭТГМ) – чашечным методом [3], функциональную активность – методом мультисубстратного тестирования [4].

Как показали проведенные исследования, общей закономерностью для всех исследованных почв являются: (1) сравнительно близкие показатели численности бактерий в органогенных горизонтах ($10\text{--}20 \cdot 10^9$ кл. / г почвы), спор микроскопических грибов ($200\text{--}400 \cdot 10^6$ кл. / г почвы); (2) резкое различие по величине грибного мицелия и глубине его проникновения в минеральную часть профиля. Изменение длины грибного мицелия по профилю определяется экологическими условиями формирования почв. Минимальной длиной мицелия характеризуются наиболее сухие почвы сосняков лишайниковых и чернично-зеленомошных. По мере нарастания увлажнения длина грибного мицелия увеличивается, наиболее активно функционируя в оторфованных горизонтах на глубине 5–15 см. В нижних минеральных горизонтах всех исследованных почв, как правило, мицелий отсутствует. Такое нетипичное распределение мицелия грибов-аэробных гетеротрофов, по-видимому, обусловлено спецификой погодных условий, которые в годы проведения наблюдений характеризовались аномально жарким летним периодом с резким недобором осадков, что определило резкий дефицит влаги в почвах участков Сл и Счз и создало наиболее оптимальные условия для функционирования микроскопических грибов в торфяно-подзолах участков Сбс.

Преобладающим компонентом микробных сообществ в органогенных горизонтах рассмотренных нами почв является грибной мицелий, что, в принципе, характерно для почв таежной зоны [5]. В органогенных горизонтах его доля составляет 84–89 %. В верхних минеральных горизонтах основу микробной биомассы составляют споры грибов (до 90–98 % от общей микробной биомассы), в более глубоких горизонтах до 100 %. Причем общая биомасса микроорганизмов выше в почвах сосняков багульниково-сфагновых, что связано с более высокой здесь численностью бактерий и более активным развитием грибного мицелия.

Численность и распределение ЭТГМ, при общей тенденции их снижения на 1–2 порядка при переходе от органогенных к минеральным горизонтам, существенно различаются в зависимости от типа почвы. Максимум их численности, за счет преимущест-

ПОЧВЕННАЯ БИОТА ЛЕСНЫХ ПОЧВ

венного развития олиготрофной и олигонитрофильной микрофлоры, отмечен в органогенных горизонтах почв сосняков лишайниковых. В них же, а также в наиболее гидроморфных почвах сосняков багульниково-сфагновых, отмечен второй максимум в численности практически всех ЭТГМ в нижних горизонтах минеральной части профиля.

Как показали результаты мультисубстратного тестирования, функциональный потенциал бактериальных сообществ почв сосновых лесов невысок. Из 47 стандартных субстратов микробными сообществами органогенных горизонтов утилизируется всего 11–24, в минеральных – 3–17. Общей тенденцией является резкое снижение функциональной активности в подзолистых горизонтах Е и появление второго пика в величине функциональной активности – в иллювиально-железистых горизонтах ВF. Следует отметить, что в почвах сосняков багульниково-сфагновых потребление микробными сообществами органических субстратов несколько более выравнено, что может быть связано с более мощным оторфованным горизонтом лесной подстилки и более высоким разнообразием здесь напочвенного покрова (травяно-кустарничкового и мохового ярусов).

Кластерный анализ выявил определенную специфичность почвенных микробных сообществ исследованных сосновых лесов. В первый кластер объединились по функциональным характеристикам микробные сообщества почв сосняков багульниково-сфагновых, во второй и третий кластер – микробные сообщества сосняков лишайниковых и чернично-зеленомошных.

Таким образом, в результате проведенных исследований, определена структура и функциональные характеристики микробных сообществ почв сосновых лесов, формирующихся в подзонах средней и северной тайги. Показано, что микробные сообщества автоморфных подзолов иллювиально-железистых, формирующихся в сосняках лишайниковых и чернично-зеленомошных, характеризуются более высоким функциональным разнообразием, по сравнению с торфяно-подзолами сосняков багульниково-сфагновых, что позволяет им при меньшей численности бактерий и величине биомассы более активно утилизировать основные источники органического углерода.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта Комплексной программы УрО РАН №15-12-4-45 «Функционирование и эволюция экосистем криолитозоны европейского северо-востока России в условиях антропогенных воздействий и изменения климата».

ЛИТЕРАТУРА

1. Атлас почв Республики Коми / Под ред. Г.В. Добровольского, И.В. Забоевой, А.И. Таскаева. Сыктывкар, 2010. 356 с.
2. Коренные еловые леса Севера: биоразнообразие, структура, функции / под ред. К.С. Бобковой, Э.П. Галенко. СПб.: Наука, 2006. 337 с.
3. Методы почвенной микробиологии и биохимии / под ред. Д.Г. Звягинцева. М.: Изд-во МГУ, 1991. 304 с.
4. 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. 13 с.
5. Хабибуллина Ф. М., Кузнецова Е. Г., Васенева И. З. Микромикеты подзолистых и болотно-подзолистых почв в подзоне средней тайги на северо-востоке европейской части России // Почвоведение. 2014. № 10. С. 1228–1234.

МИКРОБНОЕ ДЕСТРУКТИВНОЕ СООБЩЕСТВО ПОДСТИЛКИ ХВОЙНЫХ ЛЕСОВ – ОСНОВА МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОСТАТКОВ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

Воробьев Н.И.¹, Свиридова О.В.¹, Попов А.А.^{1,2}, Жемякин С.В.², Пищик В.Н.³

¹ ФГБНУ ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии, Санкт-Петербург,
Nik.IvanVorobyov@yandex.ru;

² ООО «Петербургские биотехнологии», Санкт-Петербург;

³ ФГБНУ Агрофизический НИИ, Санкт-Петербург

Продолжающееся интенсивное расходование энергетических и питательных ресурсов почв вынуждает проводить дополнительные мероприятия для их возврата в почву [2]. Для активизации

ПОЧВЕННАЯ БИОТА ЛЕСНЫХ ПОЧВ

почвенных восстановительных процессов необходимо проводить дополнительные мероприятия по гумификации растительных остатков сельскохозяйственного производства. Реализация этих мероприятий гарантирует достижение стабильных урожаев в агро-системах и устойчивость их к внешним воздействиям. Вместе с тем, применение различных агроприемов в земледелии (органические и минеральные удобрения, севообороты, микробиологические препараты, No-till обработка почв) требует специального изучения. Например, исследования показали, что одновременное применение минеральных удобрений и фитостимулирующих микробиологических препаратов может вызвать разбалансировку процессов в агро-системе [3, 6].

Наименьшим влиянием на процессы в агро-системах обладает микробиологическая гумификация растительных остатков (соломы зерновых культур и др.) в межвегетационный период года. Для эффективной микробиологической трансформации лигнин-целлюлозы растительных остатков до гумусовых форм веществ необходимо выделить комплекс окислительных фенолоксидаз и бактериальных и грибных продуцентов этих ферментов [5]. Наилучшим образом подходит для этих целей микробная композиция, выделенная из подстилки хвойных лесов. Используя такую композицию, был разработан микробиологический препарат для гумификации растительных остатков Микобакт [4], выпускаемый ООО «Петербургские биотехнологии».

Для изучения влияния микробиологических препаратов на процессы гумификации растительных остатков в ФГБНУ ВНИИСХМ был проведен опыт без растений. В хорошо окультуренную дерново-подзолистую почву (Сгум 4,0 %, Нобщ 0,32 %, рНсол 5,6) вносили солому ржи (СР) на поверхность почвы и на глубину 0–3 и 9–12 см, обработанную препаратом Микобакт и Омуг (переработанная подстилочная солома птицефабрик). По окончании опыта из почвенных образцов выделяли ДНК методом амплификации гена 16S рРНК. Амплификацию фрагмента 16S-рРНК проводили с флуоресцентно-меченым праймером EU3 (63f (WellRed)/1494г). 1 мкл амплификата обрабатывали эндонуклеазами рестрикции HaeIII та MspI. Частоты фрагментов

ДНК определяли на автоматическом секвенаторе Beckman CEQ 8000. Полученные фрактально-таксономические портреты почвенных микробных сообществ представлены на рисунке [1].



Рис. Фрактально-таксономические портреты почвенных микробных сообществ в вариантах с СР без обработки (А); с СР, обработанной Микобактером (Б) и с СР, обработанной Омугом (В) и расположенных на поверхности почв

Табл. Индексы сетевой организации почвенных микроорганизмов, характеризующиеся количеством отрезков прямых линий на рисунке

Виды обработки СР	На поверхности	На глубине 0–3 см	На глубине 9–12 см
Без обработки	0,50	0,47	0,40
Микобакт	0,67	0,38	0,38
Омуг	0,25	0,25	0,60

Из таблицы видно, что наибольший индекс сетевой организованности микроорганизмов достигается при обработке СР Микобактером, расположенной на поверхности почвы. Омуг способствует повышенной организованности микроорганизмов при глубокой закладке соломы. Объясняется это тем, что в Микобакте присутству-

ПОЧВЕННАЯ БИОТА ЛЕСНЫХ ПОЧВ

ют в основном аэробные микроорганизмы из лесной подстилки, а в Омуге – анаэробные микроорганизмы из кишечника птиц. Микроорганизмы из лесной подстилки функционируют в более суровых условиях, чем микроорганизмы из кишечника птиц. Поэтому они оказываются более приспособленными к поверхностным условиям и демонстрируют лучшую согласованность действий при гумификации растительных остатков.

Таким образом, микробные сообщества из лесных почв представляют собой огромный разнообразный биологический ресурс, который должен использоваться для повышения эффективности сельскохозяйственного производства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воробьев Н.И., Проворов Н.А., Свиридова О.В., Пищик В.Н., Семенов А.М., Никонов И.Н. Фрактально-таксономический портрет и индекс сетевой организации почвенных микробных сообществ / Материалы всероссийского симпозиума с международным участием «Современные проблемы физиологии, экологии и биотехнологии микроорганизмов». М.: МАКС Пресс, 2014. С. 55.
2. Почвы в биосфере и жизни человека /Под ред. Добровольского Г.В., Куста Г.С., Санаева В.Г. М.: ФГБОУ ВПО МГУЛ, 2012. 584 с.
3. Пищик В.Н., Воробьев Н.И., Моисеев К.Г., Свиридова О.В., Сурин В.Г. Влияние бактерий *B. subtilis* на физиологическое состояние растений пшеницы и на микробоценоз почвы при использовании различных доз азотных удобрений / Почвоведение. 2015, № 1, с. 87–94.
4. Свидетельство № 679 от 08.06.2015 г. о государственной регистрации агрохимиката Микобакт марки КФ, РФ.
5. Свиридова О.В., Воробьев Н.И., Попов А.А. Экобиотехнология микробиологической реутилизации лигнинсодержащих растительных остатков для повышения почвенного плодородия / Сб. тезисов VII съезда Общества почвоведов им. В.В.Докучаева «Почвоведение – продовольственной и экологической безопасности страны» (Белгород, 15–22 августа 2016 г.). Москва-Белгород: Изд. Дом «Белгород». 2016. Ч. II. С. 132–133.
6. Pishchik V.N., Vorobyov N.I., Walsh O.S., Surin V.G., Khomyakov Y.V. Estimation of synergistic effect of humic fertilizer and *Bacillus subtilis* on lettuce plants by reflectance measurements / Journal of Plant Nutrition. 2016. 8(39). 1074–1086.

**ВЫЖИВАЕМОСТЬ ПРИАМУРСКОЙ ПОПУЛЯЦИИ
ЗЕМЛЯНЫХ ЧЕРВЕЙ *DRAWIDA* (MONILIGASTRIDAE)
В УСЛОВИЯХ ЛАБОРАТОРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА**

Ганин Г.Н., Соколова Е.Н.

*Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, Хабаровск,
ganin@iver.as.khb.ru*

В России дальневосточный эндемик *Drawida ghilarovi* Gates, 1969 встречается в приграничных предгорьях и сопках Сихотэ-Алиня. Считаясь единственным представителем этого тропического рода, данный вид занесен в Красную книгу РФ (2001) и Хабаровского края (2008). Однако о биологии вида известно крайне мало. Почвенные олигохеты рода *Drawida* представлены на территории Северо-Восточного Китая 9 видами.

По результатам наших исследований [1] на сегодня можно говорить о двух экологических группах *Drawida*: почвенно-подстилочные (=эпигейные) и норники. Эти монилигастриды явно отличаются по фенотипу и типичным местообитаниям. Эпигейные черви – обитатели лугово-болотных пойменных биотопов Приамурья и южного Приморья с лугово-глеевыми или торфяными почвами, имеют черную пигментацию. Норники – обитатели лесных биотопов Приморья и южного Приамурья с подбурами и бурыми горно-лесными почвами – полиморфны (коричневатые, зеленовато-голубые, голубовато-серые, серые). Симпатрия для лугово-болотных и лесных червей не отмечается. Генетические различия между дравидами из этих экологических групп достаточны для их выделения в разные виды.

Знание особенностей биологии и экологии земляных червей позволит использовать этот биоресурс в вермикультивировании и биоремедиации нарушенного почвенного покрова. Важно иметь представление о предрасположенности олигохет к обязательной зимовке и оптимальном температурном режиме содержания в искусственных условиях. Это и являлось целью данного исследования.

Для проведения экспериментов в Приамурье была отобрана смоляно-черная морфа *D. ghilarovi*: в августе 90 особей (условно – «лес-

ПОЧВЕННАЯ БИОТА
ЛЕСНЫХ ПОЧВ

ная популяция») и в октябре 160 особей (далее – «болотная популяция»). Отбор проб осуществляли в двух биотопах: 1 – лес мелколиственный переувлажнённый с преобладанием берёзы, осины и папоротников на территории Большехецирского заповедника, вблизи р. Одыр; 2 – марь листовеннично-багульниковая вблизи р. Чирки. Вместе с червями производили отбор почвы, в которой они обитали. Материал был доставлен в лабораторию экологии животных ИВЭП ДВО РАН. Олигохеты разобраны и просчитаны по возрасту: *adulte* – взрослые половозрелые особи, *subadulte* – крупные неполовозрелые особи, *larva* – мелкие неполовозрелые особи и коконы. Животные были рассажены в пластиковые боксы размером 43 x 33 x 11 см и разделены по условиям эксперимента на две группы: «незимующие» – без диапаузы и «зимующие» – с диапаузой.

«Незимующих» червей содержали в течение всего опыта в хладотермостате ХТ-3/40-2 при постоянной положительной температуре: 4 мес. при 10 ± 2 °С и 3 мес. при 16 ± 1 °С. «Зимующих» олигохет с целью акклимации вначале в течение 1 месяца (октябрь-ноябрь) содержали в хладотермостате начиная с $+16$ °С и понижая до $+7$ °С. В это время черви физиологически готовились к диапаузе, некоторые сворачивались клубочками. Затем боксы были перемещены в холодильник, где температуру в почве продолжали постепенно понижать от $+7$ °С до 0 °С в течение ещё одного месяца (ноябрь-декабрь). После в морозильной камере в течение суток моделировали кратковременную проморозку от 0 °С до -3 °С. Далее боксы перенесли в неотопляемое помещение, где в течение 25 сут. (январь-февраль) моделировалась собственно зимовка при -4 °С с краткосрочным пребыванием в критических температурах при -5 °С (для лесной и части болотной популяции) и -6 – -7 °С для болотной популяции, обитающей на более промерзающих участках. Позже в течение марта-мая в обратном порядке выводили олигохет из зимовки, адаптируя к положительным температурам. По завершении каждого из этапов эксперимента (вход в зимовку, собственно зимовка и выход из неё) олигохет просчитывали по возрастной выживаемости. Таким же образом просчитывали и «незимующих» животных. В течение опыта наблюдали за питанием, поведением и

состоянием земляных червей во всех группах. Было установлено, что пищевая активность *D. ghilarovi* проявляется в диапазоне температур 16–22 °С.

Как видно из полученных данных, оптимальная температура промораживания *D. ghilarovi* составила $-4\div-5$ °С с экспозицией до 3 суток. Выживших червей в данном случае насчитывается 81–96 %. Ниже $-6\div-7$ °С выживаемость резко падает в 2,5–4 раза и составляет лишь 25–38 % . Ранее другими исследователями было показано, что при достаточной сухости почвы и обезвоженности организма половина червей этого вида выживает при -12 °С, а все гибнут только при -16 °С [2].

В нашем эксперименте к весне и лету больше всего доживает червей после промораживания. Так, у лесных олигохет к началу весны/лета выживших среди «незимующих» 73 %/66 %/48 %, среди «зимующих» 85 %/78 %/67 %. У болотных червей это составляет 17 %/25 %/4,2 % и 56 %/53 %/29 % соответственно. Данные представлены в таблице.

В некоторых источниках [2] приводится информация об отсутствии коконов дравиды в осенний период. На этих неподтверждённых данных выдвигается ошибочное предположение об особом жизненном цикле *D. ghilarovi* – её способности зимовать только в фазе червя. Надо отметить, что и летом в лесу, и осенью на болоте при сборе червей нами найдены немало коконов дравиды. Первый сброс коконов, как установлено, проходит в последнюю декаду июля и, скорее всего, не одномоментно, продолжаясь до осени. Они могут переживать зиму (табл.).

Таким образом, зимняя диапауза у этих представителей тропического рода червей является не обязательной в климатических условиях северного предела ареала приблизительно для 5–50 % популяции. При этом более пригодной для вермикультивирования оказывается лесная популяция *D. ghilarovi*. Её выживаемость в условиях искусственного содержания в 2–10 раз выше, чем у болотной. Это, вероятно, определяется адаптационными генетически закреплёнными свойствами организма, вызванными особенностями экологической ниши биотопа.

ПОЧВЕННАЯ БИОТА
ЛЕСНЫХ ПОЧВ

Табл. Выживаемость *Drawida ghilarovi* Gates, 1969 в условиях лабораторного эксперимента «осень-зима-весна-лето»

Популяции олигохет	Октябрь экз. / %	Март экз. / %	Май экз. / %	Итоговая выживаемость олигохет, %
Лесная август				
1. незимующая				
adulte	45 / 100	34 / 73	21 / 66	48
subadulte	15 / 100	10 / 100	8 –	–
larva	2 / 100	2 / 100	2 (+2 вновь отродившиеся) –	–
коконы	2	2		
2. зимующая				
adulte	45 / 100	35 / 85	26 / 78	67
subadulte	15 / 100	16 / 100	14 –	–
larva	2 –	2 –	2 –	–
коконы	–	–	–	
Болотная октябрь				
3. незимующая				
adulte	40 / 100	5 / 17	1 / 25	4,2
subadulte	32 / 100	7 / 17	2 –	–
larva	12 / 100	2 / 100	– –	–
коконы	1	1	–	
4. зимующая				
adulte	120 / 100	71 / 56	37 / 53	29
subadulte	96 / 100	49 / 33	26 –	–
larva	36 / 100	12 / 100	7 (+1 вновь отродившиеся) –	–
коконы	4	4	не найдены	

ЛИТЕРАТУРА

1. Ганин Г.Н., Анисимов А.П., Рослик Г.В., Атопкин Д.М., Соколова Е.Н. Дальневосточный эндемик *Drawida ghilarovi* Gates, 1969 (Moniligastridae, Oligochaeta): полиморфизм, распространение, особенности экологии и биологии, данные о кариотипе // Зоол. журнал. 2014. Т. 93. № 9. С. 1070–1079.
2. Природа. 2011. № 2. С. 87–88.

**ИЗМЕНЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ
И ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ
СООБЩЕСТВ ПОЧВЕННОЙ МАКРОФАУНЫ
ПОСЛЕ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ**

Горбунова А.Ю., Коробушкин Д.И., Зайцев А.С., Гонгальский К.Б.
*Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова Российской
академии наук, Москва, anastasiya92_77@mail.ru*

Пожары изменяют физические, химические и биотические условия лесных экосистем. Они также оказывают значительное действие на почвенную макрофауну, включая основных почвенных экосистемных инженеров и регуляторов почвенных процессов в лесных почвах. Однако, в связи с широким спектром признаков, относящихся к макробеспозвоночным, эффект лесного пожара на макрофауну может быть весьма контрастным и до сих пор не оценен. Потенциально изменения в почвенных сообществах в пирогенных лесах могут быть отражены в пропорции различных функциональных групп, что недавно было предложено для нескольких групп наземных организмов [4, 3]. Функциональные диапазоны в настоящее время считаются одними из самых перспективных показателей биоразнообразия и функциональных реакций на нарушения и природные градиенты [5, 2]. Кроме того, из-за различной интенсивности и тяжести возгорания внутри сгоревшей территории могут существовать менее сожженные или даже полностью невыгоревшие пятна. Это увеличивает мозаичность и пригодность экологических ниш для иммигрирования видов на лесную подстилку [6]. Остается неизвестным, является ли эта мозаичность местообитаний схожей или нет в разных типах леса. Взаимодействие региональных градиентов и локальных эффектов пожара на гетерогенность среды обитания еще не рассматривалась по отношению к почвенной макрофауне. Понимание такого взаимодействия может существенно изменить наши представления о таксономическом и функциональном ответе почвенной макрофауны на выжигание.

ПОЧВЕННАЯ БИОТА ЛЕСНЫХ ПОЧВ

Область исследования охватывает почти все разнообразие лесов, представленных в Европейской части России [1]. Материал был собран вдоль 3000-километровой трансекты в пяти типах леса: 1) Черноморское побережье Краснодарского края, Крымско-Кавказский экорегион, средиземноморские леса; 2) Воронежская и Липецкая области, Днепровско-Поволжский экорегион, широколиственные леса, 3) Московская и Тверская области, Смоленско-Приуральский экорегион, южная тайга; 4) Республика Карелия и Ленинградская область, Прибалтийско-Ветлужский экорегион, средняя тайга; 5) Мурманская область, Кольско-Карельский экорегион, северная тайга.

В каждом из пяти выбранных типов лесов были выбраны 4 пары участков (сожженных и контрольных). В общей сложности, было отобрано 20 гарей и 20 несгоревших контрольных участков.

Численность, биомасса и таксономическое разнообразие почвенной макрофауны в различных типах леса и разных вариантах площадок были слабо значимы. Из всех параметров сообщества почвенных беспозвоночных пожар значительно увеличивал относительный разброс биомассы (отношение максимального к минимальному значению) (ANOVA: $F = 6.346$, $p < 0.037$). Число таксонов доминантов и субдоминантов увеличилось после пожаров, но незначительно. Пожары оказали существенное негативное влияние на биомассу сапрофагов (ANOVA, $F = 16.21$, $p < 0.05$), но не повлияли на биомассу хищников и фитофагов. Наблюдалось снижение биомассы надземных сапрофагов ($F = 4.10$, $p < 0.05$) и незначительное сокращение биомассы подземных сапрофагов. Биомасса немобильных сапрофагов в сгоревших лесах показала значительную негативную реакцию ($F = 5.87$, $p < 0.03$). Сочетание значительного снижения биомассы макрофауны, относящейся к этим двум комбинациям функциональных групп, привело к значительному снижению надземных немобильных сапрофагов ($F = 5.96$, $p < 0.03$). С некоторыми исключениями биомасса макрофауны, принадлежащей к различным функциональным группам и комбинациям функциональных групп, также испытывает существенное влияние типа леса. Биомасса макрофауны была самой высокой для всех комбинаций функциональных групп в широколиственных лесах.

Таксономический состав сообществ почвенной макрофауны контрольных площадок из различных типов леса отличается в многомерном пространстве канонического анализа (Wilks' Lambda = 0.035, $F = 27.99$, $p < 0.0001$) вдоль двух значимых осей. Первая ось (60.0 % объяснимой дисперсии) определяет разницу между листопадными типами леса (средиземноморский и широколиственный лес) и бореальными лесами (южная, центральная и средняя тайга), вторая (32 % объяснимой дисперсии) дифференцирует последние три типа леса друг от друга. Кроме того, в пирогенных лесах биомасса почвенных беспозвоночных была значительно ниже по сравнению с соответствующими контрольными площадками в трех типах леса: средиземноморские леса ($F = 5.0$, $p = 0,001$), широколиственные леса ($F = 3.8$, $p = 0,005$) и северная тайга ($F = 2.5$, $p = 0.040$). Различия между сожженными и контрольными участками в средней тайге были незначительными ($F = 2.3$, $p = 0.059$). Различия в отношении сообществ на контрольных площадках друг от друга, в первую очередь, определялись высокой относительной биомассой “эндемичных” таксонов, распределение которых ограничивается одним типом леса. Наряду с эффектом от типа леса, пожары привели к снижению таксономического сходства внутри одного типа леса и в то же время к большому перекрытию сообществ разных типов леса, как показывает квадрат расстояния Махаланобиса между центроидами групп и увеличение дисперсии биомассы сообществ одного типа леса (эллипс перекрывает до 95 %).

ЛИТЕРАТУРА

1. Огуреева Г.Н., Леонова Н.Б., Емельянова Л.Г., Булдакова Е.В., Кадетов Н.Г., Архипова М.В., Микляева И.М., Бочарников М.В., Дудов С.В., Игнатова Е.А., Игнатов М.С., Мучник Е.Э., Урбанавичюс Г.П., Даниленко А.К., Румянцев В.Ю., Леонтьева О.А., Романов А.А., Константинов П.И. Карта «Биомы России» (м. 1: 7 500 000) в серии карт природы для высшей школы // ООО «Финансовый и организационный консалтинг». Москва. 2015. С. 200.

2. Birkhöfer K., Dietrich C., John K., Schorpp Q., Zaitsev A.S., Wolters V. Regional conditions and land-use alter the potential contribution of soil arthropods to ecosystem services in grasslands // *Front. Ecol. Evolut.* 2016. 3, 150.

ПОЧВЕННАЯ БИОТА
ЛЕСНЫХ ПОЧВ

3. *Clark C.M., Flynn D.F.B., Butterfield B.J., Reich P.B.* Testing the link between functional diversity and ecosystem functioning in a Minnesota grassland experiment // *PLoS One*. 2012. Vol. 7. e52821.

4. *Flynn D.F.B., Mirotnick N., Jain M., Palmer M.I., Naeem S.* Functional and phylogenetic diversity as predictors of biodiversity-ecosystem-function relationships // *Ecology*. 2011. Vol. 92. P. 1573–1581.

5. *Makkonen M., Berg M.P., Handa I.T., Hattenschwile S., van Ruijven J., van Bodegom P.M., Aerts R.* Highly consistent effects of plant litter identity and functional traits on decomposition across a latitudinal gradient // *Ecol. Lett.* 2012. Vol. 15. P. 1033–1041.

6. *Zaitsev A.S., Gongalsky K.B., Bengtsson J., Persson T.* Connectivity of litter islands remaining after a fire and unburnt forest determines the recovery of soil fauna // *Appl. Soil Ecol.* 2014. Vol. 83. 101e108.

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ ФИЗИКИ ПОЧВ
ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РЕПРЕЗЕНТАТИВНОСТИ
ОПРЕДЕЛЕНИЯ БИОМАССЫ ГРИБНОГО МИЦЕЛИЯ**

Зуев А.Г., Хмелева М.В.

МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, agz56@list.ru; imari99@yandex.ru

Грибы играют ключевую роль в микробиоте лесных почв, активно участвуя в минерализации органических остатков растений и животных, в обеспечении растений элементами минерального питания, в образовании почвенного гумуса. Исследования экологии высших грибов традиционно связаны с исследованием плодовых тел, однако основную биомассу составляет подземный мицелий, в том числе экстратрихальный мицелий в случае микоризных грибов. Работ, посвященных исследованию мицелия в природных условиях, очень мало, что связано с очевидными методическими трудностями. Между тем, именно мицелий играет основную роль в преобразовании минерального и органического вещества почвы [2].

Исследования были проведены на Малиннской биогеоэкологической станции (Московская обл.). Почвы данного района представлены, в основном, дерново-подзолистым типом. Характерно

чередование сравнительно небольших участков с различной степенью оподзоленности и гумусированности, отличающихся по ряду физических и химических свойств и таксономической принадлежности. Эксперимент был заложен на территории молодого (35–40 лет) мертвопокровного ельника в 32 точках на поверхности горизонта ЕL (глубина около 10 см).

Использование метода вегетационных мешочков для получения образцов вегетативного грибного мицелия было впервые предложено Волландером [3]. Грибные гифы проникают сквозь мелкоячеистую ситовую ткань и разрастаются внутри мешка в субстрате-наполнителе, в то время как размеры ячейки ситовой ткани не позволяют проникать внутрь вегетационных мешков почвенной мезофауне, корням растений. Метод вегетационных мешочков, по-видимому, оптимален для получения массовых образцов чистого молодого грибного мицелия в естественных условиях, и практически полностью исключает необходимость его дальнейшей механической очистки. Это способствует сохранению целостности нитей и генетического материала внутри гиф.

Форма вегетационных мешочков была изменена с цилиндрической на плоскую. Изменения внесены с целью возможности заложения вегетационного мешочка в толщу одного почвенного генетического горизонта. В качестве субстратов для сравнения были использованы пески кварцевые двух групп диаметров: 0.5–1 мм и 1–2 мм, как наиболее часто используемые в настоящее время. Срок вегетации составил три месяца.

Для определения применимости флотации для извлечения из содержимого мешочков массы мицелия был введен показатель *чистоты флотации*. Введение этой величины необходимо для проверки возможности появления случайных ошибок, вносящих значительные погрешности в измерение и расчёт биомассы мицелия, вследствие налипания на него мелкого песка и пыли. Далее введена формула расчета чистоты флотации:

$$\text{ЧФ} = m_{\text{миц}} / (m_{\text{миц}} + m_{\text{SiO}_2}) * 100 \% (1)$$

где ЧФ – чистота флотации, выраженная в процентах;

ПОЧВЕННАЯ БИОТА ЛЕСНЫХ ПОЧВ

$m_{\text{миц}}$ – биомасса мицелия, выражаемая в микрограммах на 50 миллилитров воздушно-сухой почвы (субстрата);

m_{SiO_2} – масса примесей кварцевых песка и пыли, выражаемая в микрограммах на 50 миллилитров воздушно-сухой почвы (субстрата).

Оценка применимости метода была проведена с использованием регрессионного анализа и вычисления коэффициентов корреляции и детерминации. Коэффициент корреляции, рассчитанный при уровне значимости 0.05, составляет 0.177 ($R^2 = 0.314$). Это позволяет говорить об отсутствии возможности возникновения систематических ошибок при отборе навесок. Величина ЧФ образцов, выращенных в крупном (1–2 мм) песке была значительно выше – все образцы имели >95 % чистоты, в то время как у образцов, выращенных в мелком (0.5–1 мм) песке только у половины образцов ЧФ была выше 90 %.

Для понимания механического состава исследуемой пары субстратов был проведен гранулометрический анализ ситовым методом. Ситовый метод традиционно применяется в почвоведении при анализе каменистой части почв и при анализе песков. При этом выделяются фракции:

- 1) гравия (3–1 мм);
- 2) крупного песка (1–0,5мм);
- 3) среднего песка (0,5–0,25 мм);
- 4) мелкого песка (< 0,25 мм).

Анализируя гранулометрический состав двух типов песка, были сделаны следующие выводы: в более крупном песке преобладает гравий (99,4 %), остальные фракции занимают меньше 1 %, этот песок является гравелистым; в более мелком песке преобладает фракция мелкого песка (61,6 %), на втором месте фракция среднего песка (33,1 %), этот песок можно определить как среднезернисто-мелкозернистый.

Фильтрация воды в почве является основой для понимания процессов движения воды, радиальный ток которой является единственным источником питания в изолированном минеральном субстрате. Для оценки влияния вегетационных мешочков с субстра-

том различных групп диаметров на радиальный ток почвенного раствора, был разработан и поставлен модельный эксперимент определения коэффициента фильтрации (Кф).

Определение коэффициента фильтрации было проведено методом насыпных почвенных колонок при постоянном напоре [1]. Были взяты 3 насыпные почвенные колонки, насыщенные до полной влагоемкости, моделирующие расположение верхних горизонтов дерново-подзолистой лесной почвы: АУ, АЕL и ЕL. Контрольная колонка имела естественное расположение горизонтов, а в двух других колонках на поверхность горизонта ЕL был заложен слой, имитирующий мешочек с песком двух различных типов: первая колонка с песком среднезернисто-мелкозернистым, вторая – с гравелистым песком.

На основании проведенного эксперимента был рассчитан КФ и оценен по Эггельсманну. Контроль имеет Кф = 15,5 см/сут. (фактически низкий), колонка с среднезернисто-мелкозернистым песком – Кф = 25,8 см/сут. (средний), колонка с гравелистым песком – Кф = 39,8 см/сут. (фактически высокий).

При разборе колонок было видно, что почвенные агрегаты данных горизонтов неводоустойчивые: они разрушились до однородных слоев, не имеющих явной пористости. Коэффициент фильтрации резко возрастает в двух колонках с песком по сравнению с контролем, а также возрастает при увеличении диаметра песка. Это связано с тем, что увеличивается число крупных пор, вода в песчаных слоях создает дополнительный напор на нижний слой колонки, что, по-видимому, влияет на результат эксперимента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Теории и методы физики почв / Под ред. Е.В. Шеина и Л.О. Карпачевского, М.: «Гриф и К», 2007. 616 с.
2. *Hobbie E.A., Agerer R.* Nitrogen isotopes in ectomycorrhizal sporocarps correspond to belowground exploration types // *Plant & Soil*, 2010 / Vol. 327. pp. 71–83.
3. *Wallander H., Nilsson L.O., Hagerberg D., Erland B.* Estimation of the biomass and seasonal growth of external mycelium of ectomycorrhizal fungi in the field // *New Phytologist*, No. 151(2001), pp. 753–760.

ПОЧВЕННАЯ БИОТА
ЛЕСНЫХ ПОЧВ

**СООБЩЕСТВА ПОЧВЕННЫХ НЕМАТОД
ХВОЙНЫХ И ЛИСТВЕННЫХ ЛЕСОВ
РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИЯ**

Калинкина Д.С., Сущук А.А., Матвеева Е.М.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт биологии Карельского научного центра Российской академии наук, Петрозаводск, kalinkinads@gmail.com

Почва является одним из наиболее важных и уязвимых компонентов природной среды. Обитающие в ней организмы участвуют в процессах разложения органического вещества и создания почвенного плодородия, тесно связаны с составом и структурой растительных сообществ, а также с сопутствующими микроклиматическими характеристиками среды обитания. Одной из наиболее многочисленных и разнообразных групп организмов, обитающих в почве, являются нематоды (круглые черви), использование которых в качестве биологических индикаторов при оценке степени трансформации почвенных экосистем широко обсуждается в мировой литературе. Однако, изучению сообществ почвенных нематод ненарушенных лесных биоценозов посвящено значительно меньшее число публикаций [3, 6]. На территории Республики Карелия нематодофауна частично описана для почв естественных сосновых и еловых лесов [1, 2, 4], являющихся основными растительными формациями в регионе. Почвенные нематоды лиственных лесов остаются практически не изученными. В связи с вышесказанным, представляется актуальным выявление особенностей сообществ почвенных нематод в различных типах лесов.

Исследование сообществ почвенных нематод выполнено в хвойных (сосняки, ельники), мелколиственных (березняки, осинники) и широколиственных (липняки, вязники) лесах на территории Республики Карелия. Отбор почвенных образцов, выделение, фиксацию и идентификацию нематод осуществляли по общепринятым методикам [7]. Каждый таксон нематод относили к одной из эколого-трофических групп: бактериотрофам (Б), микотрофам (М), политрофам (М), хищникам (Х), паразитам растений (Пр) и нематодам, ассоциирован-

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ ЛЕСНОГО
ПОЧВОВЕДЕНИЯ, 13–17 сентября 2017

ным с растениями (Аср) [9]. Для оценки состояния сообществ нематод и особенностей функционирования почвенных экосистем были использованы следующие параметры: численность нематод (экз./100 г почвы), таксономическое разнообразие (число родов), индекс разнообразия Шеннона Н', эколого-трофическая структура сообществ (ЭТ структура), индекс зрелости сообществ нематод ΣMI [5], индексы, характеризующие состояние почвенной трофической сети (индекс структурирования SI, индекс обогащения EI, индекс преобладающего пути разложения органического вещества в почве CI) [8].

Результаты показали, что значения большинства исследованных параметров, характеризующих сообщества почвенных нематод, увеличиваются в ряду «сосняк-ельник-мелколиственный лес-широколиственный лес», кроме численности нематод и индекса CI (табл.).

Табл. Основные характеристики сообществ почвенных нематод естественных лесов Республики Карелия

Показатель	Хвойные леса		Лиственные леса	
	сосняки	ельники	мелколиственные	широколиственные
Кол-во родов	23 ± 1,4	25 ± 1,4	29 ± 2,9	42 ± 1,7
Н'	3,12 ± 0,10	3,34 ± 0,09	3,50 ± 0,24	4,32 ± 0,20
Численность	2961 ± 394	6881 ± 1058	6390 ± 1707	3590 ± 1630
ЭТ структура	Б→М→Аср→П→Х→Пр		Б→Аср↔М→П→Пр→Х	
ΣMI	2,54 ± 0,03	2,57 ± 0,05	2,69 ± 0,05	2,72 ± 0,09
SI	60,29 ± 3,49	70,62 ± 4,21	69,14 ± 6,70	87,51 ± 0,68
EI	21,53 ± 2,39	27,58 ± 2,31	39,70 ± 7,04	52,53 ± 6,38
CI	66,38 ± 4,18	61,88 ± 6,17	49,39 ± 11,58	16,99 ± 3,95

В целом хвойные леса характеризовались более низким таксономическим разнообразием по сравнению с лиственными, что подтверждается значениями индекса Н'; численность нематод имела наибольшие значения в ельниках и мелколиственных лесах; в широколиственных лесах значения сильно варьировали.

Эколого-трофическая структура сообществ нематод имела сходное строение в почве всех типов лесных биоценозов. Группы Б, М и Аср преобладали в сообществах и составляли в сумме более 70 % от фауны. Относительное обилие Пр было наименьшим в сообществах

ПОЧВЕННАЯ БИОТА ЛЕСНЫХ ПОЧВ

нематод хвойных лесов (0,7 и 1,5 % от фауны) и возрастало в почве лиственных (5,8 и 8,7 %). Лиственные леса, как правило, характеризуются более высоким содержанием минеральных веществ в подстилке, богатыми почвами, разреженным пологом и, вследствие этого, высоким разнообразием трав в напочвенном покрове, являющихся предпочтительными объектами питания фитопаразитических нематод [6].

Индекс ΣMI имел высокие значения во всех типах исследованных биоценозов, однако, сохранял тенденцию увеличения в сообществах нематод лиственных лесов (табл.). Установлено, что самые разнообразные и стабильные сообщества почвенных нематод приурочены к лесам, образованным липой и вязом, т. к. в составе данных сообществ расширяется спектр видов нематод, чувствительных к условиям среды (К-стратегов). Анализ индекса SI показал, что все исследованные биоценозы характеризуются сложными многокомпонентными почвенными трофическими сетями и ненарушенными почвенными экосистемами. Индекс EI, связанный с количеством доступной органики в почве, возрастал от хвойных лесов к лиственным, что свидетельствует об установлении здесь обогащенной трофической сети на более плодородных почвах. Индекс CI имел высокие значения в хвойных лесах, что указывает на значительную активность почвенных грибов в деструкции органики, и снижался в широколиственных лесах, т. е. разложение в них идет с преимущественным участием бактерий.

Таким образом, в результате проведенного исследования выявлены особенности сообществ почвенных нематод хвойных и лиственных лесов Республики Карелия. Установлено, что разнообразие, численность нематод и эколого-популяционные индексы являются показателями, наиболее тесно связанными с типом лесного биоценоза.

Исследования выполнены в рамках государственного задания (тема № 0221-2014-0030) и частично поддержаны РФФИ (№ 15-04-07675_а).

ЛИТЕРАТУРА

1. Груздева Л. И. Фауна почвообитающих нематод сосняка скального // Hortus Botanicus. 2001. Т. 1. С. 66–68.

2. Груздева Л.И., Матвеева Е.М., Коваленко Т.Е. Фауна почвенных нематод различных типов леса заповедника «Кивач» // Тр. КарНЦ РАН. 2006. Вып. 10. С. 14–21.

3. Кудрин А.А., Лантеева Е.М., Долгин М.М. Комплекс почвенных нематод в пойменных лесах долины р. Печора // Теор. и прикл. экология. 2011. № 2. С. 75–82.

4. Матвеева Е.М., Сушук А.А. Особенности сообществ почвенных нематод в различных типах естественных биоценозов: информативность параметров оценки // Известия РАН. Сер. биол. 2016. № 5. С. 551–560.

5. Bongers T. The maturity index: an ecological measure of environmental disturbance based on nematode species composition // Oecologia. 1990. Vol. 83. P. 14–19.

6. Boag B. Nematodes associated with forest and woodland trees in Scotland // Annals of applied biology. 1974. Vol. 77. P. 41–50.

7. van Bezooijen J. Methods and techniques for nematology. Wageningen: The Netherlands, Wageningen University Press, 2006. 112 p.

8. Ferris H., Bongers T., de Goede R.G.M. A framework for soil food web diagnostics: extension of the nematode faunal analysis concept // Appl. Soil Ecol. 2001. Vol. 18. P. 13–29.

9. Yeates G.W., Bongers T., de Goede R.G.M., Freckman D.W., Georgieva S.S. Feeding habits in soil nematode families and genera: An outline for soil ecologists // J. Nematol. 1993. Vol. 25, № 3. P. 315–331.

СООБЩЕСТВА ПОЧВЕННЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ И ЦИАНОБАКТЕРИЙ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ

Кондакова Л.В.^{1,2}, Безденежных К.А.¹, Домрачева Л.И.^{1,3}, Ашихмина Т.Я.^{1,2}

¹ Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, Киров, usr11521@vyatsu.ru;

² Вятский государственный университет, Киров,

karina.bezdenezhnykh@mail.ru;

³ Вятская государственная сельскохозяйственная академия, Киров,

dLi-aLga@mail.ru.

Главным природным богатством Кировской области является лес. Область является одним из наиболее многолесных регионов европейской части России, общая площадь земель лесного фон-

ПОЧВЕННАЯ БИОТА ЛЕСНЫХ ПОЧВ

да и лесов, не входящих в лесной фонд, равна 8112,7 тыс. га. Лесистость региона 63 % [5].

Почвенные водоросли и цианобактерии (ЦБ) являются постоянными обитателями и активными первичными продуцентами любых экосистем, включая лесные.

Целью исследования являлось изучение альгофлоры лесных экосистем после завершения функционирования объекта уничтожения химического оружия.

Лесные экосистемы находятся на территории Оричевского района Кировской области. Территория Оричевского района входит в состав подзоны южной тайги. Зональная растительность представлена еловыми и елово-пихтовыми лесами кисличного типа.

Отбор проб для альгологического анализа проводили в летний период, средняя проба почвенного образца составлялась из пяти образцов, отобранных в слое 0–5 см, объемом 125 см³. Видовой состав альгофлоры изучали постановкой чашечных культур со стеклами обрастания [7], численность клеток определяли прямым микроскопированием на мазках [2].

На территории лесных экосистем участков мониторинга до начала функционирования объекта хранения и уничтожения химического оружия «Марадыковский» был выявлен 71 вид водорослей и ЦБ, в том числе Cyanobacteria – 16 видов, Chlorophyta – 32, Ochrophyta – 15, Bacillariophyta – 8. В составе альгофлоры отмечено наибольшее видовое разнообразие зеленых водорослей (представители родов *Chlamydomonas*, *Chlorella*, *Stichococcus*, *Klebsormidium*) и присутствие представителей жёлтозелёных (виды родов *Botrydiopsis*, *Characiopsis*, *Eustigmatos*). Преобладание видов зеленых водорослей является характерным для почв лесной зоны.

Количественный учет водорослей методом прямой микроскопии был проведен в 2004–2010 гг. и охватил 48 лесных биогеоценозов. Максимальная численность (около 4 млн. кл./г) и биомасса (свыше 300 кг/га) водорослей и ЦБ характерна для подзолистых песчаных и супесчаных почв сосняков. В тоже время под сосняками на дерново-подзолистых почвах численность не превышает

500 тыс. кл./г. Следовательно, в одних и тех же типах лесов численность водорослей, в первую очередь, определяется свойствами почвы. На подзолистых песчаных и супесчаных почвах под сосновыми, еловыми и березовыми лесами максимальная численность водорослей выражается млн. кл./г. В этих же фитоценозах на песчаных, болотно-подзолистых и дерново-оглеенных почвах этот показатель существенно ниже. Основной вклад в формирование биомассы вносят зелёные водоросли. Исключение составляют болотно-подзолистые и дерново-оглеенные почвы, в которых численность и биомасса диатомей в два с лишним раза выше показателей, отмеченных для зелёных водорослей [3,4].

После прекращения функционирования объекта альгологический мониторинг почв был продолжен. В почвах лесных хвойных фитоценозов (август 2016 г.) было выявлено 49 видов почвенных водорослей и ЦБ, таксономическая структура альгофлоры представлена 4 отделами: Cyanobacteria – 4 вида (8,2 %), Chlorophyta – 26 видов (53 %), Ochrophyta – 12 (24,5 %) и Bacillariophyta – 7 (14,3 %).

В почвах сосновых фитоценозов было отмечено более высокое видовое разнообразие альгофлоры – 37 видов, в еловых – 32 вида. Данное наблюдение отмечено и другими исследователями [1]. Аэротехногенное загрязнение вызывает уменьшение видового разнообразия альгофлоры [6].

В изученных фитоценозах по видовому разнообразию преобладали зелёные водоросли. В состав доминирующих видов входили: *Coccomyxa solorinae*, *Pseudococcomyxa simplex*, *Chlamydomonas gloeogama*, *Chlorella vulgaris*, *Chlorococcum infusionum*, *Klebsormidium flaccidum* (Chlorophyta); *Pleurochloris commutata*, *Vischeria helvetica* (Ochrophyta). В еловых лесах, по сравнению с сосновыми, разнообразие видов диатомовых водорослей выше (7 и 1). Из ЦБ встречены представители родов *Phormidium*, *Leptolyngbya*, *Nostoc*. При невысоком видовом разнообразии альгогруппировок наблюдается их большое сходство в отношении отдельных групп водорослей, состава доминирующих видов, жизненных форм.

ПОЧВЕННАЯ БИОТА ЛЕСНЫХ ПОЧВ

Спектр жизненных форм: Ch₁₂ X₁₂ C₈ B₇ H₄ CF₃ hydr₂ P₁. Преобладают толерантные виды (Ch-), теневыносливые (X-), виды, способные образовывать обильную слизь (C-).

Количественные показатели альгофлоры еловых и сосновых фитоценозов района объекта «Марадыковский» приведены на рисунке. На участках мониторинга численность почвенных водорослей и ЦБ варьирует в широких пределах – от 59,3 до 243,1 тыс. кл./г. почвы. Наименьшая численность водорослей была отмечена на участках, расположенных ближе к объекту и населенному пункту и испытывающих рекреационную и техногенную нагрузки (13, 18, 19 и 30). Более высокая численность водорослей отмечена на контрольных участках (112, 157). По видовому составу и по численности в лесных фитоценозах преобладали зелёные водоросли.

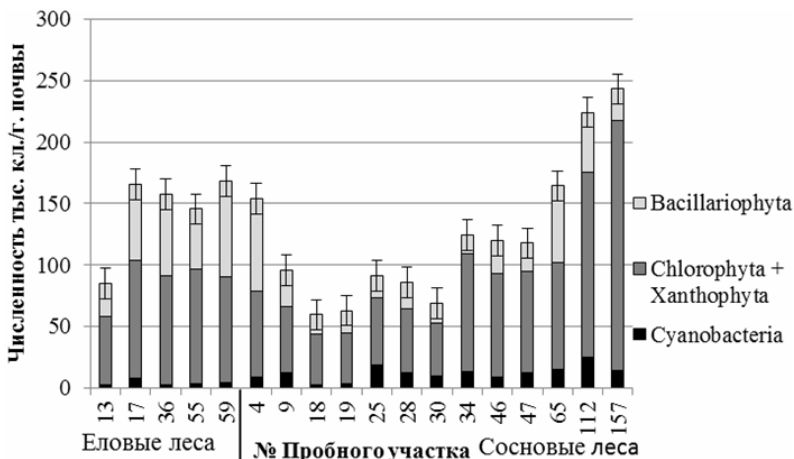


Рис. Численность почвенных водорослей и цианобактерий лесных фитоценозов в районе объекта «Марадыковский», тыс. кл./г. почвы

Альгофлора изученных хвойных лесов соответствует зональному типу. Доминируют зелёные водоросли, отмечены представители жёлтозелёных и диатомовых водорослей и цианобактерий. Альгологическая структура хвойных фитоценозов не нарушена. Для

всех исследуемых хвойных фитоценозов наиболее высокая численность клеток была отмечена для зелёных водорослей (от 41 до 204 тыс. кл./г почвы).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Алексахина Т.И., Штина Э.А.* Почвенные водоросли лесных биогеоценозов. М.: Наука, 1984. 148 с.
2. *Домрачева, Л. И.* «Цветение» почвы и закономерности его развития / Л. И. Домрачева. Сыктывкар, 2005. 336 с.
3. *Домрачева Л.И., Дабах Е.В.* Количественные показатели альго-микологических комплексов как начальная ступень фонового обследования почв//Актуальные проблемы регионального экологического мониторинга: теория, методика, практика: Матер. Всерос. Науч. Школы. Киров, 2004. Вып. II. С. 132 – 135.
4. *Кондакова Л.В., Домрачева Л. И.* Водоросли (Видовой состав, специфика водных и почвенных биоценозов // Флора Вятского края. Киров. 2007. Ч.2. 192.
5. Леса Кировской области. Под редакцией А.И. Видякина, Т.Я. Ашихмина, С.Д. Новоселов. – Киров: ОАО «Кировская областная типография», 2007. 400 с.
6. *Новаковская И.В., Патова Е.Н.* Почвенные водоросли еловых лесов и изменения в условиях аэротехногенного загрязнения. Сыктывкар, 2012. 128 с.
7. *Штина Э.А., Голлербах М.М.* Экология почвенных водорослей. М.: Наука, 1976.

О ПОЧВООБРАЗУЮЩЕЙ РОЛИ ДОЖДЕВЫХ ЧЕРВЕЙ В РАЗНЫХ ЛЕСНЫХ СООБЩЕСТВАХ И АГРОЦЕНОЗАХ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ

Лыткин И.И., Ярилова Л.С., Савицкая Н.В.
ФГБНУ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева», Москва,
Lytivan@yandex.ru

В представленной работе оценивались как физическая деятельность непосредственно самих дождевых червей, способствующих разрыхлению почвы и обогащению ее кислородом воздуха, так и, в

ПОЧВЕННАЯ БИОТА ЛЕСНЫХ ПОЧВ

большей степени, количество и качество копролитов в географически разных условиях, а также в разных типах леса и под разными агроценозами. Для контроля за быстро изменяющимися свойствами почвы и копролитов дождевых червей, нами были использованы методы ионометрии и микроморфологического анализа, позволяющие непосредственно в полевых и лабораторных условиях получать необходимые результаты при анализе свежих (нативных) объектов [2, 3, 5]. Исследования проводили в биогеоценозах трех лесных сообществ: ельника-кисличника, липняка волосистоосокового и смешанного леса. Эти типы насаждений были заложены одновременно на дерново-подзолистой почве более 108 лет назад (1908 г., Малинское лесничество, Наро-Фоминский район Московской области). Для сравнения исследовались аналогичный смешанный лес вблизи опытного поля Зеленоградского опорного пункта Почвенного института им. В.В. Докучаева (Пушкинский район Московской области) и агроценозы, где участки леса были сведены более 156 лет тому назад (в 1860 г.). Физико-химические показатели определялись в слое почвы 3–25 см, где максимально сосредоточены сосущие корни деревьев лесных сообществ и возделываемых в агроценозах сельскохозяйственных культур [1, 4], и в копролитах дождевых червей, обитающих в почве, выбранных объектов. Анализировались и копрогенные зоны в почвенных профилях.

Исследовались два вида дождевых червей наиболее распространенных в лесных сообществах и в агроценозах: *Lumbricus rubellus* и *Aporrectodea caliginosa*. Копролиты получали непосредственно в полевых условиях от дождевых червей путем помещения особей на марлевые салфетки в чашки «Петри»; параллельно осуществляли процесс учета численности червей на каждом из исследуемых объектов. Необходимое и достаточное количество копролитов для проведения ионометрического экспресс-метода анализа достигалось от 10 особей, что принято нами в дальнейшем в качестве нормы для их полной характеристики по значениям Eh– потенциалов, рН, активности ионов Na^+ , K^+ , NH_4^+ , Ca^{2+} , NO_3^- и Cl^- , и проведения последующего микроморфологического анализа и определения влажности образцов в лабораторных условиях.

Дерново-подзолистая почва ельника-кисличника характеризовалась высокими значениями Eh-потенциала (513–551 мВ), более высокой кислотностью (рН 4,39–4,61), высоким содержанием в почвенном растворе натрия (3,31–4,57 мг-экв/л) и хлорид-ионов (0,63–1,61 мг-экв/л), по сравнению с почвами других лесных сообществ. Менее кислая реакция среды присуща почве липняка волосистоосокового (рН 5,20–5,34). Почва, при этом, обеднена калием и минеральными формами азота ($\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-$) = 0,05–0,09 мг-экв/л, обогащена СГ (0,66–1,22 мг-экв/л). Почва смешанного леса слабокислая (рН 4,93–5,07), в значительном количестве содержит ионы калия (0,01–0,35 мг-экв/л) и, особенно, кальция (0,99–1,39 мг-экв/л), в меньшей степени, – хлорид-ионы (0,24–0,56 мг-экв/л), по сравнению с другими типами леса.

Количество растительного материала, ежегодно поступающего на поверхность почвы и его качество в каждом биоценозе неодинаковы, что отражается на численности почвенных животных и микроорганизмов, использующих растительные остатки в пищу, а также на обогащенности почв биофильными химическими элементами.

Из общего количества дождевых червей, обитающих в лесных сообществах Малинского лесничества, наибольшая их численность отмечена в липняке волосистоосоковым (435–483 экз./м²), меньшая – в смешанном лесу (257–315 экз./м²) и наименьшая – в ельнике-кисличнике (241–275 экз./м²). В липняке преобладает вид червя *Aporrectodea caliginosa*, в других типах леса – *Lumbricus rubellus*. В липняке волосистоосоковым присутствует третий вид дождевого червя – *Lumbricus terrestris* в среднем количестве 30–50 экз./м².

В смешанном лесу, вблизи Зеленоградского стационара Почвенного института им. В.В. Докучаева, количество дождевых червей было, в зависимости от времени года (весна-осень), в пределах 54–184 экз./м², что в 1,5–5,8 раза ниже, чем в смешанном лесу в условиях Малинского лесничества, и с большим доминированием червей вида *L. rubellus* над *A. Caliginosa*, что явилось следствием более длительного функционирования данного лесного биогеоценоза. Вовлечение дерново-подзолистых почв, бывших под лесной растительностью, в сельскохозяйственный оборот способствовало увеличению

ПОЧВЕННАЯ БИОТА ЛЕСНЫХ ПОЧВ

общего количества дождевых червей в почве, и значительному доминированию червя вида *A. Caliginosa* над *L. Rubellus* – различия в 2–6 раз. В условиях Зеленоградского стационара, максимальное количество дождевых червей отмечено нами во влажные теплые месяцы года под тимофеечно- клеверной смесью 2-го года пользования – около 560 экз./м², что в пересчете на 1 га достигает 5,6 млн. экземпляров. Дождевой червь в день пропускает через свой кишечник количество земли, равное весу его тела [5]. Средний вес одного дождевого червя колеблется в пределах 0,35–1,30 г. (достигая 5–6 г.). Сделав соответственные вычисления для исследованных нами агроценозов, содержащих 418–560 червей на 1 м², при средней массе одного червя 1,0 г. и продолжительности их активной деятельности в течение 200 дней, получим огромные количества почвы, переработанные червями за год на площади 1 га, – 836–1120 тонн. Эффект биологического воздействия на почву – колоссальный.

Копролиты по своим физико-химическим параметрам сильно отличаются от свойств почв, вмещающих их и представляют собой структурные отдельности вытянутой цилиндрической формы с высоким содержанием растительных остатков и тонкодисперсного органического вещества, с рыхлым сложением и обладающие высокой водопрочностью. Внутри копролитов встречаются кристаллы вевелита, кальцита, а также грибные гифы, плодовые тела грибов, их споры. Нередко внутри копролитов присутствуют экскременты других почвенных животных: клещей, коллембол, энхитрид и др. Копролиты всегда более увлажнены и восстановлены чем почвы, характеризуются слабокислой или нейтральной реакцией среды, обогащены калием, углеродом и водородом, аммиачным азотом и хлорид- ионами. Причем, копролиты *L. Rubellus* в большей степени, чем копролиты *A. Caliginosa*, содержат воду, азот, углерод и водород. Дождевые черви *L. Rubellus* в основном обитают у самой поверхности, в местах максимального скопления слаборазложившихся растительных остатков, а дождевые черви *A. Caliginosa* присутствуют во всей корнеобитаемой толще почвы, что обуславливает их неоднозначную роль в изменении свойств почвенных горизонтов и почвенного плодородия.

Концентрации большинства исследованных ионов в копролитах во много раз выше, чем во вмещающих их почвах. Коэффициенты накопления различных ионов копролитами дождевых червей в лесных сообществах Малинского лесничества изменялись в пределах: для K^+ от 2,5 до 91, NH_4^+ – 16,8–248,2, Ca^{2+} – 1,5–4,5, Cl^- – 1,7–22,7, NO_3^- – 2,2–25,5. Наибольшая обогащенность копролитов исследованными ионами, по сравнению с почвами, отмечена в липняке, затем в смешанном лесу, а минимальные значения были в ельнике-кисличнике.

В условиях агроценозов коэффициенты накопления исследованных ионов в копролитах были в пределах: для K^+ от 2,3 до 64,1 (в копрогенной зоне до 154), NH_4^+ – 5,8–135,7, Ca^{2+} – 0,19–5,1, Cl^- – 1,5–54,7, NO_3^- – 0,11–0,50. В известкованной и обогащенной азотом почве дождевые черви отрицательно накапливали Ca^{2+} и NO_3^- .

Таким образом, почвообразующая роль дождевых червей в дерново-подзолистых почвах лесных биогеоценозов и агроценозов сопровождается вовлечением растительных остатков (опада) в биологический круговорот, связана с непосредственным участием червей в гумификации растительного материала, поступившего в почву, обогащением почвы элементами питания растений, оструктурированием почвы, улучшением ее физических и физико-химических свойств. С деятельностью дождевых червей связаны лесорастительные свойства биогеоценозов и продуктивность агроценозов, обогащенность почв другими почвенными животными и микроорганизмами.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Карпачевский Л.О.* Пестрота почвенного покрова в лесном биогеоценозе. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1977. 312 с.
2. *Лыткин И.И., Скрынникова И.Н.* Применение ионоселективных электродов для исследования ионного состояния и окислительно-восстановительных процессов в торфяных почвах в полевых условиях. // Вопросы гидрологии в плодородии почв. М. 1985. С. 12–20.
3. *Перель Т.С.* Распространение и закономерности распределения дождевых червей фауны СССР. М.: Наука. 1979. 271 с.

ПОЧВЕННАЯ БИОТА
ЛЕСНЫХ ПОЧВ

4. *Самойлова Е.М.* Изучение корневых систем древесных пород на песчаных почвах // Методы изучения продуктивности корневых систем и организмов ризосферы. Л.: Наука. Ленингр. отдел., 1968. С. 200–206.

5. *Чекановская О.В.* Дождевые черви и почвообразование. М.-Л.: Изд-во АН СССР. 1960. 206 с.

**СТРУКТУРА СООБЩЕСТВА ПОЧВЕННЫХ
ЧЛЕНИСТОНОГИХ НА ГРАНИЦЕ ЛЕСА
И СТЕПИ В КУЛУНДЕ (ЗАПАДНАЯ СИБИРЬ)**

Любечанский И.И.

*Институт систематики и экологии животных СО РАН, Новосибирск.
lubech@rambler.ru*

Метод исследования трофических отношений организмов в экосистемах с помощью анализа соотношения стабильных изотопов углерода и азота широко применяется в последнее десятилетие. Однако в сухопутных биоценозах такие исследования проводились преимущественно в лесах. Настоящее исследование проведено в экотоне между древесным и травяным сообществом лесостепи.

Решались следующие задачи:

1. Описать общие особенности трофической структуры сообщества членистоногих в лесостепи с помощью метода стабильных изотопов углерода и азота.
2. Сравнить трофические предпочтения хищных герпетобионтов (жуки-жужелицы, пауки, муравьи) в разных биоценозах на профиле «лес–степь».
3. Проверить предположение о том, что в лесном биоценозе круговорот веществ идет преимущественно по детритной, а в травяном – по пастбищной пищевой цепи.

На границе Барабинской и Кулундинской лесостепи (окрестности с. Троицкое Карасукского района Новосибирской области) был выбран профиль от центра колка к середине степного участка, длиной около 180 м. В его пределах было выделено три биотопа: колок,

опушка, степь. Сборы проводились в два срока: в начале (конец мая – середина июня) и в середине лета (конец июня – середина июля). Для анализа брали образцы почвы, подстилки, опада, доминирующих видов растений и доминирующие виды членистоногих, выявленные в результате учетов (почвенными ловушками и кошением).

Всего определен изотопный состав азота и углерода для 555 образцов.

Проанализировано 10 видов растений, 13 видов пауков, 15 видов жужелиц, 10 видов остальных наиболее многочисленных насекомых: муравьи *Formica pratensis*, чернотелки, долгоносики, мертведы, клопы-слепняки, кузнечик *Bicolorana bicolor*.

Сезонные различия в содержании ^{13}C в почвах всех трех позиций отсутствуют. Содержание ^{15}N отличается в степи в начале и в середине лета (в середине лета выше). По азоту степь отличается от других почв в начале лета в меньшую сторону, а к середине лета – в большую. Различия в содержании ^{13}C в подстилке и опаде между позициями не значимы. Различия по содержанию ^{15}N более существенны как в разное время в течение лета, так и между биотопами – опад в степном биотопе отличается от такового в колке и на опушке.

В течение сезона содержание ^{13}C и ^{15}N в растениях не меняется. В колке растения обогащены тяжелым углеродом по сравнению с опушкой и степным участком, что дает основания говорить о «лесном» и «луговом углероде». В середине лета появляются различия и по азоту.

Изотопный состав тел большинства видов членистоногих не отличается в начале и в середине лета за исключением доминирующих видов: жужелиц (*Amara communis*) и пауков (*Alopecosa sulzeri*). Это позволяет предположить известное постоянство в спектре пищевых объектов каждого вида в течение сезона. Жужелицы занимают в лесостепной экосистеме от двух до трех трофических уровней, пауки и муравьи – от одного до двух. Жужелицы более «пристрастны» к питанию фитофагами, чем пауки.

Пищевые ниши указанных трех групп герпетобийных членистоногих перекрываются слабо, что говорит о специализации в питании на уровне таксонов. Источник углерода в пище при

ПОЧВЕННАЯ БИОТА ЛЕСНЫХ ПОЧВ

переходе от колка к степи существенно меняется у муравьев, но не у жувелиц и пауков, что может свидетельствовать о меньшей специализации муравьев к определенным жертвам, чем у двух других указанных таксонов. Кузнечик имеет необычную изотопную подпись, характерную скорее для мицето- или лишенофагов, чем для фитофагов.

Предположение о большей «детритности» пищевой цепи в древесном биоценозе, чем в травяном – не выполняется.

Исследование поддержано грантом РФФИ № 15-04-07591а.

СУКЦЕССИЯ ПОЧВЕННОЙ БИОТЫ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ ТАЁЖНЫХ ЭКОСИСТЕМ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

Малахова Н.А.

*ФГБОУ ВО Новосибирский Государственный Аграрный Университет,
Новосибирск, shyten@inbox.ru*

Основная масса ежегодного потока азота ограничена потоком почва – микроорганизмы – растительность и только незначительная часть связана с атмосферой и гидросферой [4]. Изучение качественных и количественных характеристик всех процессов круговорота азота позволит установить сукцессии биоты и связанные с ними скорости накопления и потерь азота в виде газообразных продуктов в почвах разных экосистем и, в частности таёжных – Западной Сибири, под лесами разного возраста, которые практически не изучены.

Целью работы является выявление структурно-функциональных изменений альгогруппировок и микробоценозов в ходе сукцессии лесных экосистем с учётом продукционно-деструкционных процессов круговорота азота.

Почвенные образцы отбирались в разновозрастных лесах дерново-подзолистой почвы Томской области: сосновый лес (18–20 лет); тёмнохвойный лес (50–70 лет); елово-пихтовый лес (170–180).

Для выявления видового состава водорослей использовали метод водных и чашечных культур со стёклами обрастания. Для выявления видовой принадлежности водорослей использовали серию определителей.

Фитоценотический анализ альгогруппировок основывался на выявлении комплекса доминантных видов [1], характере пространственного распределения водорослей. Доминантные виды выделяли на основе определения балла обилия по 15-балльной шкале.

Микробиологические анализы проводили по методикам, рекомендованным ВНИИСХМ [2]. Общее количество бактерий, использующих органический азот учитывали на МПА; бактерий и актиномицетов, усваивающих минеральный азот на КАА; нитрифицирующих бактерий – на жидкой среде Виноградского для нитрификаторов; денитрифицирующих микроорганизмов – на среде Берёзовой; аэробных азотфиксирующих микроорганизмов и олигонитрофилов на плотной безазотистой среде Эшби методом комочков и разведения.

При выявлении сукцессионных перестроек водорослевых группировок учитывают видовой состав, доминантный комплекс видов, спектр жизненных форм и вертикальную структуру альгогруппировок.

Ведущие позиции, как по абсолютному числу видов, так и по долевному участию сохраняются за зелёными водорослями в вариантах молодого и зрелого сформированного зрелого леса. В экосистеме среднего возрастного леса за лидерство наряду с зелёными вступают жёлтозелёные водоросли, которые в других исследованных вариантах лесов занимают второе место. Это свидетельствует о типичном лесном характере альгогруппировок. В тройку разнообразных по числу видов и внутривидовых таксонов отделов входят синезелёные водоросли.

В тройке лидеров жизненного спектра водорослей находятся С-, Х-, Сh – формы, положение которых на разных этапах сукцессии может меняться. Выделяется одновидовое присутствие азотфиксатора *Nostoc punctiforme f. populorum (Geitl.) Hollerb.*, для которого доказано участие в биологической фиксации азота.

ПОЧВЕННАЯ БИОТА ЛЕСНЫХ ПОЧВ

Доминантный комплекс на всех этапах сукцессии лесных фитоценозов представлен видами типичными для лесных экосистем (рр. *Chlorhormidium*, *Chlamydomonas*, *Chlorococum*, *Pleurochloris*, *Stichococcus*). Состав доминантных видов включает от 3 до 5 видов, которые таксономически относятся к родам указанным выше.

В вертикальной структуре видов водорослей отмечается тенденция снижения числа видов и внутривидовых таксонов вниз по профилю, вплоть до исчезновения в горизонте – ВС. Известно, что в зональных почвах наибольшее число видов водорослей обнаруживается в самых верхних горизонтах, что связано с плодородием почвы, активностью ферментов, наличием доступной влаги [3]. Этот факт подтверждается и нашими исследованиями.

Исследование микробных сукцессий включает изучение численности и таксономического состава микробоценоза, продуктов метаболизма разных физиологических групп. На сукцессии в дерново-подзолистых почвах таёжных экосистем разного возраста влияют условия изменения окислительно-восстановительного потенциала среды.

Прохождение той или иной стадии микробной сукцессии обусловлено спецификой функциональной структуры микробоценоза. Численность аммонификаторов – сапротрофов, имеющих внеклеточные гидролазы и разрушающих белковые соединения, увеличивается от почв молодой таёжной экосистемы к почвам среднего и зрелого возраста. Накопление олигомеров, в частности аминокислот, тормозит развитие этих групп микроорганизмов – гидролитиков, но стимулирует развитие сахаролитических грибов, дрожжей и бактерий, относящихся к группе копиотрофов.

Снижение концентрации доступных углерод- и азотсодержащих соединений замедляет рост копиотрофов и на смену им приходят олиготрофы – олигонитрофилы и олигокарбофилы, то есть микроорганизмы, усваивающие низкие концентрации питательных веществ. Численность олигонитрофилов закономерно увеличилась от почв молодых таёжных экосистем к зрелым (со 100 тыс./г до 3920 тыс./г почвы).

Перестройка структуры сообщества растений, животных и микроорганизмов в ходе сукцессии имеет общие закономерности. В молодой экосистеме преобладают r-стратеги (микроорганизмы копиотрофы с высокой скоростью размножения и пониженной конкурентностью). В зрелой сформированной экосистеме, то есть на более поздних стадиях сукцессии, r-стратегов стало меньше, увеличилось с 1,3 до 7 тыс./г почвы количество актиномицетов, относящихся к K-стратегам, то есть к популяциям медленно растущим, но более конкурентноспособным.

Большую работу по изучению микробных сукцессий в почве провели сотрудники кафедры биологии почв МГУ. Они ввели понятие «коэффициент сукцессии» и доказали, что на стадии молодого возраста доминируют представители родов *Azotobacter*, *Bacillus* и быстрорастущие сахаролитические грибы *Mucor*, *Rhizopus*, *Penicillium*, что отмечалось и в наших исследованиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кабиров Р.Р., Шилова И.И. Почвенные водоросли свалок и полигонов твёрдых бытовых отходов и промышленных отходов в условиях крупного промышленного города. Экология. 1990. № 5. С. 10–18.
2. Методы изучения почвенных микроорганизмов и их метаболитов. М.: Изд-во МГУ, 1966. 216 с.
3. Штина Э.А., Голлербах, М.М. Экология почвенных водорослей. М.: Наука, 1976. 142 с.
4. Roswall T. The internal nitrogen cycle between microorganisms, vegetation and soil/ Ecol. bul. 1976. № 22. p. 157–167.

МИКРОБИОТА БУРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЫ

Напрасникова Е.В.

Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, napev@irigs.irk.ru

Биота выполняет приоритетную роль в пространственно-временной и соответственно структурно-функциональной организации геосистем, являясь их критическим компонентом, стабилизирующим началом [3]. Почвенная биота не является исключением.

ПОЧВЕННАЯ БИОТА ЛЕСНЫХ ПОЧВ

В условиях таежных геосистем Западного Саяна, методом капиллярной микроскопии [1], была изучена микробиота широко распространенных бурых лесных почв. Следует отметить, что данный биодиагностический и высокоинформативный метод в настоящее время, к сожалению, редко используется исследователями [2].

Капиллярные педоскопы, приобретенные в свое время в Институте Озероведения АН СССР, были поставлены в начале июня и выдерживались в течение трех месяцев.

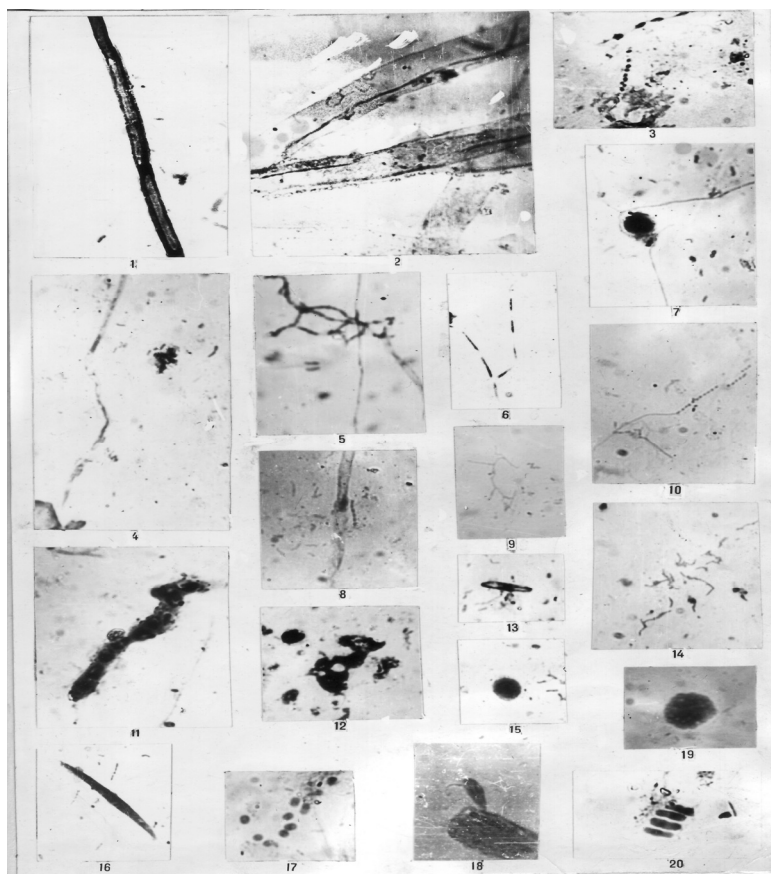
Характерные особенности микробных пейзажей бурой лесной почвы представлены на рисунке. Доминирующее положение занимали бактерии, в основном неспороносные. Значительна роль грибов, находящихся главным образом в состоянии стерильного мицелия. Споры грибов обнаруживались редко. Гифы, встречающиеся в почвенных горизонтах В1 и В2, находились в угнетенном состоянии и отличались от мицелия в верхних горизонтах отсутствием тургора.

Наблюдались явления, когда на гифах грибов, окруженных бактериями, паразитировали актиномицеты (рис. номер 2). В изучаемых почвах группа актиномицетов относительно немногочисленна. Альгофлора представлена богато. В фауне простейших часто встречаются не только амебы, но и жгутиконосцы.

Бактериальное население бурой лесной почвы чрезвычайно разнообразно. Благоприятные условия складываются для микроорганизмов водного происхождения. При этом обнаруживаются *Hiphomicrobium*, *Caulobacter* и извитые формы бактерий. Среди бактерий в микробных пейзажах преобладали палочковидные формы, из них часто встречались бациллы. Наличие одиночных клеток и неплотных скоплений характерны для обрастаний в почвенных горизонтах В1 и В2. При этом клетки шаровидной формы, как правило, мелких размеров, что соответствует экологическим условиям местообитания, в том числе промывному режиму почвы. В верхних горизонтах часто обнаруживались ослизненные бактерии. Железо-марганцевые бактерии наблюдались в виде микроколоний и разнообразных скоплений с выраженным отложением марганца (рис., номер 34).

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ ЛЕСНОГО
ПОЧВОВЕДЕНИЯ, 13–17 сентября 2017

Во всех генетических горизонтах присутствовали железные кокки, причем их количество с глубиной не уменьшалось. Наглядно прослеживаются взаимоотношения между различными компонентами микробоценозов. Наблюдались симбиотические отношения: бактерии с бактериями, с водорослями, с простейшими, с грибным компонентом, с актиномицетами (рис. номера 21,23,40,43,44). В паразитирующем состоянии обнаружен мицелий актиномицета на гифах грибов (рис., номер 2).



ПОЧВЕННАЯ БИОТА ЛЕСНЫХ ПОЧВ

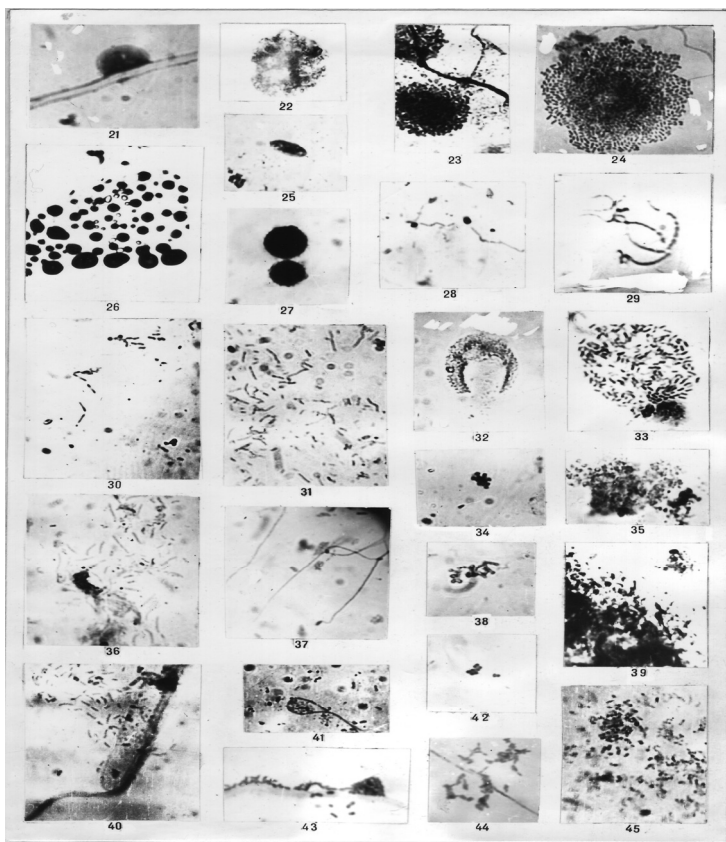


Рис. Компоненты микробных пейзажей бурой лесной почвы
в летний период (увел. x1000)

1 – стерильный мицелий, гифа в состоянии тургора; 2 – плоский мицелий гриба, окруженный бациллами. Паразитирует другой мицелий; 3 – форма роста актиномицета; 4,5,8 – микобактерии; 6 – распадающийся мицелий актиномицетов; 7,9,10,14,28 – актиномицеты; 11,13,16,17,20 – почвенные водоросли; 12,15,18,19,22,25 – представители простейших; 21,23,40,43,44 – ценоз; 24,33,35 – организованные бактериальные колонии; 26,29 – организмы неизвестной природы; 27 – спорангии; 30 – бациллы; 31,45 – скопления разных микроорганизмов; 32 – чехол из бактерий на кончике корневого волоска; 34 – железо-марганцевые микроорганизмы; 36 – палочковидные и извитые бактерии; 37 – *Niphomicrobium*; 41 – бактерии нитчатого строения; 42 – микроколония бактерий.

В обрастаниях встречаются организмы неизвестной природы (рис., номер 26, 29).

Итак, изучение обрастаний педоскопических капилляров показало структурные особенности микробиоты бурых лесных почв, связанных с происходящими в них элементарными почвообразующими процессами в условиях Сибири.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Аристовская Т.В.* Микробиология подзолистых почв. Л.: Наука, 1965. 186 с.
2. *Василенко Е.С., Кутовая О.В.* Устойчивые микробные сообщества типичного чернозема в условиях степной агроэкологии // Степи Северной Евразии. Оренбург. 2003. С. 115–119.
3. *Сочава В.Б.* Введение в учение о геосистемах. Новосибирск: Наука, 1978. 319 с.

ОСОБЕННОСТИ ФАУНЫ ПОЧВЕННЫХ НЕМАТОД ЛЕСНЫХ ПОЧВ ЮЖНОЙ КАРЕЛИИ

Попова Е.Н.^{1,2}

¹ *Институт географии РАН, Москва, en_porova@mail.ru;*

² *Институт глобального климата и экологии Росгидромета и РАН, Москва*

Леса Южной Карелии относятся к среднетаежной подзоне тайги. Модельным регионом для исследования фауны почвенных нематод этой подзоны послужила Корзинская низина и прилегающие к ней территории, расположенные вблизи оз. Сямозера. Район исследования относится к Карельской провинции подзолистых иллювиально-гумусовых и болотных почв [1], находящейся на крайнем западе среднетаежной подзоны в пределах южной агроклиматической зоны Карелии [7]. Территория представляет собой озерно-ледниковую равнину с характерным озово-камовым грядово-холмистым мелкорасчлененным рельефом. Почвообразующие породы выступающих элементов рельефа, в основном, представлены песчаными и супесчаными сильновалунными моренными отложе-

ПОЧВЕННАЯ БИОТА ЛЕСНЫХ ПОЧВ

ниями Валдайского оледенения [2, 3]. Большую часть обследованной территории занимает болотный массив Льежесу. Климат провинции – умеренно-континентальный с продолжительной мягкой зимой и прохладным летом. В составе растительности преобладают сосновые, реже еловые леса с лишайниковым или моховым покровом и с ягодными кустарничками (брусника, черника, голубика). В подлеске встречается береза, рябина, осина, из кустарников – малина, можжевельник. В процессе нематологического обследования территории были изучены профили следующих почв: вторичные дерново-подзолистые легкосуглинистые на супесчаных отложениях, которые развивались на возвышенности $h = 3-5$ м под осветленным сосновым лесом с хорошо развитой растительностью нижнего яруса (брусника, земляника, злаки); пятнисто-подзолистые песчаные слабозадернованные почвы, приуроченные к сильноразветвленной каменистой песчаной возвышенности $h = 5-10$ м, расположенной в 30–50 м от оз. Сямозера с редко стоящими соснами, кустами можжевельника, нижний ярус – злаки (щучка, овсяница), мох «кукушкин лен»; подзолы иллювиально-гумусово-железистые на озо-камовых возвышенностях $h = 15-20$ м под сосновым лесом с примесью ели, рябины и малины, под пологом которых встречается земляника, черника, папоротник (растительность нижнего яруса довольно разрежена); болотные верховые торфяные почвы в углублённых водораздельных депрессиях ближе к центральной части верхового болота под специфической олиготрофной растительностью (сфагновые мхи, редкие угнетенные сосны, пушица, полукустарники); болотные переходные торфяно-глеевые почвы, расположенные в краевых частях переходных болот под несколько угнетенным сосново-еловым лесом с мохово-кустарничковым надпочвенным покровом (брусника, черника, можжевельник); торфяные болотные низинные оглеенные почвы, сформированные в глубоких депрессиях рельефа под смешанным лесом из березы, осины и ели с примесью ивы, ольхи и малины с развитой растительностью нижнего яруса (осоки, тростники, злаки, болотное разнотравье). Почвенные нематоды – это наиболее разнообразная и многочисленная группа из всех многоклеточных беспозво-

ночных, обитающих в почве. Они были обнаружены во всех исследованных лесных почвах, что подтверждает тот факт, что фауна нематод является неотъемлемой частью почвенной биоты практически любого биоценоза. Нематоды принадлежат к типу первично-полостных – *Nemathelminthes* и выделяются в отдельный класс – *Nematoda*. Нематоды, ассоциированные с почвой, за исключением некоторых родов, – это черви цилиндрической формы, вытянутые в длину, которая варьирует от 0.2 до 12 мм. У большинства видов длина достигает 0.5–2 мм. Как правило, нематоды бесцветны и прозрачны [4]. Почвенные нематоды подразделяют на отдельные эколого-трофические группы в зависимости от типа их питания (микофаговые, фитофаговые, полифаговые, хищные, бактерио- и сапрофаговые). Растительность, наряду с почвенно-климатическими факторами, является важнейшим компонентом биогеоценоза, оказывающим влияние на распространение почвенных нематод [6]. В наибольшей степени от этого фактора зависят фитофаговые паразитические нематоды, питающиеся непосредственно за счет растения-хозяина, без которого популяция фитонематод не может ни возникнуть, ни поддерживать длительное существование. Влияние растений на другие группы нематод преимущественно опосредованное, через создание определенных почвенно-экологических условий, хотя отдельные из них также способны питаться непосредственно за счет растения (полифаговые, некоторые сапробионты и микофаги). Полевые исследования, заключающиеся в отборе почвенных образцов и описании районов наблюдения, проводили маршрутным, стационарным и профильным методами, преимущественно в первой половине вегетационного периода, когда наблюдается максимальный подъем численности почвенных нематод [6]. Наибольшая численность и разнообразие почвенных нематод были обнаружены в верхних органогенных горизонтах. В целом, на состав нематодных популяций большее влияние оказывал тип почв, чем фитоценоз, хотя сходство растительного покрова так же увеличивало сходство нематодофауны. В частности, в сосновых лесах Карелии вне зависимости от типа почв наблюдали увеличение роли микофаговых нематод в верхних горизонтах. Сходные данные

ПОЧВЕННАЯ БИОТА ЛЕСНЫХ ПОЧВ

были зафиксированы Л. Ханелом [8], который связывал доминирование микофаговых нематод в хвойных лесах с увеличением грибной микрофлоры. Повышенное содержание грибной микрофлоры в подстилке хвойных лесов было обнаружено, в частности, В.В.Пономаревой [5]. Среди микофаговых нематод в сосновых лесах Южной Карелии на различных типах почв под различной растительностью нижнего яруса (черника, брусника, злаки, разнотравье) доминировали представители рода *Aphelenchoides*, что согласуется с данными некоторых авторов, наблюдавших значительное увеличение численности афеленхоидов в хвойных лесах [9]. В некоторых случаях наблюдали увеличение доли бактерио/сапрофаговых нематод. При сравнении структуры нематодофауны подзолистых почв под луговой и лесной растительностью отмечено увеличение разнообразия, численности и процентного соотношения хищных нематод в верхних горизонтах почв лесных биогеоценозов по сравнению с луговыми. Среди фитопаразитических нематод представители родов *Metaphelenchus*, *Rotylenchus* и *Macrotrophurus* были характерны для сосняка черничного, род *Criconemoides* был обнаружен в черничнике-брусничнике под смешанным лесом. В распространении таких родов как *Criconemoides* и *Metaphelenchus* наблюдали важное участие почвенных условий – нематоды рода *Criconemoides* предпочитали болотные почвы, а рода *Metaphelenchus* – подзолы и подзолистые почвы Южной Карелии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Добровольский Г.В., Урусевская И.С. География почв. М.: Изд-во Моск. Ун-та. 1984. 416 с.
2. Морозова Р.М. Лесные почвы Карелии. Л.: Наука. 1991. 184 с.
3. Ногина Н.А., Морозова Р.М., Евруков Г.В. и др. Подзолистые почвы северо-запада европейской части СССР. М.: Колос. 1979. 256 с.
4. Парамонов А.А. Основы фитогельминтологии. М.: Изд-во АН СССР. 1962. Т. 1. 479 с.
5. Пономарева В.В. Теория подзолообразовательного процесса. Л.: Изд-во АН СССР. 1964. 379 с.
6. Романенко Е.Н. Фауна почвенных нематод и почвенно-экологические закономерности их распространения. Дисс.канд.наук., М.: МГУ. 2000. 267 с.

7. *Романов А.А.* О климате Карелии. Петрозаводск: Госиздат КАССР. 1961. 140 с.

8. *Hanel L.* Soil nematodes in five spruce forests of the Beskydy mountains, Czech Republic // *Fundam. Appl. Nematol.* 1996. Vol. 19, N 1. P. 15–24.

9. *Ruess L.* Nematode fauna in spruce forest soils: a qualitative/quantitative comparison // *Nematologica.* 1995. Vol. 41. P. 106–124.

МЕЗОПЕДОФАУНА МОНИТОРИНГОВОЙ ПЛОЩАДКИ «ЯМА РОДЕ» ЛИСИНСКОГО ЛЕСНИЧЕСТВА

Пятина Е.В.

ФГБНУ ЦМП им. В.В. Докучаева, Санкт-Петербург,
kat1977kat@gmail.com

Исследование почв заказника «Лисинский» (Лисинское лесничество, Ленинградская область) было начато еще в 20-е годы прошлого столетия. В 2012 г. были заложены мониторинговые площадки, одной из задач которых является слежение за параметрами функционирования почв [1]. Почвенно-экологический мониторинг будет не полным, если параллельно не проводить биологического мониторинга, например по почво-обитающим беспозвоночным животным, которые являются точными и тонкими индикаторами состояния окружающей среды. Цель работы: изучить состав, численность и пространственную структуру распределения мезофауны почв почвенно-экологического полигона «Лисинское лесничество».

В качестве одного из объектов исследования выбран ельник кисличник зеленомошный, произрастающий на дерново-подзолистой глееватой почве на моренных суглинках мониторинговой площадки «Яма Роде». Сбор материала проводился в начале июля и в конце сентября 2016 г. Для учета беспозвоночных использовался общепринятый в почвенной зоологии метод ручной разборки проб [2]. Размер пробы 1/16 м². Всего было отобрано 24 пробы на глубину 10 см (подстилку разбирали в лаборатории, а верхний

ПОЧВЕННАЯ БИОТА ЛЕСНЫХ ПОЧВ

слой почвы 0–10 см непосредственно на месте). Учет подстилочных и напочвенных форм, способных к горизонтальным миграциям, проводился с помощью почвенных ловушек Барбера [3].

Численность мезофауны почвы мониторинговой площадки «Яма Роде» в среднем составила 387,3 экз./м². Отмечены представители семи классов (Insecta, Hemiptera, Entognatha, Chilopoda, Diplopoda, Arachnida, Gastropoda и Oligochaeta), среди которых наибольший вклад в почвенное население вносят насекомые (32,5 %) и малощетинковые черви (48,5 %). Послойный учет беспозвоночных позволил установить, что абсолютное большинство животных сосредоточено в подстилке – 87 %.

Анализ численности почвенных беспозвоночных по сезонам показал, что наибольшая численность наблюдалась осенью – 504 экз./м², при этом основу населения составляли малощетинковые черви (51,6 %) и насекомые (23,5 %). Среди насекомых доминировали представители отряда жуков (13,4 %). Летом численность мезопедофауны составила 270,6 экз./м², при этом на долю малощетинковых червей приходится только 25 %. Более высокая численность Oligochaeta осенью связана прежде всего с увеличением численности энхитреид (в 10 раз) и дождевых червей (в 2 раза).

Учет с помощью ловушек дал следующие результаты. В июле было собрано 922 экз./100 ловушко-суток беспозвоночных, среди которых преобладали представители классов Arachnida – более 50 % и Insecta – 31 %. Среди насекомых наибольшей численностью в июле отличается отряд Coleoptera (226 экз./100 ловушко-суток) семейство Staphylinidae (136 экз./100 ловушко-суток). В сентябре было собрано 814 экз./100 ловушко-суток беспозвоночных. Основу населения, так же как и в июле, составили пауки. Среди насекомых наибольшая численность пришлась на представителей из отряда двукрылых (52 экз./100 ловушко-суток) и семейства муравьев (142 экз./100 ловушко-суток).

Для определения всего комплекса гео- и герпетобионтов мониторинговой площадки «Яма Роде» будет проведено изучение фауны еще и весной, а заложенная линия для учета наземных беспозвоночных с помощью почвенных ловушек будет постоянной со

сбором материала 3 раза в год (май, июль, сентябрь). Полученные предварительные данные уже дают возможность выделить виды-индикаторы – таракан (*Ectobius* sp.) и жужелицы. Планируется заложить постоянные учетные линии на всех мониторинговых площадках Лисинского лесничества.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Апарин Б. Ф., Бабииков Б. В., Касаткина Г. А., Сухачева Е. Ю.* Лисинское лесничество как уникальный полигон почвенно-экологического мониторинга // Бюллетень Почвенного института. 2016. Вып. 83, С. 140–158.
2. *Гиляров М.С.* Зоологический метод диагностики почв. М.: Наука, 1965. 276 с.
3. Количественные методы в почвенной зоологии / Под ред.: М.С. Гилярова, Б.Р. Стригановой. М.: Наука, 1987. 287 с.

НАСЕЛЕНИЕ И ТРОФИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ПОЧВЕННОЙ МЕЗОФАУНЫ ЗОНАЛЬНЫХ И АЛЛЮВИАЛЬНЫХ ПОЧВ С-З КАРЕЛИИ (КОСТОМУКШСКИЙ ЗАПОВЕДНИК)

Рыбалов Л.Б.¹, Камаев И.О.²

¹ *Институт проблем экологии и эволюции им А.Н. Северцова РАН,
Москва, lrybalov52@mail.ru;*

² *Всероссийский центр карантина растений, ФГБУ «ВНИИКР»,
Московская область, Быково, ilyakatajev@yandex.ru*

Исследовано почвенное население беспозвоночных в зональных и пойменных типах биогеоценозов северной тайги в Костомукшском заповеднике. Работа проведена с 2008 по 2014 г. Исследованные биоценозы представлены в таблице (табл.).

Для почвенных группировок, населяющих плакорные еловые (Екз) и сосновые леса (Скз) Костомукшского заповедника, сформированные на подзоле иллювиально-железистом, характерен невысокий или средний уровень обилия и низкие значения биомассы беспозвоночных: наименьшие показатели численности в отдель-

ПОЧВЕННАЯ БИОТА
ЛЕСНЫХ ПОЧВ

ные годы составляли – 150–200 экз/м² и биомассы – 1–2 г/м², а наиболее высокие показатели – 300–400 экз/м² для численности и 3,2–4,5 г/м² для биомассы соответственно. Средняя численность в 1,5–2, а биомасса в 2–5 раз ниже аналогичных показателей из северо-таежных сообществ России [1], [2]. Эти показатели, вероятно, указывают на относительную бедность и молодость почвенно-покрова этого района Карелии.

**Табл. Характеристика изученных биоценозов
Костомукшского заповедника**

Группа БГЦ	Пойменные			Плакорные (зональные)	
Тип БГЦ	Луг разнотравный (Лз)	Березняк долгомошный (Бп)	Ельник мелко-травный (Ем)	Ельник кустарничково-зеленомошный (Екз)	Сосняк кустарничково-зеленомошный (Скз)
Тип почв	Аллювиальные дерновые	Аллювиальные Дерновые	Аллювиальные слоистые	Подзол иллювиально-железистый	Подзол иллювиально-железистый
Тип гумуса	Мулль	Модер-мулль	Модер	Модер-мор	Мор

Таксономическое разнообразие почвенной мезофауны в заповеднике характеризуется низкими показателями. Большинство систематических групп представлено небольшим числом видов. Видами богаты только две группы – пауки и коротконадкрылые жуки. Изученные типы интразональных (пойменных) биогеоценозов, сформированные на аллювиальных почвах, достоверно отличаются от зональных повышенными показателями разнообразия и обилия почвенной мезофауны: суммарная численность в пойме варьировала в разных пойменных биоценозах от 380 до 600 экз/м² и биомассы от 3,8 (в Лз) до 7,2 г/м² (в Бп).

Структура доминирования почвенной мезофауны в зональных сообществах (Екз и Скз) может быть охарактеризована как олигодоминантная, так как мезофауна представлена небольшим числом таксонов с высокой численностью, здесь доминируют пауки, ли-

чинки жуков шелкунов, коротконадкрылые жуки и др. В пойменных биогеоценозах к числу доминирующих таксонов относятся дождевые черви, которые малочисленны в зональных почвах. Различия в показателях обилия дождевых червей двух типов биогеоценозов связаны с характером опада, потребляемого Lumbricidae. Высокое обилие дождевых червей в пойменных сообществах приводит к деструкции подстилки и образованию относительно мощного для данного района гумусового горизонта в аллювиальных почвах. Кроме того, почвенной мезофауне аллювиальных почв, подвергающихся периодическим затоплениям, свойственна стабильная структура доминирования населения. Последнее позволяет заключить о сравнительно высокой устойчивости беспозвоночных, обитающих в пойменных почвах, к весенним паводкам.

Функциональную структуру и роль почвенной мезофауны анализировали на основе трофического состава населения, которую рассчитывали по показателях биомассы. Трофическая структура почвенной мезофауны в Костомукшском заповеднике во многом определяется крупными беспозвоночными животными. К числу таковых относятся дождевые черви, моллюски, личинки шелкунов и долгоносиков, личинками двукрылых – *Vibionidae*, *Tipulidae*. Преобладание тех или иных групп в трофической структуре почвенной мезофауны зависит от положения биогеоценоза в ландшафте и доминирование определенной трофической группы беспозвоночных сопряжено с формированием соответствующего типа гумуса. В пойменных, и особенно в прирусловых биогеоценозах (Лз), доминирует сапрофильный блок беспозвоночных (более 60 % от общей зоомассы), представленный Lumbricidae и личинками Tipulidae. Это приводит к формированию типа гумуса – мулль на прирусловом лугу, или модер-мулль в пойменном березняке долгомошном. Во внепойменных биогеоценозах, где формируется мощная подстилка из слаборазложившегося материала, преобладают в трофической структуре миксофаги-фитосапрофаги и зоосапрофаги (50–60 % от массы), с незначительным участием сапрофагов. Доминирование миксофагов в хвойных плакорных лесах сопряжено с формированием модер-морского (в Екз) или морового (в Скз) типа гумуса.

ПОЧВЕННАЯ БИОТА
ЛЕСНЫХ ПОЧВ

ЛИТЕРАТУРА

1. Рыбалов Л.Б. Эколого-фаунистическая характеристика почвенного населения трех бореальных районов России // Разнообразие и динамика лесных экосистем России. М.: КМК. 2013. Кн. 2. С. 277–295.

2. Рыбалов Л.Б., Камаев И.О. Разнообразие почвенной мезофауны в северотаежных биогеоценозах бассейна р. Каменная (Карелия) // Известия Акад. Наук. 2011. N 4. С. 403–412.

**УСТОЙЧИВОСТЬ ПАРАМЕТРОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ
ПОЧВЕННЫХ КОЛЛЕМБОЛ В ПРОСТРАНСТВЕ
МЕСТООБИТАНИЯ**

Сараева А.К.

*Институт леса Карельского научного центра РАН, Петрозаводск,
saraeva68@inbox.ru*

Почвенные животные живут в плотной среде, для которой характерно много коротких градиентов [1]. Малая подвижность педобионтов в сочетании со склонностью образовывать скопления усиливает гетерогенность распределения. На примере одной из групп мелких почвенных членистоногих – коллембол, было показано, что рисунки распределения особей одного вида в регионе довольно устойчивы. Это разные варианты «коврового» и «очагового» распределения [2]. Однако сохраняется ли паттерн пространственного распределения видов в условиях других природных зон, в горном и равнинном ландшафте?

Исследования проводили в однотипных зеленомошных сосняках Кавказа, Карелии (средняя тайга) и юга Московской области (хвойно-широколиственные леса). Применяли фрактально-гнездовой способ отбора проб, который позволял оценивать параметры распределения особей в популяциях на шкале от нескольких сантиметров до местообитания в целом [2].

Методы статистики применяли для расчетов встречаемости видов на площадках разного размера и индекса Кейси, отражающего

степень агрегированности популяций коллембол на этих площадках. Материал собран в 2009–2016 г. на 7 пробных площадях изучаемых регионов. С учетом сезонной (лето, осень) и разногодичной динамики взято 12 серий, 972 пробы. В анализ включали виды с численностью равной или большей 81 экз./серию, общие для трех регионов: *Isotomiella minor* (4531 экз., 100 – 975 экз./серия), *Parisotoma notabilis* (2814 экз., 102 – 579 экз./серия), *Lepidocyirtus lignorum* (950 экз., 90–237 экз./серия).

Неизменно многочисленным был *Isotomiella minor*, средняя плотность популяций которого в зеленомошных сосняках разных регионов была сходной – около 4 тыс. экз/м². Плотность популяций *Parisotoma notabilis* и *Lepidocyirtus lignorum* на Кавказе в четыре раза превышала их численность в зеленомошных сосняках Русской равнины.

Встречаемость на уровне отдельных проб у *I. minor* и *P. notabilis* на Кавказе была выше, чем на равнине: 81 % vs. 67 % проб. Однако уже на дециметровых участках эти виды обнаруживали почти во всех зеленомошных сосняках удаленных регионов, а на четвертьметровых – во всех. Встречаемость в пробах *L. lignorum* на Кавказе была вдвое выше, чем в Карелии (83, 41 % соответственно). На юге Московской области вид встречался в низких численностях и лишь в 15 % проб.

Интересно, что все три вида повсеместно обнаружили распределение особей «коврового» типа, т.е. близкое к случайному на метровых участках. Такое распределение, свойственное наиболее многочисленным эвритопным и лесным видам, говорит об их слабой чувствительности к колебаниям факторов среды в микромасштабе (сантиметры-дециметры). Кроме того, можно предположить их высокую конкурентоспособность, позволяющую при расселении осваивать участки, занятые другими видами. Данное исследование подтверждает гипотезу об устойчивости паттернов распределения видов коллембол в сходных местообитаниях разных природных зон на равнине и даже в горах.

Работа поддержана грантом РФФИ № 16-01228.

ПОЧВЕННАЯ БИОТА
ЛЕСНЫХ ПОЧВ

ЛИТЕРАТУРА

1. *Bardgett, R.D., Yeates, G.W., Anderson, J.M.* Patterns and determinants of soil biological diversity // Biological diversity and function in soils. Ed. by R.D. Bardgett, M.B. Usher and D.W. Hopkins. Cambridge University Press. Cambridge, 2005

2. *Saraeva, A.K., Potapov, M.B., Kuznetsova, N.A.* Different-scale distribution of Collembola in homogenous ground vegetation: stability of patterns in space and time // Entomol. Rev. 2015. Vol. 95, 669–714. doi: 10.1134/S0013873815060032

**АЛЬГОФЛОРА СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ
ПРИРОДНОГО ЗАПОВЕДНИКА РОСОШАНЫ**

Семенюк Е.Н.

*Молдавский Государственный Университет, факультет Биологии
и Почвоведения, Кишинёв, Молдова, seta3_87@mail.ru*

Природная резервация дубрава с берёзой, при заповеднике «Росошаны», расположена на крайнем севере республики Молдова в Бричанском районе на площади 149 га, относится к лесничему хозяйству Бричаны и представляет собой типичный участок широколиственных лесов с дубравным широколиственным на пределе юго-западного распространения. В виду расположения на крайнем севере республики – климатические условия значительно отличаются от остальной территории страны. Так, в период вегетации суммарная температура воздуха составляет 2750–2800 °С. Гидротермические индексы – 1,1–1,2. Особенностью характерной для этих лесов является адаптированность к условиям повышенной влажности. Травянистый покров развит хорошо, и покрывает 100 % поверхности. Имеет районное и республиканское научное значение как важный геоботанический объект, на территории которого встречается более 300 видов растений, 19 из которых редкие, занесённые в Красную Книгу Республики Молдова. Рельеф равнинный, почвы серые и тёмно-серые, с тяжёлой глинистой гранулометрической структурой. Серые лесные почвы являются довольно хорошо увлажненными, име-

ют умеренный тепловой режим [1]. Для данного типа почв характерно высокое содержание гумуса, реакция слабокислая или нейтральная, сравнительно много доступных для растений питательных веществ [2].

Почвенную альгофлору изучали на протяжении 2012–2016 гг. по общепринятым в почвенной альгологии методам [3]. Для выявления полного видового состава почвенных водорослей применялись чашечные культуры со стеклами обрастания, а также водные культуры. Культуры выдерживались на стеллажах при интенсивности освещения 2000–3000 лк. [4,5].

Серые лесные почвы имеют следующее морфологическое строение. Верхний горизонт (горизонт биологической аккумуляции) серого цвета, структура комковатая или крупнозернистая, густо переплетен корнями травянистых растений. Затем залегает элювиальный горизонт, который характеризуется ореховато-комковатой, не очень прочной структурой. Ниже залегает иллювиальный горизонт, который является плотным, с крупной призматической структурой, бурого или красновато-бурого цвета. Морфологическому строению профиля почвы соответствует вещественный состав серых лесных почв. В верхнем горизонте (аккумулятивном) наиболее высокое содержание гумуса, реакция слабокислая или нейтральная, сравнительно много доступных для растений питательных веществ. В элювиальном горизонте происходит резкое снижение содержания гумуса, несколько увеличивается кислотность. Иллювиальный горизонт очень слабо гумусирован, обогащен илом, величина рН здесь несколько больше, чем в элювиальном горизонте, но меньше, чем в аккумулятивном.

Серые лесные почвы довольно хорошо увлажняются, имеют умеренный тепловой режим. Иллювиальный горизонт во влажном состоянии становится трудно водопроницаемым, создает в верхней части профиля (над иллювиумом) периодически избыточное увлажнение и недостаток аэрации.

В результате исследований в серых лесных почвах было обнаружено 105 видов и разновидностей почвенных водорослей: 31 вид относится к отделу Cyanophyta, 31 – Xantophyta, 35 – Chlorophyta, 8 – Bacillariophyta (табл.).

ПОЧВЕННАЯ БИОТА
ЛЕСНЫХ ПОЧВ

Табл. Таксономическая структура сообществ почвенных водорослей в серой лесной почве

Отделы почвенных водорослей	Порядки	Семейства	Род	Вид
Cyanophyta	3	8	10	31
Xanthophyta	3	6	15	31
Chlorophyta	4	12	24	35
Bacillariophyta	2	2	4	8
Всего	12	28	53	105

Большую часть альгологического сообщества занимают представители отдела *Chlorophyta* (33 % от общего числа выявленных видов). Лишь ненамного уступает по количеству встречаемых видов отдел *Cyanophyta* (30 %). Отдел *Xanthophyta* по количеству обнаруженных видов идентичен отделу *Cyanophyta* и составляет также 30 % видов от общего числа обнаруженных видов. Отдел *Bacillariophyta* объединяет всего лишь 7 % видов от общего числа выявленных видов. Отдел *Chlorophyta* отличается большим разнообразием. Он представлен 35 видами, которые принадлежат к порядкам: *Chlorococcales*, *Ulothrichales*, *Chlamydomonales*, *Chlorosarcinales*. Особенно богато видами семейство *Chlorococcaceae*, насчитывающее 12 % от общего числа выявленных видов. Отдел *Cyanophyta* по числу обнаруженных видов несколько уступает отделу *Chlorophyta* и насчитывает соответственно 30 % от общего числа обнаруженных видов. Отдел *Cyanophyta* представлен порядками *Oscillatoriales*, *Nostocales*, *Chroococcales*. Отдел *Xanthophyta* представлен порядками *Heterococcales*, *Tribonematales*, *Heterocloniales*. Более разнообразно в видовом отношении семейство *Pleurochloridaceae*, которое насчитывает 11 % от общего количества обнаруженных видов. Виды диатомовых водорослей представлены в основном семейством *Naviculaceae*, численность которого составляет 6 % от всех видов водорослей. Данное семейство представлено родом *Navicula* (5 %) – *Navicula lanceolata*; *Pinnularia* (1 %) – *Pinnularia molaris*.

Серая лесная почва отличается преобладанием видов отдела *Chlorophyta*. Почвенные водоросли отделов *Cyanophyta* и *Xanthophyta* ненамного уступают по видовому разнообразию отде-

лу *Chlorophyta*. Наименьшим разнообразием отличается отдел *Bacillariophyta*. Данное распределение видового богатства объясняется физико-химическими свойствами серой лесной почвы. Они являются довольно хорошо увлажненными, имеют умеренный тепловой режим, характеризуются высоким содержанием гумуса, слабощелочной или нейтральной реакцией, наличием сравнительно много доступных для растений питательных веществ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Голлербах М.М., Штина Э. А. Почвенные водоросли. Ленинград: Изд. «Наука», 1969. 214 с.
2. Зенова Г. М., Штина Э. А. Почвенные водоросли. Мос: Изд-во МГУ, 1990. 78 с.
3. Кузяхметов Г. Г. Методические указания по изучению почвенных водорослей. Уфа; 1986. 32 с.
4. Штина А. Методы изучения почвенных водорослей. Киров, 1981. 32 с.
5. Штина Э. А., Голлербах М. М. Экология почвенных водорослей. Москва: Наука, 1976. 144 с.

О СЕЗОННОЙ ДИНАМИКЕ НАСЕЛЕНИЯ НАПОЧВЕННЫХ ЧЛЕНИСТОНОГИХ В ЧЕРНЕВОЙ ТАЙГЕ ШОРСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА

Триликаускас Л.А.

*Институт систематики и экологии животных СО РАН, Новосибирск;
Шорский национальный парк, Таштагол, laimont@mail.ru*

Сезонная динамика таксоценов различных групп напочвенных беспозвоночных в последние годы становится предметом все более активных исследований [1,2,3]. Однако большинство работ посвящено различным аспектам сезонной динамики одной или ограниченного количества групп [4], в то время как сколько-нибудь широкий спектр напочвенных членистоногих-герпетобионтов редко становится предметом внимания специалистов [5,6].

ПОЧВЕННАЯ БИОТА ЛЕСНЫХ ПОЧВ

Материал для работы был собран в 2014–2016 г. в южной части Шорского национального парка на участке черневой тайги в окрестностях поселка Верхний Таймет. Для сбора материала использованы почвенные ловушки с фиксатором (этиленгликоль). В общей сложности отработано 924 ловушко-сутки, собрано 6982 экземпляра членистоногих. Наблюдениями охвачен период с 25 мая по 11 октября. В ходе проведенных исследований установлено, что в черневой тайге в районе исследований, более или менее регулярно в ловушках встречаются представители 7 групп членистоногих: сенокосцы (*Opiliones*), пауки (*Aranei*), жуки-жужелицы (*Carabidae*), жуки-стафилины (*Staphylinidae*), муравьи (*Hymenoptera*, *Formicidae*), многоножки-костянки (*Chilopoda*) и многоножки-кивьяки (*Diplopoda*).

Исследования показали, что в герпетобии черневой тайги Шорского национального парка по динамической плотности и обилию доминируют сенокосцы и жуки-жужелицы. Особенно активны жужелицы с конца мая до начала июля. Однако в отдельные годы они в массе встречаются до конца июля. В конце мая-начале июня из представителей рода *Carabus* наиболее многочисленны *Carabus aeruginosus* Fischer von Waldheim, 1822 и *Carabus schoenherri* Fischer von Waldheim, 1822. К середине лета доля первого вида в населении карабид снижается, а второго, напротив – возрастает. Более значительным становится участие в населении жужелиц таких видов как *Carabus regalis* Fischer von Waldheim, 1822 и *Carabus obovatus* Fischer von Waldheim, 1828. В июле сохраняется доминирование *Pterostichus virescens* (Gebler, 1833) и наблюдается максимум активности *Trechus secalis* (Paykull, 1790). Единичные экземпляры родов *Notiophilus* и *Pterostichus* отмечались вплоть до выпадения первого снега в начале октября.

Особенностью населения сенокосцев черневой тайги в районе исследований является их высокая активность и значительное участие в общей структуре населения членистоногих герпетобионтов с ранней весны до поздней осени. Один из доминантов – эндемичный для Алтае-Саянской горной области *Sabacon sergeidedicatum* Martens, 1989, взрослые экземпляры которого зимуют и встреча-

ются в течение всего периода активности. В начале лета основу населения сенокосцев составляют ювенильные особи *Mitopus morio* (Fabricius, 1779), а во второй половине лета и осенью – представители почвенно-подстилочного вида *Oligolophus tridens* (C.L. Koch, 1836), первые имаго которого появляются в начале августа.

Пауки-герпетобионты в черневой тайге малочисленны. Таксономическое разнообразие невелико. В населении практически не представлены характерные для лесов умеренных широт пауки-волки (Lycosidae), определяющие высокую динамическую плотность пауков в начале лета. В черневой тайге Шорского национального парка встречаются главным образом подстилочные тенетники-линифииды, максимум активности которых наблюдается во второй декаде июня. В начале лета доминируют *Leptorhoptrum robustum* (Westring, 1851), *Anguliphantes cerinus* (L. Koch, 1879), *Stemonyphantes taiganus* Tanasevitch, 2012. Первый из перечисленных видов обычен в течение всего периода активности пауков и, наряду с *Allomengea scopigera* (Grube, 1889), встречается до выпадения снега.

Сезонная динамика жуков-стафилинов на видовом уровне не изучалась. В целом для семейства она сходна с таковой у жужелиц. Самые высокие показатели динамической плотности Staphylinidae зарегистрированы во второй декаде июня (136 экземпляров на 100 ловушко-суток). Доля этих жуков в это время была близка к 15 %. В дальнейшем наблюдается снижение обоих показателей, хотя отдельные виды встречаются до выпадения снега.

Как ранее было показано для черневой тайги Салаирского края, в населении многоножек в районе исследований преобладают Diplopoda [3]. В отдельные годы динамическая плотность обеих групп многоножек может быть довольно высока. Так в июле 2015 г. динамическая плотность многоножек в целом составила 150 экземпляров на 100 ловушко-суток, в то время как в 2016 г. – лишь 24 экземпляра на 100 ловушко-суток. К осени доля этих членистоногих, как правило, возрастает, что связано со снижением активности большинства других групп (жужелиц, стафилинов, муравьев, пауков). Поздней осенью основу населения членистоногих в герпе-

ПОЧВЕННАЯ БИОТА ЛЕСНЫХ ПОЧВ

тобии составляют сенокосцы и кивсяки. На Урале сезонная динамика многоножек изучалась в 13 типах местообитаний Г.Ш. Фарзалиевой и С.Л. Есюниным [7]. Наиболее близок по условиям жизни к черневой тайге липняк крупнотравный. Однако сезонная динамика многоножек и особенности и населения оказались здесь совершенно иными. Прежде всего, следует отметить, что в липняке в течение всего периода активности доминируют не кивсяки, а костянки. Их доля колебалась от 90 до 100 %. Динамическая плотность многоножек в этом типе широколиственных лесов Урала была максимальна в период с 10 мая по 11 июня, а к октябрю обе группы многоножек в ловушках уже не встречались.

Расчет коэффициента ранговой корреляции Спирмена показал, что имеет место высокая прямая корреляция между динамической плотностью Staphylinidae и Chilopoda ($r_s = 0,867$, уровень значимости 0,05). По доле в общей структуре населения членистоногих герпетобия прямая сильная корреляция наблюдается у жуков-жужелиц и муравьев ($r_s = 0,700$, уровень значимости 0,05). Вероятно, это является результатом влияния не установленного внешнего фактора или факторов, на которые эти группы реагируют сходным образом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Снеговая Н.Ю., Чумаченко Ю.А. Сезонные изменения структуры популяций сенокосцев (Arachnida, Opiliones) в тисо-самшитовой роще Кавказского государственного природного биосферного заповедника (Россия) // Сибирский экологический журнал. 2013. № 6. С. 855–865.
2. Минец М.Л. Сезонная динамика активности жужелиц рода *Carabus* L. (Coleoptera, Carabidae) хвойных лесов Беларуси // Вестник БГУ. Биология. Серия 2, № 3. С. 71–77.
3. Бабенко А.С., Нефедьев П.С., Нефедьева Ю.С. 2009. Фауна и динамика населения двупарноногих многоножек (Diplopoda) черневой тайги Салаира // Вестник Томского государственного университета. Биология. № 319. С. 182–185.
4. Иванов С.Б., Дудко Р.Ю. Пространственно-временная организация населения жужелиц (Coleoptera, Carabidae) среднегорно-высокогорной части Северо-Восточного Алтая // Сибирский экологический журнал. 2006. Вып. 4. С. 457–467.

5. *Бабенко А.С., Нужных С.А.* Фауна и сезонная динамика активности хищных герпетобионтов ягодных насаждений экспериментального участка Сибирского ботанического сада г. Томска // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2012. Т. 19. № 3. С. 81–91.

6. *Juen A., Traugott M.* Spatial distribution of epigeaic predators in a small field in relation to season and surrounding crop // Agriculture, Ecosystems and Environment. 2004. Vol. 103, P. 613–620.

7. *Фарзалиева Г.Ш., Есюнин С.Л.* Структура и сезонная динамика населения многоножек (Chilopoda, Diplopoda) в южной тайге Пермского Предуралья // Зоологический журнал. Том. 93, № 1. С. 65–80.

СООБЩЕСТВА ПОЧВЕННЫХ РАКОВИННЫХ АМЕБ В ХВОЙНО-ШИРОКОЛИСТВЕННЫХ ЛЕСАХ ПРИМОРСКОГО КРАЯ (ДАЛЬНИЙ ВОСТОК, РОССИЯ)

Цыганов А.Н.¹, Комаров А.А.¹, Мазей Ю.А.^{1,2}

¹ Пензенский государственный университет, Пенза,
andrey.tsyganov@bk.ru;

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
Москва, *yurimazei@mail.ru*

Гетеротрофные эукариотические одноклеточные организмы (протисты) являются существенным компонентом почвенных экосистем, играя важную роль в качестве промежуточного звена в трофических цепях между бактериями и многоклеточными [1]. Одним из наиболее широко распространенных и обильных представителей гетеротрофных протистов в почве являются раковинные амёбы или тестацеи. Из-за ряда методологических сложностей структура сообществ почвенных тестацей изучена недостаточно. Цель работы – изучить сообщества почвенных раковинных амёб в некоторых хвойно-широколиственных лесах Приморского края (Дальний Восток, Россия).

Пробные площади для исследования были заложены на территории государственных природных заповедников «Уссурийский» имени В.Л. Комарова (южные отроги Сихотэ-Алиня) и «Кедровая

ПОЧВЕННАЯ БИОТА
ЛЕСНЫХ ПОЧВ

Падь» (северо-восточные отроги Восточно-Маньчжурских гор). В каждом заповеднике было выбрано по две пробных площади в хвойно-широколиственных лесах (табл.), одна из которых располагалась в лесах с преобладанием кедра, а другая – пихты. На каждой пробной площади было заложено три участка размером 3 м², на которых отобрано по три образца подстилки. Пробы отбирали с помощью почвенного бура (диаметр пробоотборника 3.2 см, длина 20 см). Всего отобрано 36 образцов.

Пробы готовили для микроскопирования по стандартной методике [2]. Видовую идентификацию и учет раковинных амёб проводили методом прямого микроскопирования суспензии в чашке Петри с помощью бинокулярного микроскопа при увеличении ×160. В каждой пробе было подсчитано и определено не менее 100 особей. Для выявления изменений в видовой структуре сообществ применяли анализ главных компонент.

Табл. Краткая характеристика пробных площадей и условные обозначения.

Район	Тип леса	Дата	Широта, °с.ш.	Долгота, °в.д.	Высота, м н.у.м.
Уссурийский заповедник (УС)	кедрово-широколиственный (КШ)	23.07.2016	43,64807	132,35153	207
	пихтово-широколиственный (ПШ)	24.07.2016	43,63671	132,34985	383
Заповедник «Кедровая Падь» (КП)	кедрово-широколиственный (КШ)	27.07.2016	43,11473	131,4872	119
	пихтово-широколиственный (ПШ)	29.07.2016	43,11586 43,11498	131,50702 131,50562	101– 124

Всего обнаружено 53 вида и подвида раковинных амёб. Число видов в образце изменялось от 9 до 26 видов (среднее арифметическое 20.1). Наиболее обильными видами были *Trinema lineare* (26 %), *Centropyxis aerophila* (11 %), *Trinema enchelys* (8 %), *Cyclopyxis eurystoma* (8 %), *Tracheleuglypha dentata* (7 %), *Euglypha rotunda* (6 %), *Plagiopyxis callida* (6 %) и *Plagiopyxis declivis* (5 %). Эти виды также характеризовались максимальной встречаемостью и были об-

наружены более чем в 90 % всех образцов. Средняя численность раковинных амёб в образце была 52.1 тыс. особей $г^{-1}$ абсолютно сухой почвы и изменялась в пределах от 0.3 до 124.6 тыс. особей $г^{-1}$. Все преобладающие виды являются почвенными или эврибионтными.

Анализ распределения численности, числа видов и видового разнообразия (рис. 1) показал, что обилие раковинных амёб выше в почвах КШ леса (65.2 тыс. особей $г^{-1}$), чем в ПШ (39.0 тыс. особей $г^{-1}$). По числу видов значительно более богатые сообщества формируются в КШ лесах заповедника «Кедровая падь», по сравнению с ПШ лесами в этом же заповеднике (22.6 и 17.4 видов, соответственно). По видовому разнообразию статистически значимых отличий не выявлено. В целом, полученные данные свидетельствуют о несколько более благоприятных условиях для формирования и развития сообществ в почвах КШ леса.

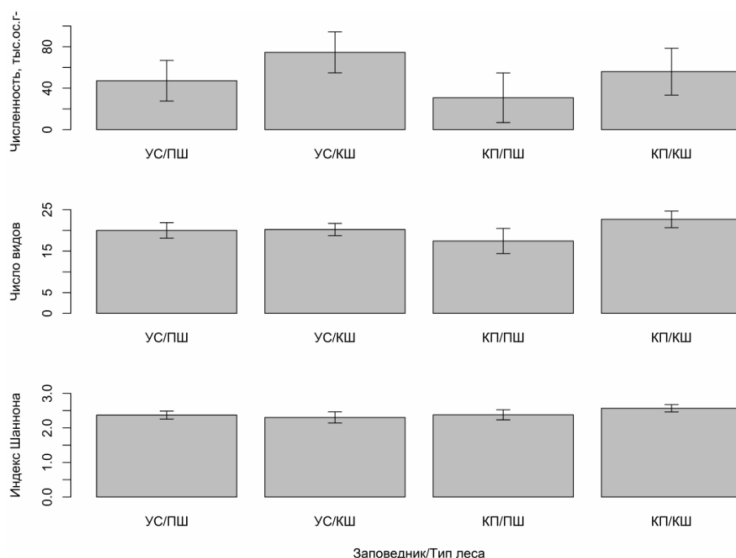


Рис. 1. Среднее арифметическое и доверительный интервал ($p = 0,05$) численности (тыс. особей $г^{-1}$), числа видов в образце и индекса Шеннона почвенных сообществ раковины амёб

ПОЧВЕННАЯ БИОТА ЛЕСНЫХ ПОЧВ

Результаты анализа главных компонент (рис. 2) свидетельствуют о формировании специфических сообществ раковинных амёб в КШ лесах в каждом заповеднике, тогда как сообщества в ПШ лесах не различаются. Последние характеризовались преобладанием типичных почвенных и эврибионтных видов *Corythion dubium*, *Pseudodiffugia gracilis*, *Plagiopyxis declivis* и *Heleopera sylvatica*. В сообществе КШ леса заповедника «Кедровая падь» преобладали *Plagiopyxis penardi*, *Centeropyxis aerophila* и *Trinema complanatum*, тогда как в том же типе леса заповедника «Уссурийский» доминировали представители рода *Euglypha* и *Centropyxis minuta*.

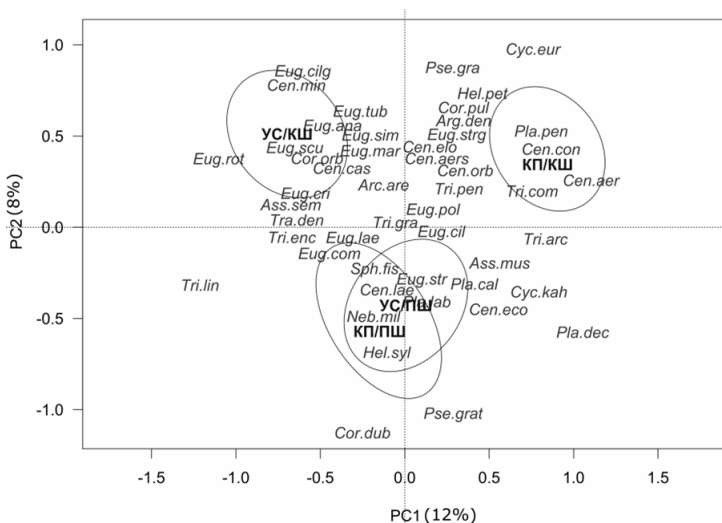


Рис. 2. Ординация почвенных сообществ раковинных амёб методом анализа главных компонент (эллипсы обозначают пробы, относящиеся к одному типу леса). Обозначения видов образованы из трех первых латинских букв родового и видового названия

Таким образом, в почвах хвойно-широколиственных лесов на заповедников «Уссурийский» и «Кедровая падь» выявлена обильная и богата фауна раковинных амёб, преимущественно

сформированная почвенными и эврибионтными видами. Почвенные сообщества раковинных амёб в КШ лесах специфичны для каждого из исследованных заповедников, тогда как сообщества в ПШ лесах однообразны.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента РФ (МД-7930.2016.4).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Bonkowski M.* Protozoa and plant growth: the microbial loop in soil revisited // *New Phytol.* 2004. Т. 162. № 3. С. 617–631.
2. *Mazei Y.A., Embulaeva E.A.* Changes in the communities of soil-dwelling testate amoebae along the forest-steppe gradient in the Middle Volga Region // *Arid Ecosyst.* 2009. Т. 37. № 1. С. 13–23.

ПОПУЛЯЦИОННАЯ ДИНАМИКА ДОЖДЕВОГО ЧЕРВЯ *APORRECTODEA CALIGINOSA* В ТЕМНОГУМУСОВЫХ ПОЧВАХ ЗАПОВЕДНИКА «КАЛУЖСКИЕ ЗАСЕКИ»

Шашков М.П.

*Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,
Пушино, max.carabus@gmail.com*

Исследование посвящено популяционной жизни массового вида дождевого червя *Aporrectodea caliginosa* (Savigny, 1826), относящегося к внутрпочвенной морфо-экологической группе [1]. В условиях района исследований этот вид имеет два хорошо выраженных периода размножения – весной (апрель-май) и осенью (сентябрь-октябрь). От выхода из кокона половой зрелости дождевые черви достигают более чем за один сезон [2].

Район исследований – уникальные старовозрастные широколиственные леса со сложной полидоминантной структурой на территории Южного участка заповедника «Калужские засеки». Популяционную динамику *A. caliginosa* изучали на двух участках дубрав, произрастающих на темногумусовых почвах с гумусовым горизонтом мощностью около 50 см. Первая пробная площадь (ПП 1) ха-

ПОЧВЕННАЯ БИОТА ЛЕСНЫХ ПОЧВ

рактируется более старым древостоем (150–250 лет) и более мощным гумусовым горизонтом – местами до 130 см, ПП 2 более молодым древостоем с участием осины.

Сборы проведены в мае 2006, июне 2011, мае, июне и сентябре 2012 г. На каждой ПП за один сбор разбирались 8 монолитов размером 25x25x35 см, в мае 2006 на ПП 2 было отобрано 16 монолитов, всего – 88 монолитов. Черви фиксировались в 4 % растворе формалина. В лабораторных условиях на фиксированном материале для каждого экземпляра определялась биомасса (на сыром материале) и онтогенетическое состояние. Всего было учтено 676 экземпляров *A. caliginosa*, 353 на ПП 1 и 323 на ПП 2.

Обычно у дождевых червей выделяется три онтогенетических стадии: ювенильное (без каких-либо признаков пояска) – juvenile (J), созревающее (с пубертатными валиками и недоразвитым пояском) – subAdultus (sAd) и половозрелое (с полностью развитым пояском) – Adultus (Ad). Тем не менее, диапазон биомасс внутри каждой онтогенетической стадии очень широкий, особенно ювенильной (по собственным наблюдениям, от 6–7 до 500–600 мг). В него могут попадать черви двух-трех поколений, например, весной это могут быть только что вышедшие из коконов особи (самые мелкие), уже перезимовавшие (среднего размера) и вышедшие прошлой весной (крупные). Поэтому каждая онтогенетическая стадия была разделена на размерные группы; выделено 4 ювенильных, 2 созревающих и 3 половозрелых [2]. Дополнительная размерная группа для ювенильных особей (< 35 мг) была добавлена для того, чтобы различить только что вышедших из коконов червей. По наличию тех или иных размерно-онтогенетических групп и соотношению их биомассы популяционные спектры можно охарактеризовать как «ювенильные» – левосторонние, «полночленные» и «половозрелые» – правосторонние

На ПП 1 весной 2006 г. наблюдался ювенильный спектр с большим числом только что вышедших из коконов и мелких ювенильных червей (предположительно вышедших из коконов осенью прошлого года), крупные половозрелые отсутствовали (возможно из-за суровой зимы 2005/06). Численность для данного биотопа была максимальной – 184 экз./м².

В июле 2011 г. на этом участке наблюдался максимум общей биомассы для всех сборов – 61.6 г/м² при полночленном спектре, в котором присутствовали не менее пяти поколений от крупных половозрелых до мелких ювенильных червей. Только что вышедшие из коконов черви встречались единично, т.к. середина лета – неблагоприятное время для размножения. В мае 2012 г. (рис.) был единственный сбор (из десяти) в котором были представлены все размерно-онтогенетические группы. По спектру можно выделить пять или даже шесть поколений, включая крупных половозрелых червей, скорее всего живущих уже третий сезон.

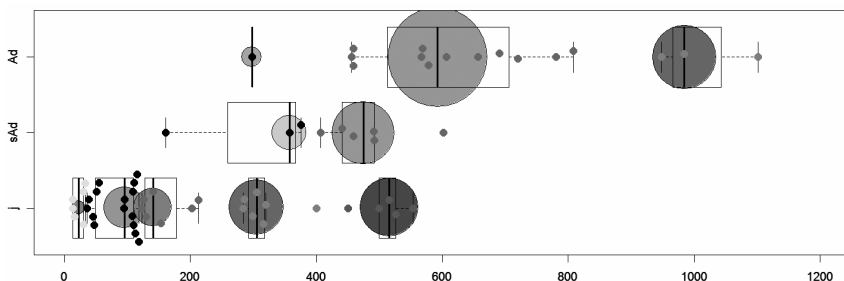


Рис. Спектр населения *A. caliginosa* в начале мая 2012 г. на ПП 1.

Размер окружности пропорционален общей биомассе размерно-онтогенетических групп, «ящичковые» диаграммы и диаграммы «ульи» отражают распределение индивидуальной биомассы в пределах каждой размерно-онтогенетических групп. По оси x – биомасса особей, мг

К концу июня спектр сдвинулся в левую сторону за счёт падения численности средних и крупных половозрелых червей и увеличения численности мелких ювенильных и только что вышедших. К сентябрю спектр стал еще более ювенильным. Притом, что биомасса в течение сезона 2012 г. снизилась, численность возросла за счёт выхода ювенильных червей.

На ПП 2 в мае 2006 г. спектр был левосторонним и показал явно выраженную картину асинхронности популяционной динами-

ПОЧВЕННАЯ БИОТА ЛЕСНЫХ ПОЧВ

ки – диапазон биомасс созревающих червей на две трети перекрывал диапазон биомасс ювенильных, т.е. ювенильные черви начинали переходить в половозрелое состояние из разных размерных групп. Общая биомасса была максимальной для данной ПП – 33.2 г/м², численность – максимальной для всех сборов – 197 экз./м² за счет большого числа мелких и среднего размера ювенильных червей. В июле 2011 г. было много половозрелых и крупных ювенильных червей, хотя спектр в целом был полночленным. Далее, в течение всего 2012 г., спектр сдвигался в сторону преобладания созревающих и половозрелых червей. Весной при правостороннем спектре наблюдался сильный разрыв между индивидуальными биомассами средних и крупных ювенильных червей, что может свидетельствовать о неблагоприятном периоде для размножения 1–1.5 г. назад. К июню спектр ювенильных восстановился, а общий спектр стал полночленным. К сентябрю произошел резкий спад общей биомассы за счет снижения численности созревающих и крупных ювенильных червей, спектр снова стал правосторонним.

На обеих ПП по первым двум сборам (май 2006 и июль 2011) спектры были схожие (ювенильный, затем полночленный), далее, при несколько разных значениях численности и общей биомассы, сборы сезона 2012 г. показали разную динамику – на ПП 1 при снижающейся общей биомассе и растущей численности спектр смещался от полночленного к ювенильному, на ПП 2 при меньшей численности и сопоставимой общей биомассе спектр колебался между правосторонним и полночленным. Обращают на себя внимание признаки асинхронности развития популяции в мае и июне 2012 г. на ПП 1, в июле 2011, мае 2012 и особенно в мае 2006 на ПП 2, что может быть признаком смены условий для популяции червей от неблагоприятных к благоприятным или наоборот. По характеру смены спектров можно предположить, что в условиях ПП 2 состояние популяции *A. caliginosa* менее благополучное, чем на ПП 1, так как численность и общая биомасса ювенильных червей часто бывала меньше, а популяционные спектры больше были сдвинуты в правую сторону.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ ЛЕСНОГО
ПОЧВОВЕДЕНИЯ, 13–17 сентября 2017

Автор выражает благодарность Б.Р. Стригановой за ценные советы в процессе выполнения исследования.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ: 15-29-02724 офи_м.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Перель Т.С.* Распространение и закономерности распределения дождевых червей фауны СССР (с определительными таблицами Lumbricidae и других Megadrili). М.: Наука, 1979. 272 с.
2. *Шашков М.П.* Популяционно-демографические подходы к изучению внутрисочвенных дождевых червей в лесах Калужской области // Лесоведение. №1. 2016. С. 55–64.

С Е К Ц И Я

**«АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ
ЛЕСНЫХ ПОЧВ»**

**ИЗМЕНЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА
СРЕДНЕТАЁЖНЫХ ЕЛОВЫХ ПОЧВ ПОД
ВОЗДЕЙСТВИЕМ АНТРОПОГЕННОГО ВЛИЯНИЯ**

Бондаренко Н.Н., Лаптева Е.М.
*Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар,
BondNikropolNik@mail.ru*

Существенным фактором, меняющим структуру и состав компонентов в природных экосистемах, является деятельность человека. Наряду с изменением растительного покрова под влиянием агро- и техногенного воздействия происходит трансформация почв. В тесной взаимосвязи с качеством и количеством поступающего органического вещества в природных экосистемах, а так же с условиями их минерализации и гумификации, нарушаемых антропогенезом, находятся строение и свойства гумусовых веществ почв. В связи с этим представляет интерес выявление закономерностей изменения почвенного органического вещества (ПОВ) в процессе сукцессионных изменений почв, детерминированных различными антропогенными воздействиями. В данной работе рассмотрены особенности изменения строения гуминовых кислот подзолистых суглинистых почв в процессе естественного лесовосстановления после проведения сплошнолесосечных рубок еловых лесов.

Исследования проводили в 2006–2010 гг. на территории Республики Коми (Усть-Куломский р-н, средняя тайга). Объектами исследования послужили почвы коренного ельника черничного (участок ПП1) и разновозрастных производных березняков, сформировавшихся после рубок главного пользования, проведенных в

зимний период 2001/2002 (ПП2) и 1969/1970 гг. (ПП 3). Подробное описание растительного покрова участков дано в работах [1, 2, 5]. Почвенный покров участков представлен типичными подзолистыми текстурно-дифференцированными почвами, сформированными на крупнопылеватых покровных суглинках [5].

Для характеристики состава и структуры гумусовых кислот использовали верхние горизонты почв – торфяно-подстилочные (О) и элювиальные (ЕL и ЕLhg) горизонты. Гумусовые кислоты экстрагировали из образцов почв 0,1 М раствором $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ в 0,1 М растворе NaOH (рН 13). Разделение и очистку препаратов гуминовых (ГК) и фульвокислот (ФК) проводили в соответствии с [4]. Элементный состав в ГК определяли на CHNS-О-элементном анализаторе EA 1110 (Италия), аминокислотный состав их гидролизатов (6 М HCl) – на аминокислотном анализаторе ААА Т339 (Microtechna Praha) [3]. Спектры ^{13}C -ЯМР регистрировали на спектрометре DRX-500 фирмы Bruker на частоте 125,76 МГц после растворения препаратов в $\text{NaOH/D}_2\text{O}$.

Известно, что на вырубках еловых лесов в условиях средней тайги формируются вторичные листовые насаждения из березы и осины. На первых этапах послерубочной сукцессии происходит временное переувлажнение подзолистых почв [5], меняется их термический режим [2], а также качественный и количественный состав растительного опада [1]. Это должно оказывать соответствующее влияние на изменение процессов синтеза и деструкции органических веществ и, соответственно, определенным образом отражаться на составе и структуре гумусовых кислот. Как показали проведенные нами исследования, препараты ГК, выделенные из почв хронологического ряда вырубков, содержат углерода 50,96–56,58 %, азота 2,80–4,76 %, водорода 4,06–5,71 %, кислорода 33,37–39,61%. В ГК почв вырубков в 1,3–1,7 раза возрастает доля азота по сравнению с почвой контрольного участка (ПП-1). Отмеченные также для этих препаратов более высокие отношения N:C свидетельствуют об относительном возрастании в структуре макромолекул ГК доли алифатических структур. Последнее косвенно подтверждает и более высокое (в

АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

4,5–4,8 раза) суммарное содержание аминокислот (АК) в гидролизатах препаратов ГК из почв вырубок. Установлено, что в ГК, выделенных из органогенных горизонтов почв вырубок, повышается доля нейтральных неполярных (пролин, фенилаланин) и полярных (серин, триозин) АК, подзолистых (элювиальных) горизонтов – основных (гистидин, лизин, аргинин), а также нейтральной неполярной (пролин) и полярной (триозин) АК. Для остальных АК отмечено возрастание их содержания в ГК почвы молодой вырубки (ПП-2) и последующее их снижение – по мере восстановления древостоя (ПП-3).

Анализ ^{13}C -ЯМР-спектров показал, что ГК, выделенные из органогенных и минеральных горизонтов почв, существенно отличаются друг от друга по структуре. Все исследованные препараты ГК, выделенные из органогенных горизонтов близки друг к другу по содержанию доли алифатических и циклических групп. Некоторое возрастание доли алифатических фрагментов отмечено только в препаратах ГК молодой вырубки, что подтверждает результаты элементного и аминокислотного состава, свидетельствующие об упрощении строения макромолекул ГК на данном этапе сукцессионных изменений. Препараты ГК, выделенные из минеральных горизонтов, более существенно различаются по содержанию структурных компонентов, что может быть связано с более резкими изменениями гидротермического режима, окислительно-восстановительных условий, условий аэрации и состава мигрирующих по профилю низкомолекулярных компонентов, определяющих функционирование микробиоты, принимающей участие в трансформации периферической части макромолекул ГК и ФК. Отмечено, что по мере естественного восстановления древесной растительности на вырубках происходит возрастание доли ароматических фрагментов в структуре ГК, а так же молекулярных фрагментов, в состав которых входят кислородсодержащие группы.

Работа выполнена при финансовой поддержке Комплексной программы УрО РАН № 15-12-4-45 «Функционирование и эволюция экосистем криолитозоны европейского северо-востока России в условиях антропогенных воздействий и изменения климата» (Гр.11512151006).

ЛИТЕРАТУРА

1. Дымов А.А., Бобкова К.С., Тужилкина В.В., Ракина Д.А. Растительный опад в коренном ельнике и лиственнично-хвойных насаждениях // Лесной журнал. 2012. № 3. С. 7–18.
2. Дымов А.А., Старцев В.В. Изменение температурного режима подзолистых почв в процессе естественного лесовозобновления после сплошнолесосечных рубок // Почвоведение. 2016. № 5. С. 599–608.
3. Лаптева Е. М., Бондаренко Н.Н. Изменение гумусного состояния среднетаёжных подзолистых почв под влиянием сплошнолесосечных рубок // Теоретическая и прикладная экология. 2015. № 1. С. 34–43.
4. Орлов Д.С., Гришина Л.А. Практикум по химии гумуса. М.: Изд-во МГУ, 1981. 272 с.
5. Путеводитель научной почвенной экскурсии. Подзолистые суглинистые почвы разновозрастных вырубков (подзона средней тайги). Сыктывкар, 2007. 84 с.

**АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ПОЧВ
ЛИСТВЕННИЧНЫХ ЛЕСОВ ГОР ЮГА СИБИРИ**

Валевич Т.О., Мерзляков О.Э.

*Национальный исследовательский Томский Государственный
Университет, Томск, tvalevitch@gmail.com, molege@mail.ru*

Таёжный пояс горных систем Юга Сибири является самым обширным по площади поясом высотной зональности. Особенное место занимают лиственничные леса, которые простираются на большие площади, хотя произрастают отдельными массивами повсеместно. Почвозащитная роль лесов, которую отмечали и исследовали многие учёные [3, 6–8], заключается в свойстве леса скреплять корнями рыхлый почвообразующий слой, образовывать подстилку, формировать ярусность насаждения, ослабляя поверхностный сток, способствуя переводу его во внутренний. Это имеет большое противоэрозионное значение особенно в горных условиях.

АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

В результате производственной деятельности человека, усилении эксплуатации природных ресурсов лесные экосистемы серьёзно пострадали. Вследствие активного использования природы происходит перестройка всех компонентов биосферы и ее преобразование, что может привести к необратимым последствиям.

Как указывали многие авторы [3, 5–7, 9], вырубка лесов приводит к изменению растительности, наращению почвенного покрова, способствует развитию эрозионных процессов, уменьшению содержания гумуса. В горах в условиях гумидного климата и рассечённого рельефа сведение леса может приводит к полной деградации почв, как результата уничтожения лесной подстилки, обесструктурирования, уплотнения, смыва и т.д. Происходит формирование антропогенно-нарушенных ландшафтов, которые в свою очередь отличаются от природных лесов.

Цель данной работы – проследить изменение лесорастительных свойств почв в антропогенно-нарушенных лиственных лесах Кузнецкого Алатау.

Объектами исследования выступили горные лесные черноземовидные среднесуглинистые почвы восточного и западного макросклона Кузнецкого Алатау, развитые под лиственными лесами в месте проведения сплошных рубок и на естественных местообитаниях лиственницы.

Во время полевого периода образцы почв отбирались из генетических горизонтов в соответствии с общепринятой методикой. Для выявления свойств исследуемых почв в отобранных образцах были определены физические и физико-химические свойства почв согласно наиболее часто используемым методикам [1, 2, 5].

Сплошные рубки оказывают такое же влияние на лесорастительные свойства почв: изменяется водно-воздушный режим, агрегатный, микроагрегатный состав, водопроницаемость, плотность и т.д. Как было отмечено Р.П. Титараевым [8], изменения свойств почв на вырубках затрагивают преимущественно верхние горизонты, на восстановление исходных свойств которых потребуется 100 и более лет. Наиболее интенсивно почвообразовательные процессы изменяются в первые несколько лет после вырубки.

При антропогенной дигрессии горных лесов (под влиянием рубок, тракторной трелевки, рекреационных нагрузок) эрозию во многом определяют водно-физические характеристики почв, важнейшей из которых является плотность. От нее зависят порозность, сцепление между частицами и агрегатами почвы. Порозность связана с водопроницаемостью (интенсивностью впитывания воды) почв, сцепление – с допустимой (неразмывающей) донной скоростью течения потоков, характеризующей эрозию.

Почвы под пологом леса и на вырубке существенно различаются по плотности. В почвах на вырубке наблюдается увеличение объемной массы, по-видимому, вследствие уменьшения разрыхляющего действия древесных корней и обильного зарастания верхних горизонтов травянистой растительностью в результате рубки, а также заиливания дождевыми водами. Значения плотности верхних горизонтов колеблется в пределах 0,7–1 г/см³, в то время как происходит уплотнение нижних горизонтов – 1,4–1,7 г/см³.

Чернозёмовидные типичные карбонатосодержащие почвы широко распространены в поясе светлохвойных лиственничных лесов восточного склона Кузнецкого Алатау [4]. Генетической особенностью данных почв служит интенсивное биогенное накопление оснований вместе с органическим веществом в условиях сухого «антициклонального» климатического режима и при наличии пород, богатых основаниями.

Сплошная лесная вырубка, а, следовательно, смена растений-эндификаторов и увеличение температурного режима почв, оказали непосредственное влияние на органическое вещество почв. Содержание гумуса фоновых почв колеблется в пределе 10–11% [7], однако в почвах под сплошными рубками его значение выросло 1,3 – 1,8 раз до 13–24 % за счёт высокой скорости и интенсивности процесса гумификации и низкой степени минерализации, что также подтверждается высокими значениями потери при прокаливании в горизонтах А – 48 %.

АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

По классификации оценки деградации почв на основе интегрального эколого-биологического показателя, составленной К.Ш. Казевым с соавторами [5], можно сказать, что чернозёмовидные почвы Кузнецкого Алатау средне подвержены деградации.

Выявленные нами изменения экологических свойств почв: увеличение содержания гумуса, емкости катионного поглощения, снижение кислотности почвенного раствора, уплотнение верхних горизонтов приводят к остепнению, вследствие чего может произойти сдвиг границ зон и высотных поясов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Аринушкина Е.В.* Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во МГУ, 1961. 492 с.
2. *Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А.* Методы определения физических свойств почв и грунтов. М.: Высш.шк., 1961. 345 с.
3. *Ивонин В.М., Перфильев О.В., Воскобойникова И.В.* О влиянии плотности почв на эрозию при антропогенной дигрессии горных лесов // ИВУЗ. Лесной журнал. 2006. № 5. С. 15–22.
4. *Ильиных Н.И.* Почвы Кузнецкого Алатау. Красноярск, 1970. 159 с.
5. *Казеев К.Ш., Колесников С.И., Вальков В.Ф.* Биологическая диагностика и индикация почв: методология и методы исследования. Ростов н/Д: Изд-во РГУ. 2003. 216 с.
6. *Казеев К.Ш., Тер-Мисакянц Т.А., Кузнецова Ю.С., Поляков А.И., Кутузова И.В., Мазанко М.С., Прудникова М.А.* Влияние вырубки леса на биологические свойства горных почв Западного Кавказа // Научный журнал КубГАУ. 2012. № 82(08).
7. *Краснощеков Ю.Н., Сорокин Н.Д.* Почвенно-экологические изменения на вырубках и гарях Восточного Хэнтя (МНР) // Почвоведение. 1988. № 1. С. 117 – 127.
8. *Мерзляков О.Э.* Почвы лиственных лесов лесостепного и среднегорного пояса Кузнецкого Алатау на примере Ширинского района республики Хакасия // Вестник КрасГАУ. 2012. № 11. С. 60–64.
9. *Титарев Р.П.* Особенности восстановления почвенных свойств и растительности на сплошных вырубках в подзоне южной тайги, Москва, МГУ. 2009. 27 с.

ИЗМЕНЕНИЕ СОСТАВА ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ПОЧВ, СФОРМИРОВАВШИХСЯ НА КОРЕННЫХ ПОРОДАХ, В РЕЗУЛЬТАТЕ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Вдовиченко В.А., Бахмет О.Н.

*ИЛ КарНЦ РАН, Петрозаводск, veronikavdovichenko@gmail.com,
obahmet@mail.ru*

К настоящему времени установлено, что скорость и механизмы разложения органического вещества в профиле почвы зависят от климатических условий среды, структуры фитоценоза, деятельности почвенной биоты и химического состава поступающего опада [1]. Состав растительных остатков древесных пород представлен как неспецифическими веществами (целлюлозой, гемицеллюлозами, лигнином и дубильными веществами), так и образующимися из них в процессе трансформации специфическими гумусовыми кислотами. Особый интерес для исследования представляют целлюлоза и лигнин, поскольку они являются компонентами, обладающими относительной устойчивостью к разложению, и основными источниками гумусообразования [2]. Распределение гумусовых кислот в почвенной толще позволяет оценить специфику процесса гумификации.

Актуальность исследования обусловлена необходимостью изучения закономерностей изменения количественного и качественного состава органического вещества в лесной подстилке и распределения продуктов его разложения в почвенном профиле для прогнозирования продолжительности восстановления почв после антропогенного воздействия. Целью данного исследования стало изучение биохимического состава органического вещества в почвах, сформировавшихся на коренных породах, после проведения сплошных рубок древостоев.

Объектами исследования являлись почвы сплошных вырубков в сосняках черничных средней тайги Республики Карелия, представленные хронорядом: свежей, 3, 9, 20 и 40-летней вырубков. В каче-

АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

стве контроля был выбрано 120-летний сосняк черничный. Почвы всех пробных площадей представляли собой подбуры, формирующиеся на элювии коренных горных пород. В отобранных почвенных образцах определяли общее содержание углерода (методом Тюрина) и азота (методом Кьельдаля), в органогенных горизонтах содержание целлюлозы (методом Крюшнера и Хоффера) и лигнина (методом Класона в модификации Комарова), в минеральных – фракционно-групповой состав гумуса (по И.В. Тюрину в модификации В.В. Пономаревой и Т.А. Плотниковой).

Анализ данных показал, что соотношение C/N в верхней части лесной подстилки (OL) контрольного участка равно 27, а в нижней части (OF+OH) – 30. Среднее содержание лигнина и целлюлозы в подгоризонте OL составляет 13,9 % и 39,8 %, в подгоризонте OF+OH – 13,4 и 42,5, соответственно. Полученные данные позволяют сделать вывод, что процесс гумификации растительных остатков в лесной подстилке протекает замедленно. По данным анализа фракционно-группового состава органического вещества почв выявлено преобладание гуминовых кислот над фульвокислотами с тенденцией к уменьшению отношения $C_{ГК}:C_{ФК}$ вниз по профилю. Установлено, что в корнеобитаемом слое (0–30 см) гумус характеризуется гуматно-фульватным типом с отношением $C_{ГК}:C_{ФК}$ равным 0,6–0,9 и преобладанием «подвижных» фракции гумуса (фракция ГК-1, ФК-1а и ФК-1).

После проведения лесозаготовительных работ на свежей вырубке отношение C/N в органогенном горизонте остается неизменным относительно контроля и не превышает 30. Несколько увеличивается содержание целлюлозы (15,9 %) и уменьшается содержание лигнина (33,4 %). В целом, для свежей вырубки характерно сохранения невысокой скорости гумификации растительного опада. В почвенном профиле наблюдается увеличение содержания фульвокислот и сужение отношения $C_{ГК}:C_{ФК} < 0,5$, таким образом происходит изменение типа гумуса на фульватный.

В органогенных горизонтах вырубок 3 и 9 лет содержится минимальное количество лигнина (23,8 и 27,3 %) и целлюлозы (7,3 и 9,9 %, соответственно) среди почв пробных площадей, отношение

C/N находится в пределах 20–25. Это объясняется изменением компонентного состава подстилок, в котором увеличивается доля травянистых остатков и листовенного опада. Полученные данные позволяют сделать вывод, что интенсивность гумификации в органических горизонтах на этих участках значительно выше, чем на контроле. Заращение вырубок травяной растительностью способствовало более интенсивной трансформации органического вещества, в результате которой на вырубках образовался гумусовый горизонт А, характеризующиеся фульватно-гуматным типом гумуса ($C_{ГК}:C_{ФК} > 1$), а спустя 9 лет после проведения рубки древостоя – горизонт А1А2 с гуматно-фульватным типом гумуса ($C_{ГК}:C_{ФК} = 0,9$). Минеральные горизонты в пределах корнеобитаемого слоя характеризуются фульватным типом гумуса.

Отношение C/N в лесных подстилках вырубок 20 и 40 лет находится в пределах 20–25. По данным изучения состава органического вещества наблюдается увеличение содержания целлюлозы и лигнина (11,3 и 13,5, 29,4 и 36,5 %, соответственно), т.е. с увеличением периода после проведения рубки древостоя происходит снижение интенсивности гумификации растительного опада, и спустя 40 лет показатели практически достигают значений контроля. Данные фракционно-группового состава органического вещества почв позволяют сделать вывод, что гумусовые горизонты с чертами оподзоливания (А1А2) характеризуются фульватно-гуматным типом ($C_{ГК} : C_{ФК} > 1$), а в минеральных горизонтах наблюдается тенденция снижения $C_{ГК} : C_{ФК}$ вниз по профилю, где гумус охарактеризован как фульватного типа ($C_{ГК} : C_{ФК} < 0,5$).

ГЗ (0220-2014-0008)

ЛИТЕРАТУРА

1. Федорец Н.Г., Бахмет О.Н. Экологические особенности трансформации соединений углерода и азота в лесных почвах: монография. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2003. 240 с.
2. Berg B., Ekbohm G., McClaugherty C. Lignin and holocellulose relations during long-term decomposition of some forest litters. Long-term decomposition in Scots pine forest. IV. // Can. J. of Bot. 1984. V. 62(12). P. 2540–2550.

АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ
ЛЕСНЫХ ПОЧВ

**ТРАНСФОРМАЦИЯ ЛЕСНЫХ ПОЧВ
В РЕЗУЛЬТАТЕ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ**

Гордеева Т.Х., Малюта О.В., Таланцев В.И.

Поволжский государственный технологический университет, Йошкар-Ола, gordeevath@volgatech.net

Добыча минеральных ресурсов растет год от года. Быстрый рост масштабов недропользования приводит к образованию нарушенных ландшафтов, требующих восстановления. Однако для проведения эффективной рекультивации необходимы сведения о степени нарушенности и деградации территорий.

Полевые исследования проводились в Куярском лесничестве Республики Марий Эл. Экспериментальный участок был заложен на территории песчаного карьера, подлежащего рекультивации.

Для оценки изменения свойств почв был изучен почвенный и растительный покров естественных прилегающих к карьере территорий (целинные почвы: ПП1, ПП2) и территория песчаного карьера (ПП3).

Лабораторные исследования проводили с использованием оборудования Центра коллективного пользования «Экология, биотехнология и процессы получения экологически чистых энергоносителей» ПГТУ. Отбор и подготовку проб проводили согласно ГОСТ [2]. Целлюлозоразрушающую и протеолитическую активность почвы определяли в полевых условиях аппликационным методом, аммонифицирующую активность оценивали в лабораторных условиях в соответствии с методикой Т. В. Аристовской [1]. Учет численности эколого-трофических групп микроорганизмов проводили методом посева на селективные питательные среды, общую микробную биомассу – методом регидратации [5]. Биотестирование выполнялось с использованием семян редиса [3]. Химические исследования (атомно-абсорбционный метод) проводили согласно стандарту ИСО 11047 и методики ФГУ «ФЦАО», на атомно-абсорбционном спектрометре «АAnalit-400» [4].

Статистическую обработку полученных данных проводили с использованием пакета программ Statistica 6.0.

На момент закладки экспериментального участка живой напочвенный покров на исследуемых территориях уже существенно различался – в растительном покрове песчаного карьера преобладали луговые виды растений.

ПП1 – естественная территория, прилегающая к песчаному карьере, вершина дюны: состав древостоя – сосна обыкновенная; формула древостоя: 10С; возраст деревьев 65 лет, полнота 0,7, высота 20 м; подрост – единично сосна обыкновенная; подлесок – рябина обыкновенная, можжевельник обыкновенный; живой напочвенный покров – лишайники, мхи, ландыш майский, злаки;

ПП2 – естественная территория, прилегающая к песчаному карьере, междюнное понижение. В состав древостоя входят следующие породы: сосна обыкновенная, береза повислая; формула древостоя: 4С 6Б, возраст деревьев 55 лет, полнота 0,6, высота 20 м; подрост – сосна обыкновенная, береза повислая; живой напочвенный покров – плаун булавовидный, осоки, брусника, зеленые мхи;

ПП3 – песчаный карьер: живой напочвенный покров – вейник наземный, тонконог гребенчатый, клевер ползучий, иван-чай узколистный, смолевка обыкновенная, донник белый, лапчатка прямостоячая, щавель малый, зверобой продырявленный, смолка обыкновенная, осока песчаная.

Агрохимические исследования показали, что почвы естественных биоценозов характеризуются очень низким содержанием гумуса в верхнем минеральном горизонте (не более 1,9 %) и сильноокислой реакцией среды ($pH < 4,5$) во всем профиле почвы. Содержание подвижного фосфора очень низкое во всех почвенных горизонтах (0,5–1,8 мг/100 г), за исключением органических и органоминеральных горизонтов, где его содержание очень высокое – 31,3 мг/100 г. Аналогичным образом распределено по почвенному профилю и содержание обменного калия: в минеральных горизонтах его содержание очень низкое (0,8–1,2 мг/100), а в органогенных – очень высокое – 80–139 мг/100 г. В песчаном карьере количество гумуса в верхнем наносном слое ниже, чем в целинных почвах и составляет 0,72 %, реакция среды сильноокислая, обеспеченность подвижным фосфором и обменным калием оценивается как низкая – 1,2 мг/100 г и

АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

1,7 мг/100 г, соответственно. По плотности сложения почвы целинные и песчаного карьера так же различаются между собой. Наибольшие различия наблюдаются на глубине 10 см, где плотность сложения почвы в карьере в 1,7 раз выше, чем в целинных почвах.

Анализ содержания тяжелых металлов в почвах объектов исследования выявило отсутствие превышения допустимых уровней, но в лесной почве их концентрация выше, чем в почве песчаного карьера. Вероятно, это связано с тем, что в карьере был снят наиболее загрязненный поверхностный слой почвы.

Биотестирование, выполненное с использованием семян редиса, показало отсутствие токсичности в почвенных вытяжках как с естественных территорий (ИТФ=1,0), так и песчаного карьера (ИТФ = 0,98).

Определение биологической активности почвы на объектах исследования выявило отсутствие достоверных различий по таким параметрам, как аммонифицирующая и протеазная активность и усиление процессов трансформации сложных органических веществ в почве песчаного карьера по сравнению с естественной территорией.

Изменения физических и агрохимических свойств антропогенно трансформированной почвы отражаются на структуре микробного сообщества. Результаты изучения количественного, трофического и таксономического состава прокариот и мицелиальных организмов показали, что в почве песчаного карьера преобладает олиготрофная группировка микроорганизмов, снижена численность аэробных целлюлозоразрушающих бактерий и мицелиальных грибов. Увеличение коэффициентов педотрофности и олиготрофности при одинаковом значении показателя минерализации органических веществ в почве свидетельствует об активности процессов, связанных с утилизацией гумуса и гумусосодержащих соединений.

Использование показателей и критериев деградации почв [6] позволило сделать вывод о степени трансформации объекта исследований – песчаного карьера: физические и химические параметры свидетельствуют о четвертой степени деградации почвы, в то время как биологические параметры (общая численность микроорганизмов) – мало отличаются от показателей почвы с естественной территории. Уровень активной микробной биомассы практически одинаков.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ ЛЕСНОГО
ПОЧВОВЕДЕНИЯ, 13–17 сентября 2017

Таким образом, физические и агрохимические показатели почвы песчаного карьера свидетельствуют о более низком содержании питательных веществ (калий, фосфор) и гумуса, большей плотностью сложения и более низким содержанием тяжелых металлов по сравнению с почвой естественной территории. В почвенном микробном ценозе карьера преобладает олиготрофная микрофлора, что свидетельствует об обеднении почвы питательными веществами и усилении процессов трансформации органического вещества.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Аристовская Т.В., Чугунова М.В.* Экспресс-метод определения биологической активности почвы // Почвоведение. 1989. № 11. С.142–147.
2. ГОСТ 28168-89. Почвы. Отбор почв. М., 1989.
3. *Малюта О.В., Григорьева А.Р.* Экологический мониторинг: метод. указания. Йошкар-Ола, 2011. 125 с.
4. Методика выполнения измерений валового содержания меди, кадмия, цинка, свинца, никеля, марганца, кобальта, хрома методом атомно-абсорбционной спектрометрии. М.: Изд. ФГУ «ФЦАО», 2007. Экз. 04889. 20 с.
5. Методы почвенной микробиологии и биохимии / под ред. Д. Г. Звягинцева. М., 1991. 304 с.
6. *Титова Т.В., Дабахова Е.В., Дабахов М.В.* Рекомендации по оценке экологического состояния почв как компонента окружающей среды. Н. Новгород, 2004. 68 с.

**ВЛИЯНИЕ ПРОКЛАДКИ ПОДЗЕМНЫХ ИНЖЕНЕРНЫХ
КОММУНИКАЦИЙ НА ЛЕСНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ**

Гордиенко Т.А.¹, Вавилов Д.Н.¹, Суходольская Р.А.¹, Лукьянова Ю.А.²

¹ *Институт проблем экологии и недропользования АН РТ, Казань,
t_a_gordienko2015@mail.ru;*

² *Национальный парк «Нижняя Кама», Елабуга, julia-luk@inbox.ru*

Антропогенная деятельность приводит к созданию модифицированных человеком ландшафтов, которые влияют на биоразнообразие и структуру природных экосистем. Прокладывание нефте-

АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

проводов и других подземных инженерных коммуникаций, как правило, сопровождается полным разрушением почвенного, а вместе с ним растительного слоя и животного компонента экосистемы. На восстановление нарушенных природных участков до исходного состояния уходят годы и десятилетия.

Для оценки антропогенного влияния используют почвенных и наземных беспозвоночных [1–2, 4, 8–9, 11–13], чутко реагирующих на изменения в среде.

Целью данной работы было изучение фауны и населения сообщества почвенных беспозвоночных, проведение мониторинга на нарушенных и естественных участках национального парка «Нижняя Кама».

Исследования проводили в лесных естественных фитоценозах и в местах прокладки трубопроводов на территории Национального парка «Нижняя Кама» в мае и августе 2016 г.: в сосняке зеленомошном кв. 131–133 «Боровецкого леса» и рудерально-редкотравном лугу вдоль него, по которому проложен нефтепровод «Киенгоп–Набережные Челны» («Нефтепровод»); в осиннике неморально-травном кв. 19, 34, 36, 53 и рядом расположенном зарастающем древесно-кустарниковой растительностью суходольном лугу, где проложен водовод «Белоус – Набережные Челны» («Водовод»). Смена труб нефтепровода была проведена в мае 2016 г., трубы водовода проложены более 15 лет назад.

В ландшафтном физико-географическом плане исследованные участки расположены в лесостепной провинции Высокого Заволжья [7, 10] или Высокого Закамья [5].

Учеты численности беспозвоночных вели стандартными почвенно-зоологическими методами [6]. Взято 200 почвенных проб на площадках 0,0625 м² и глубиной 0–15 см. Отловлено 1191 особь педобионтов. Обработку данных проводили в ПП Excel и Statistica-7. Результаты учетов проанализированы в описательной статистике, проведен многомерный анализ данных (анализ главных компонент, дискриминантный анализ).

Результаты показали, что фауна и население почвенных беспозвоночных мезофауны чутко реагирует на нарушение почвен-

ного покрова. При трансформации поверхностного слоя почвы снижается обилие педобионтов в 1,9 и 16,2 раза (325 особей/м² в осиннике против 171 особей/м² на водоводе; 161,6 особей/м² в сосняке против 10 особей/м² на нефтепроводе), меняется соотношение доминирующих таксонов, возрастает роль насекомых фитофагов (от 1,8–3,2 % в контрольных участках до 15,8–32 % в нарушенных). Уменьшается значение сапрофагов дождевых червей (соответственно от 28 % в сосняке и 56 % в осиннике до 16 % на нефтепроводе и 36,8 % на водоводе) и хищных многоножек костянок, землянок (от 24–28,5 % до 8–12,9 %). Среди насекомых возрастает доля жуков-щелкунов на нарушенном участке нефтепровода (в сосняке 10,6 %, на нефтепроводе – 24 %), в осиннике и на водоводе их роль примерно одинаковая (соответственно 10,2 % и 8,8 %).

Один из показателей состояния экосистемы – соотношение численности основных трофических групп почвенной мезофауны. В естественных ненарушенных биоценозах доля сапрофагов достигает 60–70 % от суммарной численности [3, 5]. В нашем исследовании доля сапрофагов в нарушенных биогеоценозах не превышала 42 % (28–42,1 % соответственно на нефтепроводе и водоводе), а в лесных естественных биотопах составляла 32,2–56,3 % (соответственно в сосняке и осиннике). Таким образом, трансформированные участки отличаются от контрольных естественных биоценозов увеличением роли растительноядной группы фитофагов и уменьшением сапрофагов, питающихся отмершей органикой.

Многомерный анализ полученных данных подтвердил статистически значимые различия нарушенных биоценозов от естественных.

Таким образом, структура и население педобионтов претерпевают существенные статистически значимые изменения под действием антропогенного фактора на территории национального парка «Нижняя Кама». Однако со временем почвенная фауна восстанавливается (на примере водовода), различия становятся значительно меньше, но количественные показатели обилия остаются статистически значимо различными.

АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ
ЛЕСНЫХ ПОЧВ

ЛИТЕРАТУРА

1. Александрова А.Б., Гордиенко Т.А., Вавилов Д.Н., Маланин В.В., Валиев В.С., Иванов Д.В. Микроэлементный состав почв и структурная организация сообществ мезофауны в заказнике ландшафтного типа // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, том 17, № 6, 2015. С. 278–284.
2. Воробейчик Е.Л., Ермаков А.И., Тунева Т.К., Золотарев М.П. Изменение разнообразия почвенной мезофауны в градиенте промышленного загрязнения // Russian entomological journal. 2012. V. 21, № 2. P. 203–218.
3. Воробейчик Е.Л., Садыков О.Ф., Фарафонов М.Г. Экологическое нормирование техногенных загрязнений наземных экосистем (локальный уровень). Екатеринбург: УИФ «Наука», 1994. 281 с.
4. Емец В.М. Пространственно-временная динамика разнообразия животного населения почв на рекреационно используемых и заповедных лесных территориях: (на примере крупных почвенных беспозвоночных Усманского бора). М-во природ. ресурсов РФ, Воронеж. Гос. Биосфер. Природ. Заповедник. Воронеж: [Воронеж. Гос. Ун-т], 2002. 151 с.
5. Кадастр сообществ почвообитающих беспозвоночных (мезофауна) естественных экосистем Республики Татарстан / Под редакцией Р.М. Сабирова. Казань: Казан. фед. ун-т, 2014. 308 с.
6. Количественные методы в почвенной зоологии / Ю.Б. Бызова, М.С., Гиляров, В. Дунгер, А.А. Захаров, Л.С. Козловская, Г.А. Корганова, Г.П. Мазанцева, В.П. Мелецис, И. Прассе, Ю.Г. Пузаченко, Л.Б. Рыбалов, Б.Р. Стриганова. М.: Наука, 1987. 288 с.
7. Мильков Ф.Н. Среднее Поволжье: физико-географическое описание. М.: Изд. АН СССР, 1953. 255 с.
8. Пухачев А.П., Изотова Т.Е., Шафигуллина С.М., Жеребцов А.К., Сапаев Е.А., Капитов В.Д. К изучению энтомофауны и противоэрозионных лесонасаждений овражно-балочных систем кп. «Чулпан» Высокогорского района // Защита растений и охрана природы в Татарстане. Вып. 6-й. Казань: Из-во «Матбугат йорты», 2000. С. 168–172.
9. Стриганова Б.Р., Емец В.М. Закономерности пространственно-временной динамики разнообразия почвенной мезофауны (на примере жуков-щелкунов Elateridae, Coleoptera) // Изв. РАН. Сер. биол. 1998 № 6. С. 717–724.
10. Ступишин В.М. Физико-географическое районирование Среднего Поволжья. Казань. КГУ, 1964. 194 с.
11. Gurov A. V., Gurova N. N., Pet'ko V. M. Assemblages of terrestrial arthropods under the technogenic impact of Norilsk industrial complex // Contemporary Problems of Ecology. 2014. V. 7. №. 6. P. 701–707.

12. *McIntyre N.E.* Ecology of urban arthropods: a review and a call to action // *Annals of the Entomological Society of America*. 2000. V. 93. P. 825–835.

13. *McIntyre N.E., Rango J., Fagan W.F., Faeth S.H.* Ground arthropod community structure in a heterogeneous urban environment // *Landscape Urban Planning*. 2001. V. 52. P. 257–274.

**ДИНАМИКА ПОЧВЕННО-РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА
НА УЧАСТКАХ ЛЕСНОЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ
МЕСТОРОЖДЕНИЯ ФОСФОРИТОВ
(ПО «ФОСФОРИТ», КИНГИСЕПП)**

Дмитракова Я.А., Абакумов Е.В.
СПбГУ, Санкт-Петербург, janamja@rambler.ru

Мировая статистика свидетельствует о продолжающемся сокращении площади лесных угодий. Одной из причин данного явления является разработка полезных ископаемых, влекущая за собой полное уничтожение почвенно-растительного покрова. Хорошим примером являются карьеры по добыче строительных материалов. Территория Северо-Западного региона характеризуется высоким уровнем разнообразия четвертичных отложений, а также крупными дочетвертичными формами рельефа. Все это является предпосылкой для увеличения антропогенного воздействия, здесь добываются торфа, туфы, строительные и стекольные пески, озерные и моренные глины, фосфориты, известняки, кембрийские глины, граниты и мраморы. Карьеры строительных материалов, расположенные на территории Северо-Западного региона, сильно отличаются по ландшафтным и геоморфологическим параметрам, и как следствие, по набору и сложности мероприятий, необходимых для рекультивации нарушенных земель. От состава и типа вскрышных пород зависит характер биологического и горнотехнического этапов рекультивации, часто ситуация осложняется тем, что на поверхности оказываются породы нетипичные для нынешних условий. Кроме того, сложный

АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

рельеф отвалов требует значительных объемов планировочных работ, бедность субстрата элементами питания, часто не благоприятный механический состав и водно-физические свойства пород являются дополнительными препятствиями для восстановления посттехногенных участков. Выбор направления рекультивации часто зависит от самого объекта, однако если рассматривать затраты на сельскохозяйственное направление и планируемый доход с данных площадей, то становится очевидно, что это экономически не выгодно [2]. Поэтому в данном регионе лесная рекультивация является приоритетным направлением восстановления земель. В связи с этим, необходимо выяснить закономерности хода первичной сукцессии на карьере. Использование полученных данных поможет в научном обосновании необходимости проведения рекультивации на нарушенных территориях.

Исследование проводили на Кингисеппском месторождении фосфоритов, расположенном в западной части Ленинградской области. Мониторинговые площадки, заложенные Е.В. Абакумовым и Э.И. Гагаринов в 1998 г. [1], приурочены к разновозрастным отвалам карьера № 3 ПО «Фосфорит». Исследования начального (рецентного) почвообразования проводили на 3 площадках мониторинговых площадках, в 1998, 2004 и 2014 г. Пробы отбирались с трех стационарных участков площадью 20x40 м. На первом участке на этапе горнотехнической рекультивации после выравнивания отвалов на глыбистый материал была нанесена «мягкая вскрыша», представляющая собой торфяно-минеральную смесь, затем была проведена биологическая рекультивация, заключающаяся в посадке саженцев ели. На 2 и 3 участках после горнотехнической рекультивации, на отвалы был нанесен минеральный субстрат, состоящий из «рыхлой» вскрышной породы, не содержащей примеси торфа. На втором участке высаживалась лиственница, а на третьем – сосна.

На каждом участке были проведены геоботанические описания и заложены почвенные разрезы. Проводились описания почвенных профилей и отбор проб из каждого горизонта для последующих лабораторных анализов.

Полученные результаты свидетельствуют о динамичном восстановлении фитоценозов и почв на карбонатных суглинистых вскрышных породах карьера ПО «Фосфорит». Сравнительно интенсивное развитие растительности привело к формированию наиболее характерных лесных сообществ для таежной зоны европейской части России. Можно отметить весьма благоприятные свойства субстрата (реакция рН водной суспензии и гранулометрический состав) для развития растительности, что говорит об относительной эффективности этого способа рекультивации. Гранулометрический состав реплантоземов характеризуется как средний суглинок, что считается благоприятным условием для развития растительного покрова. Сложно выделить тенденции в профильном содержании фракций в зависимости от года. Возможно это является следствием турбации грунта и его неоднородностью. Выявлено, что в случае, когда субстрат изначально содержал органическое вещество, происходила постепенная минерализация органического вещества, что приводило к снижению его концентрации в мелкозем, и увеличению обогащенности гумуса азотом. В случае изначально безгумусных субстратов наблюдается постепенное увеличение содержания органического вещества. Было установлено, что почвообразование связано как с исходными характеристиками субстрата, так и с развитием растительного покрова, его видовым составом. Показано, что наибольшие отличия морфогенетических характеристик профилей наблюдались в процессе уменьшения доли травяной растительности и увеличения деревянистой, при этом, под разными лесными фитоценозами педогенез протекает сходным образом. Доказано, что для всех исследованных участков характерен очень низкий уровень функционирования микробного сообщества. Значения БД, СИД, Смик всегда максимальны в подстилке и чаще всего уменьшаются вниз по профилю. Различие между величинами базального дыхания в подстилке и породе почти 5 раз. Продуцирование CO_2 почвами в ответ на внесение глюкозы почти всегда возрастает, разница между СИД в подстилке и нижних слоях достигает 10 раз. Содержание Смик в верхнем слое почти в 8 раз больше чем в породе, однако для почв естественных

АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

экосистем характерны значения почти в сотни раз превышающие результаты, полученные нами. Удельное дыхание микробной биомассы вне зависимости от горизонта имеет довольно низкие значения (от 0,01–0,02 мкг CO₂ С/мг С мик/ч).

Результаты качественного и количественного анализа гуминовых кислот выявили низкий уровень изменения углеродного скелета во времени, а также схожесть состава гуминовых кислот под различными сообществами. Анализ показал, что во всех образцах алифатические группы преобладают над ароматическими, что свидетельствует о значительной роли лесного опада в формировании гумуса почв. За 10 лет соотношения групп структурных фрагментов практически не изменились.

Исследования гуминовых кислот проведены с использованием оборудования ресурсного центра Научного Парка СПбГУ «Магнитно-резонансные методы исследования».

Работа выполнена при поддержке гранта РФФ 17-16-01030.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абакумов Е. В., Гагарина Э. И. Почвообразование в Посттехногенных экосистемах карьеров на Северо-западе Русской равнины. СПб.: Изд-во С.-Петербург. Ун-та, 2006. 208с.

2. Бурцев С. А. Лесная рекультивация отвалов Курской магнитной аномалии // Лес и охрана природы. 1983. № 647. С. 45–49.

АЛЛОГЕННЫЕ СУКЦЕССИИ ЛЕСНЫХ ПОЧВ (НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ КОМИ)

Дымов А.А.

*Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар,
aadytov@gmail.com*

Таежные леса являются важнейшим биомом планеты, выполняющим ключевую климаторегулирующую роль. Особую роль почвы бореального пояса приобретают в связи с высокими запасами почвенного углерода, которые оцениваются приблизительно в 30 % от

запасов почвенного углерода планеты [5]. Основные изменения лесных почв за предыдущие столетия связаны с лесозаготовительной деятельностью, пожарами, вовлечением (выводом) из сельскохозяйственного использования. Но при этом, к настоящему времени отсутствуют обобщающие работы, описывающие основные закономерности изменения свойств почв при рассматриваемых типах воздействий в таежной зоне [1]. В связи с чем, цель данной работы заключалась в выявлении закономерностей изменений почв и почвенного органического вещества (ПОВ) в ходе преобладающих сукцессий в бореальной зоне на примере Республики Коми.

Все рассматриваемые факторы (рубки, пожары, сельскохозяйственное освоение) возможно описать с позиций аллогенных почвенных сукцессии. При всех типах воздействий, наибольшие изменения лесных почв происходят непосредственно при факте воздействия. В значительной степени территория, подверженная влиянию того или иного фактора, неоднородна по интенсивности воздействия. Так, при рубках происходит значительная фрагментация территории лесосек по типу воздействия. Напрямую, в ходе лесозаготовительных мероприятий происходит нарушение морфологических свойств лесных почв на волоках и лесопогрузочных площадках. В то время как на пасечных участках морфологические свойства изменяются уже в ходе возобновительной сукцессии [2]. Пирогенные изменения лесных почв определяются типом горючего материала, сезоном пирогенного воздействия, исходного типа леса и интенсивности пожара. Пирогенно инициируемые изменения лесных почв могут существенно различаются по глубине. При беглых низовых пожарах происходит лишь частичное выгорание подстилок, при верховых и низовых пожарах высокой интенсивности прямому пирогенному воздействию подвержены верхние минеральные горизонты до глубины 20–30 см [3].

Вовлечение лесных земель в сельскохозяйственное использование включает в себя несколько этапов воздействий. В большинстве случаев ключевым являлся этап подсеčno–огневого земледелия, включающий сжигание и последующую вспашку, что существенно изменяет лесные почвы. На территории, подверженной вовлече-

АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

нию в сельскохозяйственное освоение, происходит полная трансформация подстилочных и верхних минеральных горизонтов. Подстилки полностью минерализуются, частично продукты их разложения закрепляются в минеральных горизонтах.

Важную роль в классификации изменения почвенных свойств могут оказывать преобладающие элементарные почвообразовательные процессы (ЭПП), активизирующиеся на отдельных этапах почвенных сукцессий.

На различных этапах сукцессионного развития [2] интенсивность выраженности ЭПП будет различаться. Так для почв рубок характерно развитие процессов заболачивания и оглеения на первых этапах после воздействия. На втором и третьем десятилетии после воздействия интенсивность процессов заболачивания существенно уменьшается. Лесная подстилка является одним из наиболее чутко реагирующим параметров при изменении гидрологического режима лесных территорий. Интервалы изменений значений составляют от минус 0,04 до 0,69 см*год⁻¹. При этом в различных типах леса и почвенных условий изменение мощностей подстилок после рубок будет происходить иметь различные направления. В подзолах под ельниками и сосняками после рубок происходит минерализация подстилок со скоростью 0,04 см*год⁻¹. Наибольший рост мощности подстилок выявлен для почв с возможным водоупором нижними генетическими горизонтами (дву-членные отложения) в первые десятилетия после рубок и составляет 0,4–0,69 см*год⁻¹.

Особую роль в почвенных сукцессиях играет система почвенного органического вещества. Отдельные молекулярно и физически гомогенные фракции (ПОВ) изменяются при воздействии и достаточно четко отражают этапы сукцессии. На примере пирогенного воздействия [4] выявлено, что пожары приводят к существенному уменьшению содержания водорастворимых органических соединений. Их содержание маркирует этапы возобновления древесной растительности и растений напочвенного покрова в ходе дальнейшей сукцессии. Важным диагностическим критерием является возрастанию ароматических структурно-функциональных фраг-

ментов и полиароматических углеводов в составе органического вещества верхних горизонтов почв, возрастание вклада производных пирогенеза в составе фракций свободного и окклюдированного органического вещества. Вовлечение подзолистых почв в сельскохозяйственное использование приводит к высвобождению из почв значительных количеств углерода – $3 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-2}$. В ходе постагрогенных сукцессий почвы секвестрируют углерод со средней скоростью $30\text{--}40 \text{ грамм} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{год}^{-1}$. Наибольший вклад вносят лесные подстилки и верхние пахотные горизонты. В минеральных горизонтах возрастает вклад углерода за счет увеличения его концентраций в составе тяжелых фракций.

В почвах вырубок происходит возрастание углерода в минеральных горизонтах почв, как на пасечных участках, так и в почвах волоков и лесопогрузочных площадок – турбоземах детритных, за счет органических веществ находящихся в свободной и окклюзированной форме.

Обобщая результаты, необходимо рекомендовать учитывать сукцессионный статус лесных почв при проведении исследований. Можно предложить рассматривать аллогенные сукцессии в системе, изначально разделяя их в зависимости от типа воздействия (импакта) на послерубочные, постпирогенные, постагрогенные и комплексные (при влиянии нескольких типов воздействий, например палов на вырубках). Дальнейшее деление предлагаем проводить по глубине и характеру импакта. Во всех сукцессиях присутствуют участки с механическими нарушениями верхних минеральных горизонтов, возникающие при вспашке, турбировании трелевочными агрегатами, пожарах средней и высокой интенсивности – при полном выгорании подстилочных горизонтов. Менее нарушенные участки почв, характеризующиеся изменением растительности на пасечных участках вырубок, или при частичном выгорании подстилочных горизонтов при беглых низовых пожарах, вероятно, следует выделять в градацию «поверхностных». Дальнейшее деление аллогенных почвенных сукцессий следует классифицировать в зависимости от характера возобновления лесной растительности на естественное, искусственное

АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

(управляемое) и комплексное (допустим, содействие естественно-му лесовозобновлению на вырубках). Важным является отражение изменений пулов углерода, выделении углерод депонирующих и углерод эмитирующих сукцессий.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Васенёв И.И.* Почвенные сукцессии. М.: ЛКИ, 2008. 400 с.
2. *Дымов А.А.* Влияние сплошных рубок в бореальных лесах России на почвы (обзор) // Почвоведение. 2017. № 7. С. 787–798. doi: 10.7868/S0032180X17070024.
3. *Дымов А.А., Габов Д.Н., Дубровский Ю.А., Жангуров Е.В., Низовцев Н.А.* Влияние пожара в северотаежном ельнике на органическое вещество почв // Лесоведение. 2015. № 1. С. 52–62.
4. *Dymov A.A., Gabov D.N., Milanovskii E.Yu.* ¹³C-NMR, PAHs, WSOC and water repellence of fire-affected soils (Albic Podzols) in lichen pine forests, Russia // Environmental Earth Sciences. 2017. V. 7. 76: 275. P. 1–10. doi: 10.1007/s12665-017-6600-2.
5. *Scharlemann J.P., Tanner E.V., Hiederer R., Kapos V.* Global soil carbon: understanding and managing the largest terrestrial carbon pool // Carbon Manag. 2014. № 5. P. 81–91. doi: 10.4155/cmt.13.77.

МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА УРОВНЕЙ КОНЦЕНТРАЦИЙ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ ЛОКАЛЬНОЙ ЗОНЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ МЕДНО-НИКЕЛЕВОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Кашулина Г.М.

*Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н.А.Аврорина
КНЦ РАН, Анапиты, galina.kashulina@gmail.com*

Данная статья представляет результаты многолетнего ряда наблюдений за концентрациями кислоторастворимых форм Ni, Cu, Co, Zn и Mn в смешанных образцах верхнего слоя (0–3 см) поверхностных горизонтов почв на стационарных площадках мониторинга в локальной зоне воздействия медно-никелевого комбината «Североникель» на Кольском полуострове [1].

Наблюдения за многолетней динамикой концентраций загрязняющих элементов проводилось в почвах 5-ти катен (I, II, III, IV и V), расположенных на расстоянии от 1 до 17 км от комбината «Североникель». Каждую катену в многолетних исследованиях представляли 2–3 стационарные площадки (1–4, начиная с верхних элементов рельефа), расположенные на вершинах/верхних частях склонов холмов или горы (почвы представлены подзолами), у подножий склонов (почвы представлены подзолами глеевыми) и в локальных депрессиях (торфяные эутрофные почвы). На большинстве площадок отбиралось несколько видов смешанных образцов (СО): СО “Oer” представляли участки, где напочвенный покров отсутствовал, и на поверхности находились остатки эродированного гор. Oer; СО “BFer” представляли участки, где в результате эрозии на поверхности оказался иллювиальный горизонт; СО “Куст” отбирались под выжившими кустарничками; СО “Травы” – под болотной травяной растительностью на низинных болотах в локальных депрессиях и СО “Мхи” представляли небольшие участки с редкими очень угнетенными пионерными видами мхов.

Как показали исследования, к настоящему времени концентрации основных металлов-загрязнителей в верхних органогенных горизонтах почв в локальной зоне воздействия комбината «Североникель» достигли экстремально высокого уровня – в несколько сотен (для Cu и Co) и больше тысячи (для Ni) раз превышающие фоновые значения, приблизившись к уровням, свойственным перерабатываемым рудам (Ni – 0.24–4.2 %, Cu – 0.36–5.8 %, www.nornik.ru). Концентрации кислоторастворимых форм тяжелых металлов (ТМ) в верхних слоях почв являются динамичным параметром, значительно варьирующим в многолетней динамике. Для различных видов СО варьирование концентраций ТМ за годы составляло от 1.5 до 6–7 раз.

Одним из факторов, оказывающим влияние на концентрации ТМ в верхних слоях почв является количество и интенсивность атмосферных осадков, выпавших за предшествующий отбору образца год. Выявленная отрицательная зависимость между количеством осадков и концентрациями ТМ в верхних слоях наиболее де-

АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

градированных почв свидетельствует о динамичности и обратимости процессов аккумуляции ТМ почвами. Т.е., тяжелые металлы не только поступают в почвы с атмосферными осадками, но и ранее аккумулярованные могут быть вымыты из верхних слоев почв последующими, менее концентрированными порциями дождя или талой снеговой воды.

Наиболее важным фактором, оказывающим влияние на концентрации Ni, Cu и Co в верхних слоях почв, является содержание органического вещества в СО. Наличие и характер связи между содержанием органического вещества и концентрациями ТМ в верхних слоях почв зависели от степени деградации растительности и почв на площадке. Положительная связь была свойственна тем видам СО, которые представляли верхние органо-генные горизонты наиболее значительно деградированных почв, в которых содержание органического вещества было существенно снижено и значительно варьировало в многолетней динамике за счет различной доли минеральной примеси в образцах (пл. I-1, II-1, III-2, IV-3).

Однако этот фактор перестает оказывать влияние на самой деградированной и загрязнённой пл. IV-2, поскольку верхние слои почв здесь приблизились к состоянию сорбционного насыщения ТМ. Аккумуляция ТМ здесь продолжается за счет механического удержания техногенной пыли и варьирование концентраций ТМ в многолетней динамике здесь, в большей степени, определяется соотношением привноса и выноса техногенной пыли.

При меньшем повреждении растительности и более высоком исходном и остаточном содержании органического вещества его варьирование в СО "Оег" на пл. I-2 и II-2 (подножия склонов, подзолы глеевые) в многолетней динамике было значительно меньше по сравнению с подзолами на вершинах холмов. При этом связь между содержанием органического вещества и концентрациями ТМ утрачивается.

В случае умеренного повреждения экосистем (СО "Куст" в горных лесных экосистемах на пл. V-2 и V-3, а также СО "Травы" в низинных болотах, кроме IV-3) связь между содержанием органи-

ческого вещества и концентрациями ТМ в верхних слоях почв приобретает отрицательный характер. Это обусловлено варьированием в составе СО доли свежего растительного опада, характеризующегося более высоким содержанием органического вещества и значительно более низким содержанием Ni, Cu и Co.

Таким образом, концентрации ТМ в верхних слоях почв является динамичным показателем, зависящим от погодных условий года и содержания органического вещества в образце. Поэтому разового опробования не достаточно для объективной оценки степени загрязнения почв ТМ. Для этого необходим многолетний ряд наблюдений.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Кашулина Г.М.* Комплексный ландшафтный почвенно-геоботанический мониторинг в зоне воздействия медно-никелевого предприятия: дизайн и информативность / Данное издание.

МОНИТОРИНГ ПЛОДОРОДИЯ АНТРОПОГЕННО ИЗМЕНЕННЫХ ПОЧВ РЕГИОНА ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Комаров А.А., Суханов П.А.
*ФГБНУ Агрофизический институт, Санкт-Петербург,
Zelenydar@mail.ru*

Для оценки плодородия почв территории Ленинградской области разработана сеть тестовых мониторинговых полигонов, охватывающая основные почвенные и агроклиматические особенности региона. Особый интерес представляет сопряженный анализ изменения состояния почв сельскохозяйственных угодий с оценкой почвенного покрова естественных агроландшафтов. На основании 10-летнего цикла мониторинговых работ для тестовых полигонов сформированы их паспорта и дана агроэкологическая оценка плодородия почв [3]. Оценка плодородия почв определялась комплексом совокупных параметров, причем не только с аг-

АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

рохимических позиций, но и с учетом сохранения экологических функций ландшафта. Оценка распределения основных элементов питания, микроэлементов, тяжелых металлов и других биогенных элементов производилась по всему почвенному профилю для каждого полигона. Именно почвенные условия и агрогенетические особенности почв определяли специфику агроэкологического состояния агроландшафта. Для исследования свойств почв на каждом из тестовых полигонов (ТП) заложены полнопрофильные разрезы, характеризующие основные агрогенетические группы агрогенноизмененных почв.

Основное название почв дано согласно [1], с учетом систематического списка почв сельскохозяйственных угодий Ленинградской области; в скобках приводится название почвы в соответствии с [2].

ТП – 1. Приозерский район, ЗАО «Мельниково». Координаты: 60°51'–52' северной широты (с.ш.), 29°48'–49' восточной долготы (в.д.). Межсельговое понижение, ровный участок. Дерново-подзолистая глеевая тяжелосуглинистая на ленточных глинах. (Агродерново-подзолистая окислено-глеевая тяжело-суглинистая).

ТП – 2. Выборгский район, фермерское хозяйство Калганова В.Н. Координаты: 60°13'–14' с.ш., 29°55'–56' в.д. Грядобразное повышение, верхняя часть прямого пологого склона. Дерново-слабо-подзолистая легкосуглинистая на моренном суглинке. (Агрозем текстурно- дифференцированный проградированный легко суглинистый на моренном суглинке).

ТП – 3. Всеволожский район, ЗАО «Племенной завод Приневское». Координаты: 59°49'–50' с.ш., 30°37'–38' в.д. Приневская низменная равнина, плоско выровненный участок. Дерново-подзолистая глееватая супесчаная на двучленных отложениях (Агрозем альфегумусовый окислено-глееватый, проградированный супесчаный на двучленных отложениях).

ТП – 4. Гатчинский район, ГУ «ОПХ «Суйда». Координаты: 59°47'–50' с.ш., 30°12'–13' в.д. Силурийское плато, пологий склон грядобразного повышения, залежь. Дерново-карбонатная

оподзоленная суглинистая на карбонатном моренном суглинке (Агро-дерново-карбонатная оподзоленная суглинистая по карбонатном моренном суглинке).

ТП – 5. Волосовский район, ГП ОПХ «Каложицы». Координаты: 59°25'–26' с.ш., 29°04'–05' в.д. Силурийское плато, плоское повышение, ровный участок с небольшими карстовыми микропонижениями. Дерново-карбонатная насыщенная средне суглинистая на элювии карбонатных пород (Агродерново-карбонатная насыщенная суглинистая на элювии карбонатных пород).

ТП – 6. Сланцевский район, ЗАО «Осьминское». Координаты: 58°59'– 59°00' с.ш., 28°43'–44' в.д. Холмисто-грядовая равнина, грядообразное повышение, верхняя часть слабо пологого прямого склона, местами с вогнутыми микропонижениями. Дерново-слабоподзолистая слабооглеенная суглинистая на карбонатном моренном суглинке (Агро-дерново-подзолистая слабооглеенная суглинистая на карбонатном моренном суглинке).

ТП – 7. Лужский район, ЗАО «Племзавод «Рапти». Координаты: 58°41'–42' с.ш., 29°54'–55' в.д. Холмисто-грядовая равнина, грядообразное повышение, пологий прямой склон, средняя часть. Дерново-слабоподзолистая, легкосуглинистая на моренном бескарбонатном суглинке (Агро-дерново-подзолистая языковатая суглинистая на бескарбонатном моренном суглинке).

ТП – 8. Тосненский район, ЗАО «Агротехника». Координаты: 59°30'–32' с.ш., 31°18'–20' в.д. Грядообразное озовое повышение, слабовыпуклая вершина. Дерново-слабоподзолистая супесчаная на водноледниковых песках и супесях (Агрозем альфегумусовый проградированный супесчаный на водноледниковых песках и супесях).

ТП – 9. Волховский район, ООО «Пашское». Координаты: 60°25'–26' с.ш., 32°58'–59' в.д. Приладожская низменная равнина, плоско выровненный участок. Дерново-подзолистая глееватая супесчаная на озерно-аллювиальных песках и супесях (Агрозем светлый проградированный окислено-глееватый супесчаный на озерно-аллювиальных отложениях).

АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

ТП – 10. Тихвинский район, ЗАО «Культура-Агро». Координаты: 59°36'–37' с.ш., 33°11'–12' в.д. Слабоволнистая равнина, пологий склон плоского грядобразного повышения. Дерново-слабоподзолистая слабооглеенная супесчаная на двучленных отложениях (Агрозем альфегумусовый проградированный окислено-оглееный).

Агрогенная трансформация за многолетний период окультуривания почв обусловила формирование принципиально нового гумусового профиля у всех типов дерново-подзолистых почв, состоящего из пахотного и подпахотного (проградированного) горизонтов. Гумусовый профиль дерново-карбонатных почв в процессе окультуривания принципиально не изменился по сравнению с таковым у целинных аналогов этих почв. Улучшение физико-химических свойств в агрогенно созданных верхних горизонтах дерново-подзолистых почв, безусловно, является следствием их агрогенной трансформации. Длительное сельскохозяйственное использование обеспечило накопление запасов органического вещества (гумуса) и основных элементов питания не только в верхних слоях почвенного профиля, но и по всей почвенной толще. Содержание подвижного фосфора и калия почти по всем почвенным профилям варьировало в широких пределах, преимущественно с высоким и очень высоким содержанием в верхних пахотных и подпахотных (агропроградированных) горизонтах. Характер и степень агрогенных изменений в морфологии и свойствах почв в значительной мере определены интенсивностью их земледельческого использования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Классификация и диагностика почв СССР. М.: Колос. 1977. 225 с
2. Классификация почв России / Сост. Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.Н. Лебедева. М., 1997. 236 с.
3. *Суханов П.А.* Научные основы оценки и управления агроресурсным потенциалом региона (на примере Ленинградской области) // Автореф. дисс.доктора с.-х.наук. СПб. 2013. 54 с.

ТРАНСФОРМАЦИЯ ГОРНО-ЛУГОВЫХ ПОЧВ КРЫМСКИХ ПЛАТО ПОД ВЛИЯНИЕМ ИСКУССТВЕННЫХ НАСАЖДЕНИЙ ЛЕСНЫХ КУЛЬТУР

Костенко И.В.

*Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН,
Р. Крым, Ялта, igorkostenko@ukr.net*

Начало дискуссии о влиянии леса на степные почвы связано с именем основателя теории деградации черноземов под влиянием наступающей на степь лесной растительности С.И. Коржинского [3], который утверждал, что “Серые почвы – продукт разрушения чернозема вследствие покрытия его лесами...”. Многочисленные исследования по изучению влияния искусственных лесных насаждений на почвы в степной и лесостепной зонах равнин показали что облесение может приводить к изменениям некоторых свойств черноземов и темно-каштановых почв. В частности, под воздействием древесной растительности наблюдалась трансформация комковато-зернистой структуры в ореховатую, увеличивалась кислотность почв, появлялась кремнеземистая присыпка, уменьшалась гумусированность и сужалось отношение $S_{гк}/S_{фк}$. Некоторые исследователи считали такие изменения признаком деградации почв [1, 5, 6], но большинство отрицало это, акцентируя внимание на положительном влиянии лесной растительности на свойства степных почв. К последним относили увеличение мощности гумусового горизонта, улучшение физических и водно-физических показателей, выщелачивание легкорастворимых солей, в связи с чем и было предложено относить подобные почвы к черноземам лесоулучшенным.

По мнению Е.С. Мигуновой и В.И. Коптева [4] под искусственными лесными насаждениями наблюдается своеобразное “смещение” условий почвообразования в северном направлении, в результате чего черноземы южные за счет снижения линии вскипания и увеличения гумусированности приобретают черты обыкновенных, а обыкновенные – типичных. В связи с этим мож-

АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

но ожидать, что в условиях лесостепи при среднегодовом количестве осадков 550–650 мм черноземы типичные могут приобретать черты черноземов оподзоленных, либо темно-серых лесных почв. Об этом, в частности, свидетельствуют результаты исследований М.Е. Ткаченко [6], проведенные на облесенных черноземах в бывшей Тульской губернии, где им было отмечено появление под насаждениями дуба, ели и лиственницы кремнеземистой присыпки в гумусовом горизонте, ореховатой структуры в его средней части и бурых подтеков в материнской породе.

Очевидно, что в условиях избыточного увлажнения (1000–1200 мм в год), свойственного крымским горным плато или яйлам, степень влияния лесной растительности на почвы, сформировавшиеся под травянистой растительностью – горно-луговые и горно-луговые черноземовидные, заметно выше, чем в степной и лесостепной зонах равнин.

По данным предыдущих наших исследований под насаждениями сосны на Ай-Петринской яйле наблюдалось существенное возрастание кислотности и резкое увеличение содержания почвенных агрегатов крупнее 10 мм [2]. В настоящем сообщении изложены результаты дальнейшего изучения влияния облесения, активно проводившегося в 60–70-е годы. прошлого столетия, на основные свойства горно-луговых почв плато Ай-Петри.

Исследования макроструктуры почв, кислотности и содержания органического вещества проводились на целинных либо залежных участках горно-луговых почв и под искусственными насаждениями сосны крючковатой (*Pinus kochiana* Klotzsch ex K. Koch), лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ledeb.) и березы повислой (*Betula pendula* Roth).

Результаты изучения макроструктуры показали, что под влиянием лесной растительности произошла трансформация комковато-зернистой структуры, свойственной почвам дернового типа, в крупноореховатую. Причем, такие изменения прослеживались по всему профилю, начиная с горизонта А, хотя в лесных почвах крымских яйл – буроземах, ореховатая структура приурочена, как правило, к центральным частям профиля. По результатам сухого

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ ЛЕСНОГО
ПОЧВОВЕДЕНИЯ, 13–17 сентября 2017

просеивания, почвы под сосновыми насаждениями содержали в слое 0–10 см $61 \pm 17 \%$ ($n = 16$) агрегатов крупнее 10 см, рядом под лугом – $17 \pm 10 \%$ ($n = 20$), под лиственницей и рядом под лугом – 22 ± 8 ($n = 7$) и $12 \pm 8 \%$ ($n = 5$), под березой и рядом под лугом – 45 ± 10 ($n = 6$) и $28 \pm 18 \%$ ($n = 5$). Как видим, наиболее сильная трансформация структуры исходных горно-луговых почв произошла под насаждениями сосны, где такие изменения прослеживались вплоть до глубины 40 см, а наиболее сильно были выражены в слое 5–30 см (рис.).

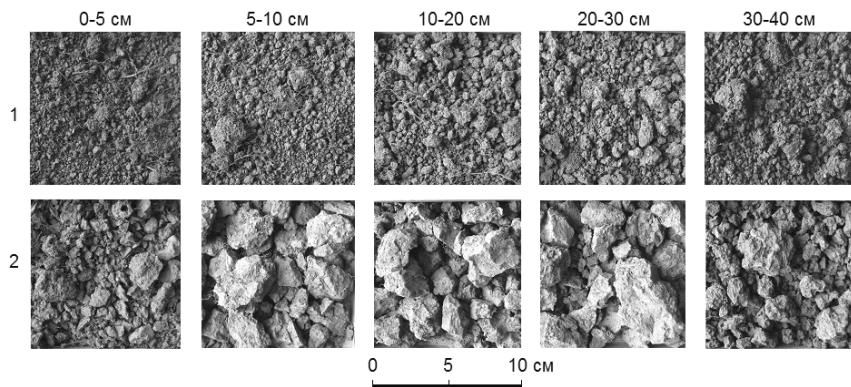


Рис. Структура горно-луговой почвы плато Ай-Петри под луговой растительностью (1) и под искусственными насаждениями сосны (2)

Величины кислотности почв под всеми лесными насаждениями в той или иной степени превышали значения соответствующих показателей под лугом. Наиболее сильное их изменение наблюдалось под лиственницей, где в слое 0–10 см средние значения pH_{KCl} и гидролитической кислотности составили 3.73 и 16.6 ± 1.1 смоль(+)/кг. Соответствующие показатели под березой были равны 3.94 и 10.6 ± 1.5 смоль(+)/кг, под сосной – 4.13 и 10.4 ± 3.1 смоль(+)/кг. На прилегающих к лесным насаждениям участках луга уровень pH_{KCl} был в пределах 4.50–4.62, а гидролитической кислотности – 6.6–9.2 смоль(+)/кг.

АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

Во всех облесенных почвах отмечено снижение гумусированности относительно прилегающих к насаждениям участков луга. Так, в слое 0–10 см под сосной и рядом под лугом содержалось 3.09 ± 0.81 и 3.67 ± 0.87 % Сорг, под лиственницей и лугом – 3.57 ± 0.38 и 5.13 ± 0.34 %, под березой и лугом – 2.97 ± 0.63 и 3.97 ± 0.64 %. По нашему мнению, дегумификация почв под древесными породами обусловлена предпосадочной вспашкой и деградацией травянистой растительности под пологом леса.

Таким образом, под всеми лесными культурами наблюдалась деградация исходных горно-луговых почв, основными признаками которой были трансформация комковато-зернистой структуры в крупноореховатую, снижение гумусированности и увеличение кислотности. В результате луговые почвы приобрели некоторые черты зональных буроземов кислых, однако кардинально отличались от последних большей мощностью гумусового горизонта, а также отсутствием заметной дифференциации профиля по гранулометрическому составу.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Горшенин К.П.* Влияние лесных посадок на химико-морфологическое строение чернозема // Почвоведение. 1924. № 3–4. С. 41–48.
2. *Костенко І.В.* Вплив штучних лісових насаджень на властивості гірсько-лучних чорноземовидних ґрунтів Ай-Петринської яйли // Грунтознавство. 2010. Т. 11. № 3–4. С. 46–54.
3. *Коржинский С.И.* Предварительный отчет о почвенных и геоботанических исследованиях 1886 г. в губерниях Казанской, Пермской и Вятской // Тр. О-ва естествоиспытателей при Импер. Казанском ун-те. Казань, 1887. Т. 18, Вып. 6. 72 с.
4. *Мигунова Е.С., Коптев В.И.* Особенности почвообразования под лесными насаждениями и на защищенных ими полях в степной зоне // Почвоведение. 1993. № 6. С. 116–121.
5. *Ткаченко М.Е.* Влияние отдельных древесных пород на почву // Почвоведение. 1939. № 10. С. 3–16.
6. *Ткаченко М.* О роли леса в почвообразовании // Из 18-го вып. Изв. Имп. Лесного института. С.-Петербург, 1908. 152 с.

ПИРОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ПОДСТИЛКИ В ГОРНЫХ ЛЕСАХ ПРИБАЙКАЛЬЯ

Краснощеков Ю.Н.

*Институт леса им. В.Н.Сукачева СО РАН – Обособленное
подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН, Красноярск, kyp47@mail.ru*

Подстилка, или поверхностный органогенный горизонт в лесных почвах – это генетический горизонт биологической аккумуляции специфических и неспецифических органических веществ. Лесная подстилка образует особый, биохимически активный ярус аккумуляции энергии и биогенных элементов, который находится в сложных парагенетических связях с фитоценозом и подстилающими горными породами. Подстилками в значительной, если не в определяющей мере, обуславливаются ведущие элементарные почвенные процессы и формирование различных генетических типов почв [1,2,3,4 и др.].

Послепожарное формирование почв непосредственно связано с пирогенной трансформацией органогенных горизонтов, а их изменчивость служит индикатором воздействия пожара на почву. Пирогенная трансформация подстилок сопровождается уменьшением их мощности, запасов, существенно изменяется и фракционный состав. Кроме того, смена коренных хвойных лесов на производные мелколиственные насаждения и резкое изменение живого напочвенного растительного покрова может иметь длительный и устойчивый характер, определяя иное поступление с опадом зольных элементов. В результате изменяется характер типодиагностических поверхностных горизонтов почв. Формируются новые органогенные пирогенные горизонты (O_{pir} ; OL_{pir} ; OL/O_{pir} ; OA_{pir}), которые по химическим, физико-химическим свойствам и биологическому круговороту элементов очень сильно отличаются от природных аналогов.

В первые годы после низовых подстилочно-гумусовых пожаров высокой и средней интенсивности наблюдается значительное изменение мощности поверхностных органогенных и грубо-

АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

гумусовых горизонтов почв за счет их выгорания. Так, в таежных кедровых лесах Прибайкалья, где в почвенном покрове представлены подбуры и подзолы грубогумусовые, средняя мощность горизонтов O + AO равна 20.0 ± 2.8 см. При низовых подстильно-гумусовых пожарах слабой и средней интенсивности, мощность горизонтов O + AO уменьшается до 16.3 ± 2.4 см. При высокой интенсивности пожара мощность этих горизонтов 3.0 ± 0.6 см. В таежных, подтаежных и подтаежно-лесостепных светлхвойных травяных лесах в почвенном покрове широко развиты серогумусовые, дерново-подзолистые, дерново-подбуры и темногумусовые почвы. При пожарах средней и высокой интенсивности мощность поверхностного органогенного горизонта здесь снижается до 70–80 %, а в отдельных случаях сгорает полностью до минеральной части профиля.

Выявленные зависимости между запасами и влагоемкостью подстилки с одной стороны и давностью пожара с другой. Установлено, что в первые 5–6 лет после пожаров высокой и средней интенсивности запасы подстилки и ее влагоемкость находятся на низком уровне. Это связано с резким уменьшением во фракционном составе хвои, листьев, мхов и трухи в результате их выгорания и абсолютным преобладанием грубых, мало влагоемких фракций. В дальнейшем, в связи с возобновлением хвойных и мелколиственных пород, происходит восстановление живого напочвенного растительного покрова и поступление на поверхность почвы растительных остатков. Формирующаяся подстилка становится более влагоемкой, способной значительно снижать жидкий поверхностный сток и, следовательно, размеры эрозионных процессов.

При горении поверхностных органогенных горизонтов почв часть углерода и азота улетучивается в атмосферу. Установлено, что на 7–8 летних гарях со слабой и средней интенсивностью пожара в кустарничково-зеленомошных кедровниках потеря углерода составляет 26–34 %, а азота – 24–27 %. При пожарах высокой интенсивности потеря углерода около 80 %, азота – 63–65 %.

Пирогенная трансформация сопровождается сдвигом кислотности в сторону нейтрализации кислых растворов. Если под пологом горно-таежных кедровых, лиственничных и сосновых насаждений органогенные горизонты обладают сильнокислой и кислой реакцией, то на свежих гарях поверхностные органогенные пирогенные горизонты при пожарах средней и высокой интенсивности имеют слабощелочную и щелочную реакцию pH. На пожарах 5–8 летнего возраста поверхностные горизонты OL/O_{pir} сохраняют слабокислую реакцию.

Известно, что подстилки представляют собой саморегулирующуюся систему, где состав и структура химических элементов отражают характер биологического круговорота веществ между почвой и растительностью. Как показали исследования, на контрольных участках в кедровниках кустарничково-зеленомошных зольность подстилок равна 17.75 ± 1.10 %. На гарях со средней и высокой интенсивностью огня зольность подстилок составляет 32.69 ± 2.8 %. В таежных сосновых рододендроновых бруснично-разнотравных лесах зольность подстилок – 15.95 ± 1.13 %. На участках соснового леса, пройденных пожаром средней и высокой интенсивности 5–8 лет назад, зольность поверхностного органогенного пирогенного горизонта OL/O_{pir} – 35.30 ± 10.0 %. В подтаежно-лесостепных сосновых осочково-разнотравных, спирейных остепненно-разнотравных и рододендроновых остепненно-разнотравных типах леса зольность подстилок составляет 20.56 ± 2.79 %. При низовых подстильно-гумусовых пожарах средней интенсивности зольность органогенного пирогенного горизонта равна – 40.32 ± 7.52 %.

Пожары привели к заметному возрастанию концентрации химических элементов в горизонтах O_{pir}; OL/O_{pir}. Даже спустя 5–8 лет после прохождения огня средней и высокой интенсивности, по сравнению с контролем, в таежных кедровых лесах концентрация Si в среднем увеличилась в 1.15 раза, Fe в 1.68; Al в 1.55; Ca в 1.05; Mn в 1.16; K в 2.5 раза. В то же время концентрация Mg и P снизилась в 1.13–1.7 раза. В поверхностных органогенных пирогенных горизонтах, образовавшихся после воздействия огня

АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

средней и высокой интенсивности в таежных сосновых лесах наблюдается более высокая концентрация химических элементов по сравнению с контролем: Si в 1.65 раза; Fe в 2.33; Al в 2.54; Ca в 1.65; K в 1.7; P в 1.5 раза. В подтаежно-лесостепных лесах пожары средней интенсивности приводят к еще более заметному возрастанию концентрации химических элементов в горизонте OL/O_{pir}. Даже спустя 5–6 лет после пожара в органогенных пирогенных горизонтах почв отмечается увеличение концентрации всех исследуемых химических элементов. Такое резкое изменение в соотношении зольных элементов в поверхностных органогенных пирогенных горизонтах связано в первую очередь с изменением их зольности, фракционного состава, направленностью сукцессий живого напочвенного покрова. Поведение и содержание химических элементов в лесных подстилках, помимо воздействия пожара и послепожарных сукцессий растительности, обусловлено также геохимической обстановкой региона – скоростью водной миграции и биологического поглощения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Богатырев Л.Г., Свентицкий И.А., Шарафутдинов Р.Н., Степанов А.А. Лесные подстилки и диагностика современной направленности гумусообразования в различных географических зонах//Почвоведение, 1998. № 7. С. 864–876.
2. Гришина Л.А. Роль подстилки как генетического горизонта почв//Роль подстилки в лесных биогеоценозах. М.: Наука, 1983. С. 48–49.
3. Зонн С.В. Биогеоценологические и генетические основы классификации лесных подстилок//Роль подстилки в лесных биогеоценозах. М.: Наука, 1983. С. 80–81.
4. Классификация и диагностика почв России / Авт. и сост.: Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева, М.И. Герасимова. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ БИОЛОГИЧЕСКОГО КРУГОВОРОТА АЗОТА И ЗОЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В СТАРОВОЗРАСТНЫХ ЕЛЬНИКАХ И НА ВЫРУБКАХ

Лиханова Н.В.¹, Бобкова К.С.²

¹ ФГБОУ ВО «Сыктывкарский государственный университет
им. Питирима Сорокина», Сыктывкар, lihanad@mail.ru;

² ФГБУН Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар,
bobkova@ib.komisc.ru

Процесс биологического круговорота определяется поступлением элементов из почвы и атмосферы в живые организмы, биохимический синтез с образованием новых сложных соединений и возвращение элементов в почву и атмосферу с ежегодным опадом части органического вещества или с полностью отмершими организмами, входящими в состав биогеоценоза [2, 3, 4, 6]. Целью данной работы является сравнительный анализ круговорота азота и зольных элементов в старовозрастных насаждениях и на вырубке ельников черничного влажного и доломотно-сфагнового на торфянисто-подзолисто-глееватых иллювиально-гумусово-железистых почвах. Исследования проведены на Чернамском лесном стационаре Института биологии Коми НЦ УрО РАН (62°01' с.ш., 52°28' в.д.).

В ельниках черничном влажном и долгомотно-сфагновом, развитых на полугидроморфных почвах, аккумуляция азота и зольных элементов в фитомассе ценоза (184–198 т га⁻¹) составляет соответственно 2111 и 1824 кг га⁻¹, что на 20–30 % меньше, чем в ельниках на подзолистых почвах [1, 3, 5]. Ряд распределения химических элементов в фитомассе растений азотно-кальциево-калийный. В древесных растениях спелых ельников аккумулируется 95–98 % азота и зольных элементов от общей суммы химических элементов органического вещества фитоценозов, остальная часть концентрируется в растениях напочвенного покрова. Содержание азота и зольных элементов в фитомассе растущих органов растений на вырубке ельника черничного влажного составляют 492, на

АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

вырубке ельника долгомошно-сфагнового – 612 кг га^{-1} , что в 3–4 раза меньше, чем в спелых ельниках. В древесных растениях вырубки концентрируется соответственно 62 и 67 % от общего количества химических элементов в фитомассе растений. В фитоценозе на вырубке исследуемых ельников, по сравнению со спелыми ельниками, при значительном уменьшении (в 4–6 раз) запасов питательных веществ в древесных растениях наблюдается увеличение (в 2 раза) в растениях напочвенного покрова, основная часть которых представлена травянистыми растениями и мхами. На вырубке ельников ряд распределения элементов минерального питания в фитомассе растений азотно-кальциево-калиевый. С порубочными остатками и корневыми системами древесных растений после рубки в почву поступает значительное количество азота и зольных элементов, примерно в 3 раза превышающее величину годового их поступления с опадом. Постепенно освобождаемые в процессе минерализации порубочных остатков элементы минерального питания перехватываются корнями растений, формирующих фитоценоз, тем самым они используют их в биологическом круговороте химических элементов.

Характерной особенностью как спелых ельников, так и вырубки является аккумуляция значительного количества минеральных элементов в лесной подстилке. Содержание азота и зольных элементов в подстилке спелого ельника черничного влажного равно 1799, долгомошно-сфагнового – 2910 кг га^{-1} . Ряд распределения азотно-кремниевое-алюминиевый [1]. Количество элементов минерального питания в органогенном горизонте вырубки ельника черничного влажного составляет 1524, ельника долгомошно-сфагнового – 2318 кг га^{-1} . Ряд содержания их азотно-кальциево-кремниевый. Изменение ряда аккумуляции элементов минерального питания в лесной подстилке почв на вырубке, по сравнению со спелыми ельниками, следует объяснить также сменой растительного покрова. На вырубке в растительных остатках опада значительно участие кустарничков, представленных брусникой и черникой, для которых характерно относительно высокое содержание кальция.

На 4-летней вырубке ельника черничного влажного количество элементов минерального питания, ежегодно вовлекаемых на прирост фитомассы ($3.9\text{--}4.6 \text{ т га}^{-1}$), составляет 98, на вырубке ельника долгомошно-сфагнового – 119 кг га^{-1} . На вырубке ельников годовичное накопление химических элементов на прирост растений напочвенного покрова составляет 81–82 % от общего количества минеральных элементов в продукции органического вещества. Ряд накопления химических элементов в продукции фитомассы растений на вырубке ельников азотно-калиево-кальциевый.

В условиях средней тайги в спелых ельниках для формирования годичной продукции ($5.2\text{--}7.8 \text{ т га}^{-1}$) фитомассы необходимо $145\text{--}176 \text{ кг га}^{-1}$ элементов минерального питания. В древостоях ельников основное количество элементов питания (75 %) идет на формирование ассимилирующего аппарата. В спелых еловых фитоценозах средней тайги Республики Коми для формирования годичной продукции характерен азотно-кальциево-калиевый режим потребления. Сравнительный анализ потребления химических элементов на годичный прирост фитомассы растений спелого ельника и вырубки ельников показал, что на 4-летней вырубке в продукции фитомассы отмечается относительно повышенное содержание калия, кремния, фосфора, что объясняется сменой растительного покрова. Основную долю калия в продукцию органического вещества растений вносят, как травянистые растения, так и мхи.

Количество элементов минерального питания, поступающего с годичным опадом ($3.1\text{--}3.7 \text{ т га}^{-1}$) в почву, на вырубке ельника черничного влажного составляет 78, на вырубке ельника долгомошно-сфагнового – 89 кг га^{-1} . Большая часть (88–90 %) элементов минерального питания на вырубке ельников поступает с опадом остатков растений напочвенного покрова.

На вырубке ельника черничного влажного ряд возврата элементов минерального питания с годичным опадом растительных остатков азотно-калиево-кремниевый, на вырубке ельника долгомошно-сфагнового азотно-кремниевый-калиевый.

Для сравнения, в спелых ельниках на торфянисто-подзолисто-глееватых иллювиально-гумусово-железистых почвах с опадом (3.4--

АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

5.2 т га⁻¹) возвращается 102–104 кг·га⁻¹ органического вещества, большая часть (77–87 %) приходится на опад древесных растений [1]. Для еловых фитоценозов исследуемого региона ряд распределения минеральных элементов в опаде азотно-кальциево-калиевый. Незначительное количественное увеличение калия в опаде растительных остатков на вырубке ельников, по сравнению со спелыми ельниками, вносит опад травянистых растений и мхов, характеризующихся относительно высоким содержанием этого элемента. Относительно высокое содержание кальция в опаде растительных остатков спелых ельниках, по сравнению с фитоценозами вырубки исследуемых сообществ, можно объяснить значительным участием в опаде еловых остатков, характеризующихся повышенным содержанием кальция.

Таким образом, наблюдаемые нами изменения основных показателей биологического круговорота химических элементов при сравнении спелых ельников с вырубкой этих ценозов объясняются спецификой для каждого сообщества биологической миграцией элементов минерального питания в системе почва-фитоценоз.

Работа выполнена при поддержке проекта фундаментальных научных исследований Уральского отделения РАН № проекта 15-12-4-39.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бобкова К.С. Биологическая продуктивность лесов / Леса Республики Коми. М.: Издательско-продюсерский центр «Дизайн. Информация. Картография», 1999. С. 40–54.
2. Гришина Л.А. Биологический круговорот и его роль в почвоведении. М.: МГУ, 1974. 128 с.
3. Казмиров Н.И., Морозова Р.М. Биологический круговорот веществ в ельниках Карелии. Л.: Наука, 1973. 175 с.
4. Лукина Н.В., Никонов В.В. Биохимические циклы в лесах Севера в условиях аэротехногенного загрязнения. Апатиты: Издательство Кольского НЦ РАН, 1996. Ч. 1. 216 с. Ч. 2. 194 с.
5. Продуктивность и круговорот элементов в фитоценозах Севера. Л.: Наука, 1975. 130 с.
6. Родин Л.Е., Базилевич Н.И. Динамика органического вещества и биологический круговорот зольных элементов и азота в основных типах растительности земного шара. М.; Л.: Наука, 1965. 253 с.

**ТРАНСФОРМАЦИЯ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОЙ
ПЫЛИ В AL-Fe-ГУМУСОВЫХ ПОДЗОЛАХ
НА КОЛЬСКОМ ПОЛУОСТРОВЕ**

Лянгузова И.В.¹, Баркан В.Ш.², Беляева А.И.¹

¹ ФГБУН Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН,
Санкт-Петербург, Lyanguzova@binran.ru,

² Лапландский государственный биосферный заповедник, Мончегорск,
barcan.valery2010@yandex.ru

В зоне воздействия аэротехногенных выбросов предприятий цветной металлургии в воздух постоянно поступает дисперсная полиметаллическая пыль, которая в зависимости от размера и массы частиц оседает на поверхности почвы и растений, формируя ореолы рассеяния. Согласно данным Баркана [1], металлургическая пыль, входящая в состав атмосферных выбросов комбината «Североникель» (Мурманская обл.), представляет собой мелкодисперсную смесь сульфидов и оксидов металлов: халькозина Cu_2S , халькопирита $CuFeS_2$, пирротина $Fe_7S_8(Ni_x)$, пентландита $(Ni, Fe)_9S_8$, ковеллина CuS , куприта Cu_2O , тенорита CuO , а также металлических Ni и Cu . Хорошо известно, что органогенный горизонт почвы является важным биогеохимическим барьером, эффективно связывающим поллютанты и препятствующим их проникновению вглубь почвы и в сопредельные среды. В связи с этим целью работы является оценка содержания различных форм тяжелых металлов (Ni , Cu , Co) в органогенном горизонте Al-Fe-гумусовых подзолов в зоне воздействия аэротехногенных выбросов комбината «Североникель».

В 24 пунктах, расположенных в разных направлениях от комбината на расстоянии от 1.9 до 22.9 км, были отобраны пробы органогенного горизонта подзолов. После растирания и просеивания почвенных проб через сито с диаметром отверстий 1 мм, навески образцов заливали различными экстрагентами (дистиллированная вода, 1н. ацетатно-аммонийный буферный раствор с $pH = 4.8$, 1 н. соляная кислота) в соотношении 1:25, встряхивали на ротаторе 1 час, фильтровали и в фильтрате определяли содержание Ni , Cu , Co

АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии [2]. Валовое содержание тяжелых металлов определяли на ААС-36 после растворения почвенных проб в царской водке.

Известно, что в водную вытяжку переходят лишь наиболее легко растворимые соединения тяжелых металлов, поэтому содержание водорастворимых форм Ni и Cu варьировало в пределах 0.2–5.4 и 1.1–15.4 мг/кг соответственно и составило в среднем лишь 0.2 и 0.3 % от их валового содержания, при этом содержание Co было ниже предела обнаружения (рис.).

Кислотность ацетатно-буферного раствора ($\text{pH} = 4.8$) наиболее близка к кислотности почвенного раствора в северотаежных лесах, поэтому содержание подвижных форм тяжелых металлов в этой вытяжке из почвенных проб может адекватно отражать их содержание в органогенном горизонте исследуемых почв. Пределы варьирования содержания подвижных форм составили: для Ni – 52–495, для Cu – 35–1590, для Co – 1.7–14.4 мг/кг, при этом их среднее относительное содержание было равно соответственно 29.3, 31.4 и 12.2 % (рис.). Следует подчеркнуть, что в ацетатно-аммонийную вытяжку переходит примерно одинаковое количество подвижных форм Ni и Cu.

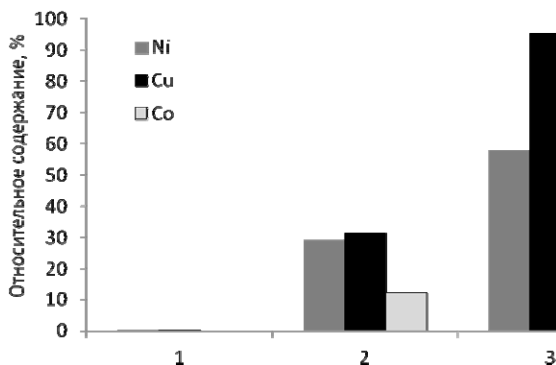


Рис. Относительное содержание мобильных форм тяжелых металлов в % от его валового содержания.

Вытяжки: 1 – водная, 2 – ацетатно-аммонийная ($\text{pH} = 4.8$); 3 – кислотная (1.0 н HCl)

Наиболее полно пул тяжелых металлов в почве доступных для растений отражает кислотная вытяжка. Содержание кислоторастворимых форм тяжелых металлов в органогенном горизонте исследуемых почв варьировало в пределах: Ni – 105–800, Cu – 210–3440, Co – 5.4–32.4 мг/кг, что в среднем составило 58, 95 и 29 % от их валового содержания (рис.). Интересно отметить, что растворимость техногенных соединений тяжелых металлов существенно различается: в кислотную вытяжку переходит наибольшее количество соединений Cu от ее валового содержания, а наименьшее – соединений Co.

Интервал варьирования валового содержания для Ni составил – 185–1970 мг/кг, для Cu – 280–3910 мг/кг, для Co – 25–125 мг/кг в органогенном горизонте исследуемых почв, при этом максимальные концентрации в 11, 14 и 5 раз превышали соответствующие минимальные концентрации.

Наименьшие концентрации как мобильных, так и валовых форм всех исследуемых тяжелых металлов в органогенном горизонте подзолов были отмечены в самом удаленном от комбината пункте отбора проб (около 23 км). Однако в наиболее близко расположенных к комбинату (около 2 км) пунктах отбора проб максимальные концентрации тяжелых металлов не наблюдались. Между содержанием всех форм тяжелых металлов в органогенном горизонте подзолов и расстоянием от источника загрязнения отсутствует значимая связь ($r = -0.26-0.03$, $p > 0.05$), что, по-видимому, обусловлено методикой проведения исследований. Отбор проб органогенного горизонта почв проводился на достаточно близком (в пределах 20–25 км) расстоянии от комбината, что обуславливает сравнительно небольшой (около одного порядка) диапазон варьирования содержания металлов, что на фоне высокой пространственной изменчивости, характерной для территорий с сильным аэротехногенным загрязнением, не позволяет выявить значимую корреляцию.

Таким образом, наименьшее количество техногенных соединений тяжелых металлов переходит в водную вытяжку из органогенного горизонта Al-Fe-гумусовых подзолов, с увеличением силы экстрагента увеличивается и содержание тяжелых металлов в почвенных вытяжках и максимальное их количество наблюдается в

АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

кислотной вытяжке. Содержание как водорастворимых, так и подвижных форм Ni и Cu сопоставимы между собой, в то время как относительное содержание кислоторастворимых форм тяжелых металлов увеличивается в ряду: $Co < Ni < Cu$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баркан В.Ш. Загрязнение почвы никелем и медью от промышленного источника металлургических пылей // Экологические проблемы Северных регионов и пути их решения: Мат-лы Всеросс. науч. конф. с международным участием. Апатиты: КНЦ РАН, 2008. Ч. 1. С. 46–51.
2. Методы изучения лесных сообществ. СПб.: НИИХимии СПбГУ, 2002. 240 с.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПОЧВ ПРИРОДНО-РЕКРЕАЦИОННОЙ ЗОНЫ ГОРОДОВ РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИИ

Новиков С.Г.

*Институт леса Карельского научного центра РАН, Петрозаводск,
novikovsergey.nsg@gmail.com*

В современном мире процессы урбанизации протекают довольно большими темпами, всё больше природных территорий оказывается под городской и промышленной застройкой. В результате чего экосистема не успевает перестроиться и происходит ее деградация. Большое значение для окружающей среды на территории городов имеют рекреационные зоны (парки, скверы и др.), а так же пригородные леса, где почвы и растительность подвержены техногенному воздействию. В связи с этим, исследование экологического состояния различных компонентов урбоэкосистемы, в том числе почв, является актуальной задачей.

В настоящее время на базе лаборатории лесного почвоведения ИЛ КарНЦ РАН активно ведутся исследования городских почв республики Карелии [2, 3, 4]. Объектами данного исследования являлись почвы природно-рекреационных зон наиболее крупных го-

родов – Петрозаводска, Кондопоги и Костомукши. Из верхнего 10-сантиметрового слоя почв методом конверта отбирали смешанные пробы [5], в которых определяли содержание следующих элементов: Pb, Cu, Zn, Ni, Co, Cr, Mn (вытяжка «AquaRegia») методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии (спектрофотометр AA-7000, Shimadzu, Япония) в ЦКП «Аналитическая лаборатория» ИЛ КарНЦ РАН. Кроме того, на территории г. Петрозаводска было заложено 3 полнопрофильных почвенных разреза, в этом случае отбор почвенных образцов осуществляли по горизонтам. В г. Кондопоге и г. Костомукше закладывали по 3 почвенные прикопки, в которых пробы отбирались по глубине 0–5, 5–10, 10–20 см. В отобранных образцах определяли следующие агрохимические показатели: рН солевой вытяжки, гидролитическую кислотность, сумму обменных оснований, степень насыщенности основаниями, валовое содержание углерода, азота, подвижные соединения фосфора и калия [1], а также содержание тяжелых металлов в вытяжке «AquaRegia» и их подвижных форм (Cu, Zn, Ni, Co, Cr, Mn – вытяжка $\text{CH}_3\text{COONH}_4$, Pb – вытяжка NH_4Cl) методом атомно-абсорбционной спектрометрии.

Почвы на землях природно-рекреационной зоны г. Петрозаводска имеют слабокислую и близкую к нейтральной реакцию среды. Верхние слои почв насыщены основаниями (70–90 %). Наибольшее содержание углерода также характерно для верхних горизонтов (8–10 %), особенно для лесной подстилки (25,4 %), которое снижается с глубиной независимо от типа почв. Среднее содержание отдельных тяжелых металлов (Pb, Cu, Zn) в верхнем 10-сантиметровом слое превышает региональный фон в 1–3 раза. Концентрация свинца, который является наиболее токсичным поллютантом из представленных, в центральной части города (городской парк, набережная Онежского озера) достигает 6,5 ПДК. При исследовании профильной миграции элементов прослеживается неравномерное снижение содержания свинца, меди, цинка и марганца по глубине. Для никеля также характерно снижение концентрации, исключение составляет сильнонарушенная аллювиальная почва на набережной Онежского озера, где прослеживается накопление данных элемен-

АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

тов по глубине. Содержание кобальта в почвенных разрезах находится примерно на одном уровне, отмечены небольшие колебания в нижележащих горизонтах. Распределение хрома неравномерно, отмечаются его накопления на различных глубинах.

На территории г. Кондопоги для почв природно-рекреационной зоны характерна слабокислая и близкая к нейтральной реакция среды. В верхних слоях почв отмечены максимальные значения по гидролитической кислотности (до 8 мг/экв), которая снижается по глубине. Почвы насыщены основаниями по всей глубине прикопок (70–99 %). В верхнем 10-сантиметровом слое почв выявлены повышенные концентрации некоторых элементов (Pb, Cu, Ni, Zn) относительно регионального фона, а также превышающие нормативы (ПДК/ОДК) в 1,5–2 раза. Отмечено увеличение концентрации по глубине наиболее подвижного элемента – марганца. Выявлено превышение ОДК по содержанию подвижных форм цинка в верхних слоях почв города.

Кислотность почв природно-рекреационной зоны г. Костомукши наиболее близка к естественным почвам и характеризуется кислой реакцией среды. Почвы в данном случае отличаются высокими значениями гидролитической кислотности (до 180 мг/экв.). В образцах, отобранных из верхнего 10-сантиметрового слоя содержание всех изученных поллютантов находится в пределах нормативов и не превышает фоновый уровень. Исключение составляет одна пробная площадь, заложенная в пригородном лесу, где концентрация свинца достигает ПДК. При изучении профильного распределения тяжелых металлов выявлено, что концентрации подвижных форм элементов и извлекаемые вытяжкой «AquaRegia» снижаются по глубине. В пригородном лесу восточной части города, определено повышенное содержание до 1,5–2 ОДК/ПДК свинца, меди, никеля и цинка (вытяжка «AquaRegia») на глубине 0–10 см.

Таким образом, почвы природно-рекреационных зон наиболее крупных городов Карелии не загрязнены тяжелыми металлами, однако в парках и скверах центральной части городов определяются повышенные концентрации отдельных элементов. Выявлено подщелачивание почв зеленой зоны на территории г. Петрозаводска и

г. Кондопоги, кислотность почв г. Костомукши близка к естественным кислым почвам. В целом почвы насыщены основаниями и обогащены подвижными соединениями фосфора и калия.

Представленный материал был получен при выполнении государственного задания ИЛ КарНЦ РАН (0220-2014-0008).

ЛИТЕРАТУРА

1. Агрохимические методы исследования почв: руководство / Ред. А.В. Соколов. Изд-во Наука М. 1975. 656 с.
2. Новиков С.Г. Оценка загрязнения тяжелыми металлами почв города Кондопога // Труды четвертой международной научно-практической конференции молодых ученых «Индикация состояния окружающей среды: теория, практика, образование», 16–18 апреля 2015 г.: сборник статей. М.: Буки-Веди, 2015. С. 117–120.
3. Новиков С.Г. Оценка загрязнения тяжелыми металлами почв различных категорий землепользования на территории города Петрозаводска // Труды КарНЦ РАН. No 1. Сер. Экологические исследования. 2015. С. 78–85.
4. Новиков С.Г. Содержание тяжелых металлов в почвах города Костомукши // Современные проблемы науки и образования, 2016. № 5; URL: <http://www.science-education.ru/article/view?id=25327> (дата обращения: 23.06.2017).
5. Стурман В.И. Экологическое картографирование: Учебное пособие. М.: Аспект Пресс, 2003. 251 с.

АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ НАДПОЙМЕННО-ТЕРРАСОВЫХ ЛЕСНЫХ ЛАНДШАФТОВ ЛЕВОБЕРЕЖЬЯ ВОРОНЕЖСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Одноралов Г.А., Тихонова Е.Н., Дунаева А.И.
*Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова, tichonova-9@mail.ru*

Созданное в 1972 г. Воронежское водохранилище затопило пойменные почвы, сложенные, в основном, крупно- и среднезернистыми песками, перекрытыми суглинистыми и глинистыми наносами весенних паводков, торфяно-глинистые отложения по дег-

АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

рессиям рельефа, озера-старицы, травяные болота, черноольшаники, пойменные дубравы, луга, разрушило все существовавшие в экосистемах связи и коренным образом изменило ход почвообразовательного процесса. В один момент произошла смена поликомпонентных ландшафтов монокомпонентным – аквальным, в котором начался подводный почвообразовательный процесс.

Быстрая, революционная смена всех факторов ландшафтогенеза в одной части бассейна обязательно скажется на других, расположенных рядом, элементах ландшафта. И это воздействие будет многоплановым, эволюционным, долго действующим и, следовательно, требующим мониторинга.

После заполнения чаши водохранилища, в результате быстрой фильтрации воды в берега, а также подпора грунтового потока, произошло сильное поднятие грунтовых вод.

По степени воздействия водохранилища на почвы, территория левобережья разделилась на области прямого и косвенного влияния. В пределах первой четко выделяются две зоны: периодического затопления и подтопления. Зона подтопления, в зависимости от глубины залегания грунтовых вод и влияния их на водный режим, подразделяется на подзону заболачивания с уровнем грунтовых вод от 0,5 до 1,0 м и от 1,0 до 1,5 м. Область косвенного влияния представлена зоной оглеения глубоких горизонтов.

Гидрологический режим преобладавших здесь светло-серых лесных песчаных почв значительно изменился. На смену периодически промывному типу водного режима в зоне затопления установился субаквальный, в подзоне заболачивания – супераквально-аккумулятивный, на участках с грунтовыми водами от 0,5 до 1,0 м – гидроморфный, а от 1,0 до 1,5 м – переходный от промывного к периодически промывному. В области косвенного влияния тип водного режима остался прежним. Изменения гидрологии левобережья дифференцировало кислородный и окислительно-восстановительный режимы подтопленных территорий, что способствовало смене растительного покрова прибрежных территорий низкого левобережья.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ ЛЕСНОГО
ПОЧВОВЕДЕНИЯ, 13–17 сентября 2017

Затопление привело к полной замене лесных ассоциаций на тростниковые. Подтопление обуславливает либо заболачивание, либо олуговение в зависимости от глубины залегания подпорных вод.

Заболачивание сопровождается медленным разрушением лесных фитоценозов и заменяет их болотной растительностью. Естественное возобновление леса, экологически соответствующего новым условиям местообитания, пока еще, не происходит.

На территории боров и суборей, подвергшихся олуговению, происходит внедрение в состав насаждений лиственных пород, подлеска и разрастания влаголюбивых трав, обуславливающих задержание почвы.

Наиболее полное представление о степени антропогенной трансформации прибрежных ландшафтов дает сопоставление величины продуцируемой биомассы в разных зонах влияния водохранилища (табл.).

Табл. Общий запас органического вещества в насаждениях различных зон подтопления Воронежским водохранилищем (IV класс возраста)

Показатели	Зоны			
	заболачивания		олуговения	глубокого оглеения
	сосняки	березняки	сосняки	сосняки
Биомасса ц/га	124,2	211,5	1016,7	843,8
в том числе:				
1. Зеленая масса	3,5	11,6	59,7	40,0
2. Надземная масса	78,5	141,1	648,9	609,0
3. Подземная масса	19,2	34,9	296,1	192,0
4. Масса трав, мхов	23,0	23,9	11,9	2,8
Мертвые остатки, ц/га	19,93	208,1	144,0	141,0
в том числе:				
1. Масса подстилки	14,3	10,1	94,0	141,0
2. Масса дернины	185,0	198,0	50,0	–
Сумма органич. в-ва, ц/га	323,5	419,6	1160,7	98,48
в том числе:				
1. Живые организмы, %	38	51	87	85
2. Мертвые остатки, %	62	49	13	15

АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

Данные, приведенные в таблице, показывают, что заболачивание серых лесных почв способствует резкому снижению продуктивности фитоценозов, по сравнению с другими участками. Напротив, олуговение территорий сопровождается увеличением запасов фитомассы.

Изменение гидрологического режима, состава фитоценозов, их продуктивности и общих запасов органического вещества трансформировало и лесные почвы низкого левого берега Воронежского водохранилища.

В палеогидроморфных светло-серых лесных слабо дифференцированных малогумусовых песчаных почвах, попавших в область косвенного влияния водохранилища, отмечено оглеение глубоких почвенных горизонтов.

В области прямого влияния водохранилища произошли более существенные изменения почвенного покрова. В зоне периодического затопления зональные почвы эволюционировали в сапрогелевые, в подзоне заболачивания – в дерново-глеевые. В пределах подзоны олуговения светло-серые лесные песчаные почвы приобрели родовые признаки глеевости и глееватости и видовые – по содержанию перегноя. Они стали средне-гумусовыми. Кроме того, в глеевых почвах выделяются супесчаные разновидности.

ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ БИОХИМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ ПОД ВЛИЯНИЕМ СПЛОШНОЙ РУБКИ ЛЕСА

Перминова Е.М., Лаптева Е.М.
*Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар,
perminova@ib.komisc.ru*

Развитие научно-технического потенциала позволяет всесторонне исследовать состояние природных и антропогенно нарушенных экосистем. Для получения объективных оценок состояния окружающей среды используют различные показатели, совокупность которых зачастую трудно интерпретируема. Решить эту проблему

позволяет применение интегральных показателей. При характеристике экологического состояния почв как компонентов природных экосистем, наиболее показательны параметры в полной мере охватывающие все свойства почвы: физические, химические, биологические, биохимические. В данном исследовании предпринята попытка оценки влияния естественного лесовосстановления после проведения сплошнолесосечных рубок еловых лесов на биохимическую активность почв с использованием интегрального показателя биологического состояния почвы (ИБСП).

Исследования проводили в Республике Коми, на территории почвенного стационара по изучению влияния сплошнолесосечных рубок на подзолистые текстурно-дифференцированные почвы средней тайги. В границах стационара выделены 3 участка: ПП1 – коренной ельник черничный, ПП2 – молодое лиственнично-хвойное сообщество первого класса возраста, ПП3 – спелый березняк разнотравный. Производные фитоценозы сформировались после проведения сплошнолесосечных рубок в зимний период 2000–2001 гг. (ПП2) и 1969–1970 гг. (ПП3) соответственно. Изменение физико-химических свойств почв рассмотрено в работах [1, 3]. Отбор проб для изучения биохимической активности почв проведен 4 раза в течение вегетационного сезона 2009 г. в 8–10 кратной повторности в каждом фитоценозе. Определение каталазной, дегидрогеназной и инвертазной активности выполнено в соответствии с классическими методами биохимии [4]. Параллельно определяли величину pH, содержание углерода общего ($C_{\text{общ}}$) и азота общего ($N_{\text{общ}}$). Оценку совокупности полученных показателей проводили на основании расчета ИПБС [2].

Как показали проведенные исследования, все показатели ферментативной активности значительно варьировали в течение сезона. В органогенном горизонте почвы участка ПП1 активность каталазы в среднем изменялась от 1.6 до 6.1 $O_2 \text{ см}^3 \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{мин}^{-1}$, дегидрогеназы – от 3.7 до 4.1 мг формазана $\cdot \text{г}^{-1}$, инвертазы – от 15.8 до 23.4 мг глюкозы $\cdot \text{г}^{-1}$ за 24 ч. Ферментативная активность органогенного горизонта почвы участка ПП2 имела некоторое сходство с почвой ПП1. Каталазная и инвертазная активность характеризова-

АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

лись здесь величинами от 1.5 до 4.5 $O_2 \text{ см}^3 \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{мин}^{-1}$ и от 19.2 до 21.2 мг глюкозы $\cdot \text{г}^{-1}$ за 24 ч соответственно. Исключение составила дегидрогеназная активность, для которой были отмечены значения на участке ПП2 в диапазоне от 5.2 до 6.5 мг формазана $\cdot \text{г}^{-1}$.

Наибольшими значениями каталазной и инвертазной активности характеризовалась подстилка спелого березняка разнотравного, что является следствием иного по качеству поступающего листового опада. Активизация микробиологической деятельности на данном участке привела к заметному увеличению активности каталазы (3.5–6.5 $O_2 \text{ см}^3 \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{мин}^{-1}$) и активности инвертазы (23.7–28.4 мг глюкозы $\cdot \text{г}^{-1}$ за 24 ч). Величина дегидрогеназной активности в толще подстилки участка ПП3 оказалась несколько выше, чем в подстилке участка ПП1, но в течение всего сезона оставалась заметно ниже по сравнению с аналогичным горизонтом почвы участка ПП2. Ее значения варьировали в пределах 4.4–4.8 мг формазана $\cdot \text{г}^{-1}$.

При оценке полученных результатов нами был использован расчет величины ИПБС почвы. В расчете данного показателя помимо ферментативной активности также учитывали содержание углерода, азота и величину рН. Данные значения являются наиболее важными для проявления ферментативной активности почв. В результате проведенных расчетов установлено что на ранних стадиях восстановительной сукцессии верхние подгоризонты органогенного горизонта характеризуются некоторым повышением величины ИПБС почвы по сравнению с контрольным участком, при переходе к подгоризонту гумификации и минеральной части почвы значения данного показателя снижаются. На поздних стадиях естественного лесовосстановления повышение ИПБС почвы наблюдается во всей толще подстилки. Однако в минеральной части почвы величина ИПБС оставалась значительно ниже таковой в почве коренного ельника.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта Комплексной программы УрО РАН № 15-12-4-45 «Функционирование и эволюция экосистем криолитозоны европейского северо-востока России в условиях антропогенных воздействий и изменения климата» (Гр. 11512151006).

ЛИТЕРАТУРА

1. Дымов А.А., Милановский Е.Ю. Изменение органического вещества таежных почв в процессе естественного лесовозобновления растительности после рубок (средняя тайга Республики Коми) // Почвоведение. 2014. № 1. С. 39–47.
2. Казеев К.Ш., Колесников С.И. Биодиагностика почв: методология и методы исследований. Ростов-на-Дону: Издательство Южного федерального университета, 2012. 260 с.
3. Лаптева Е.М., Втюрин Г.М., Бобкова К.С., Каверин Д.А., Дымов А.А., Симонов Г.А. Изменение почв и почвенного покрова еловых лесов после сплошнолесосечных рубок // Сибирский лесной журнал. 2015. № 5. С. 64–76.
4. Хазиев Ф.Х. Методы почвенной энзимологии. М.: Наука, 2005. 252 с.

**ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ
НА ПРИМЕРЕ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА**

Русинова Т.А.¹, Елсукова Е.Ю.¹, Евтюгина З.А.²

¹ Санкт-Петербургский государственный университет,
Санкт-Петербург, e.elsukova@spbu.ru

² Апатитский филиал ФГБОУ ВПО «Мурманский государственный
технический университет», Апатиты, zina_evt@mail.ru

Загрязнение почв тяжёлыми металлами – одна из самых актуальных проблем геоэкологии. Сегодня содержание тяжелых металлов определяется не только подстилающими породами, но и антропогенным загрязнением. Кольский полуостров, обладающий богатым ресурсным потенциалом, активно разрабатывается с 30-х годов прошлого века. За это время на горно-металлургическом комбинате в г. Мончегорске изменялись технологические процессы, использовалась руда разного химического состава, что влияло на количество выбросов Ni, Cu, соединений S и других веществ. В результате чего вокруг комбината сформировались техногенные пустоши. За последнее время объем выбросов снизился и наблюдаются восстановительные процессы [1,2], однако вопрос миграции и аккумуляции тяжелых металлов в почвах, прилегающих к комбинату территорий, остается актуальным.

АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

Пробы почв отбирались летом 2016 г. в двух почвенных горизонтах: гумусовом и иллювиальном. Относительно г. Мончегорск в южном направлении были заложены площадки на расстояниях 0, 6–7, 12, 23–25 и 36–40 км. При отборе проб использовался метод конверта. В отобранных пробах определены подвижные формы и валовое содержание Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb и Zn. Определение подвижных форм тяжелых металлов проводилось в учебно-научной лаборатории Геоэкологического мониторинга СПбГУ с применением ацетатно-аммонийного буфера с pH 4,8 по методике РД 52.18.289-90. Полученный раствор анализировали с помощью атомно-абсорбционного спектрофотометра повАа 300. Определение валовых концентраций тяжелых металлов проводилось в ресурсном образовательном центре СПбГУ по направлению химия по методике М-МВИ-80-2008 (микроволновое разложения в печи Sineomds-10), химический анализ проводился с использованием оптического эмиссионного спектрометра с индуктивно-связанной плазмой ICP-AES-9000.

При исследовании было обнаружено превышение ПДК и ОДК по большинству проанализированных тяжелых металлов. Приведем данные по индикаторным элементам.

Медь. Концентрации подвижных форм меди в гумусовом горизонте варьируют от 0,0025 мг/кг на площадках 23–25 км и 36–40 км, до 424 мг/кг в зоне 6–7 км. В иллювиальном горизонте минимальные значения наблюдаются также в наиболее удаленных от источника загрязнения площадках. Максимальная концентрация 95 мг/кг наблюдается на расстоянии 12 км от комбината.

На ближайших к комбинату площадках: 0, 6–7 и 12 км концентрации в О-горизонте выше, чем в В-горизонте, а на площадках 23–25 км и 36–40 км соотношение меняется.

В большинстве проб зафиксировано превышение ПДК. В зоне 0 км в гумусовом горизонте ПДК превышена в 1,5 раза, в иллювиальном горизонте на расстоянии 2 км – в 6 раз, в зоне 6–7 км превышение отмечено для обоих горизонтах, в гумусовом горизонте в 134 раза, в иллювиальном – в 5 раз. На площадке 12 км в гумусовом горизонте – в 74 раза, в иллювиальном – в 17 раз. На следующей по удалению от Мончегорского ГМК площадке 23–25 км кон-

центрации снижаются. В наиболее отдаленной зоне 36–40 км концентрации подвижных форм меди не превышают нормативов.

Валовое содержание меди в почвах. Для А-горизонта концентрации валовых форм меди меняются от 13 мг/кг на вершине холма в 6–7 км, до 1435 мг/кг на этой же площадке, но в средней части склона, таким образом, концентрация на одной площадке в разных частях склона изменяется в 108 раз. Для В-горизонта минимальная концентрация составляет 13 мг/кг на площадке 36–40 км, а максимальная концентрация 193 мг/кг для площадки 12 км. На всех площадках концентрации в гумусовом горизонте выше чем в иллювиальном.

Значение ОДК меди превышено на большинстве площадках в гумусовом горизонте: 0 км в 7 раз, 6–7 км в 11,4 раза, 12 км в 8 раз, 23–25 км в 1,5 раз. На самой отдаленной площадке превышения не выявлено. Для иллювиального горизонта ОДК превышено на площадке 6–7 км на 6 мг/кг и на площадке 12 км в 2 раза.

Никель. Содержание подвижных форм никеля в почвах. В О-горизонте минимальная концентрация составила 0,0025 мг/кг, такая концентрация характерна для самой отдаленной из исследуемых площадок – 36–40 км. Максимальная концентрация выявлена для 6–7 км, здесь содержание подвижных форм никеля составило 63 мг/кг. В В-горизонте минимальное и максимальное содержание характерно для тех же площадок, что и в О-горизонте. Минимальная концентрация 0,0025 мг/кг характерна для 36–40 км, а максимальная концентрация 28 мг/кг обнаружена в зоне 6–7 км.

Содержание подвижных форм никеля в О-горизонте выше чем в В-горизонте для площадки 0 км, 6–7 км, 23–12 км. В двух более отдаленных зонах (23–25 км и 36–40 км) соотношение становится обратным, концентрация в В-горизонте выше, чем в А-горизонте.

ПДК для подвижных форм никеля в почвах ограничен 4 мг/кг, следовательно, превышения норматива наблюдаются на площадке 0 км (в гумусовом горизонте в 2,9 раза, в иллювиальном горизонте в 1,5 раза), на площадке 2 км (в иллювиальном горизонте в 5,6 раз), на площадке 6–7 км (в А-горизонте на в 9,2 раза и В-горизонте в 3,7 раз), на площадке 12 км (в А-горизонте в 10,2 раза, в В-горизонте в 4,3 раза). На площадках 23–25 км и 36–40 км превышений ПДК не выявлено.

АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

Валовое содержание никеля в почвах. Минимальная концентрация валовых форм никеля в А-горизонте составила 7 мг/кг на площадке 36–40 км, максимальная 2914 мг/кг в зоне 12 км. Для В-горизонта минимальная концентрация отмечена в зоне 36–40 км, здесь валовое содержание составило 3 мг/кг, максимальная концентрация отмечена здесь же, в нижней части склона (1295 мг/кг). Во всех рассматриваемых площадках (кроме 36–40 км) концентрации в гумусовом горизонте оказались выше, чем в иллювиальном.

ОДК никеля в почвах составляет 40 мг/кг. Выявлены превышения норматива для зон: 0 км (в О-горизонте в 27,3 раз в В-горизонте в 2,1 раза), 6–7 км (для О-горизонта в 65 раз), для В-горизонта в 2,7 раз), 12 км (в гумусовом горизонте в 49,5 раз, иллювиальном горизонте на в 4 раза), 23–25 км (в иллювиальном горизонте на 4 мг/кг, в гумусовом горизонте в 10,7 раз), 36–40 км (в гумусовом горизонте в 2,6 раза, а в иллювиальном в 5 раз).

Превышение нормативов было также отмечено для таких элементов как Co, Cr, Mn и Pb. Зоной с наибольшими концентрациями тяжелых металлов стала площадка 6–7 км (зона максимальной деградации растительности), что согласуется с другими исследованиями [1,2]. Следовательно, несмотря на начавшиеся здесь восстановительные процессы, накопленные тяжелые металлы могут препятствовать этому, проявляя свои токсичные свойства при изменении свойств среды, о чем свидетельствуют зафиксированные высокие концентрации валовых форм.

ЛИТЕРАТУРА

1. Таран Р.О., Елсукова Е.Ю. Содержание подвижных форм тяжелых металлов в почвах в зоне воздействия комбината «Северо- никель» // Журн. Антропогенная трансформация природной среды. Пермь, 2015. С. 170–173.
2. Опекунова М. Г., Елсукова Е. Ю., Чекушин В. А., Томилина О. В., Салминен Р., Рейманн К. Мониторинг изменения состояния окружающей среды в зоне воздействия комбината «Североникель». I. Миграция и аккумуляция химических элементов в почвогрунтах г. Мончегорска // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 7: Геология, география. 2006. Вып. 2. С. 96–103.

**ДИНАМИКА ЗАПАСОВ БИОФИЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ
В ПОЧВАХ ЗАОНЕЖЬЯ ПРИ РАЗНЫХ ТИПАХ
ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ**

Сидорова В.А.

ИБ КарНЦ РАН, Петрозаводск, val.sidorova@gmail.com

В последнее время актуальным стал вопрос о необходимости получения объективных данных о влиянии человеческой деятельности на баланс углерода и других биофильных элементов в почвах. Вследствие экономических преобразований в аграрном секторе страны наблюдается прекращение возделывания и перевод значительных площадей пахотных почв в земли кормовых угодий и выведение земель из севооборота.

Представленная работа направлена на выявление трендов трансформации биогеохимических циклов при изменении землепользования, в частности, при сельскохозяйственном освоении почв под пашню, луга и пастбища, а также на оценку динамики возвращения почв к исходному функционированию после вывода земель из-под антропогенного прессинга в исходное состояние.

Проводилось научное исследование физических и физико-химических свойств почв в образцах, полученных под разными типами землепользования. Объектами исследований служили почвы озерно-ледниковых и моренных ландшафтов, в том числе на отложениях с участием шунгитовых сланцев (район пос. Толвуя, Медвежьегорский район, Карелия). На большей части исследуемой территории почвы образуются на элюво-делювии шунгитовых сланцев, что способствуют развитию на них буроземов темноцветных. По мере удаления от шунгитовых месторождений, содержание в морене и водно-ледниковых отложениях шунгитового материала уменьшается. Почвообразующая порода включает в себя как шунгиты, так и породы силикатного состава [1].

Нами был проведен сравнительный анализ физических и физико-химических свойств в почвенных образцах, отобранных на участках с разными типами землепользования. В районе исследования

АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

было заложено 6 серий разрезов на разных отложениях, под разными типами растительных сообществ и с разной долей использования земель в сельском хозяйстве. Разрезы закладывались в основном группами по 3–4 штуки для одного агроландшафта с целью выявления происходящих изменений при забрасывании сельскохозяйственных земель в зависимости от времени. В итоге получался ряд: сельхозугодье, залежи разного возраста, естественный лес. В каждой точке фиксировались координаты по GPS, описание окружающей территории, тип землепользования, описание растительности, элементы рельефа, морфологические признаки почвы. В каждом почвенном горизонте отбирались образцы для последующего анализа физико-химических свойств, а также образцы на плотность. Плотность определялась в образцах с ненарушенным сложением с помощью цилиндров определенного объема. В случае мощных горизонтов, отбиралось несколько образцов из одного горизонта, но с разных глубин. В полученных почвенных образцах определялась pH_{KCl} потенциметрически, содержание общего азота по Кьельдалю и валового фосфора.

На основании картографических материалов известно, что в 1969 г. и в 1992 г. характер землепользования исследуемых территорий не менялся: эту территорию использовали под пашню. Об использовании этой территории в сельском хозяйстве свидетельствует также выровненный характер рельефа, вытянутость ровниц по краям полей с достаточно широким пространством между ними, и их геометрически правильное расположение, что удобно при обработке сельскохозяйственной техникой. Степень заброшенности определялась по степени доминирования злаковых в травянистом покрове, а также наличию и возрасту древесных растений.

Установлено, что наибольшие запасы биофильных элементов содержатся в почвах на участках, в настоящее время активно используемых в сельском хозяйстве: сенокосы (ежа, тимофеевка, клевер) и посевы вико-овсяной смеси. Запасы углерода на этих участках составляют в среднем 265 т/га. Максимальные запасы отмечены в пахотном горизонте. В почвах на землях, выведенных из севооборота, запасы снижаются до 196 т/га. Однако максимальные

запасы также отмечены в старопашотном горизонте (границы старопашотного горизонта легко определяются при вскрытии разреза). В лесных почвах запасы углерода значительно ниже – около 135 т/га. Запасы азота составляют в среднем 24,4 т/га. В залежных землях запасы снижаются до 21,5 т/га. Однако максимальные запасы также отмечены в старопашотном горизонте. В лесных почвах запасы азота значительно ниже – около 16,9 т/га. Следует заметить, что разница в запасах азота не столь существенна, как в запасах углерода. Запасы фосфора на этих участках составляют в среднем 16,2 т/га. Максимальные запасы отмечены в пахотном горизонте. В почвах на землях, выведенных из севооборота, запасы снижаются до 13,65 т/га. В лесных почвах запасы валового фосфора несколько ниже – около 11,5 т/га.

Изменение запасов происходит главным образом за счет «перераспределения» содержания биофильных элементов по почвенному профилю.

По мере естественного зарастания пашни лесом содержание углерода в верхнем 10-см слое в почве сначала немного уменьшается, а затем резко увеличивается. Это может быть связано с поступлением листового опада древесного яруса. Распределение углерода по почвенному профилю переходит от постепенно убывающего к резко убывающему. Подобная картина наблюдается и для распределения содержания углерода в верхней части разрезов, заложенных на двух разновозрастных залежах. Таким образом, в процессе зарастания пашни и сенокоса лесом происходит дифференциация бывшей пахотной толщи на 2 подгоризонта по содержанию углерода.

Кривые распределения содержания общего азота по почвенному профилю на участках разного типа землепользования в целом сходно с аналогичными кривыми для содержания общего углерода. Следует только отметить возрастание содержания общего азота уже и в самом верхнем (0–10 см) горизонте залежных земель.

В случае кривых распределения содержания валового фосфора по почвенному профилю на участках разного типа землепользования наиболее выделяется распределение на действующем сельхозугодье: высокое содержание валового фосфора наблюдается и в

АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

подпахотном горизонте и постепенное снижение запасов на глубине 20–60 см. Следует только отметить что не происходит резкого увеличения содержания валового фосфора в верхнем (0–10 см) горизонте лесной почвы, что связано с отсутствием поступления фосфора на этом участке.

По результатам проведенных работ выявлены закономерности распределения содержания основных биофильных элементов (азота, фосфора и углерода) в специфических ландшафтах, формирующиеся на элювии шунгитовых сланцев. В результате вспашки, известкования и внесения удобрений происходит образование пахотного горизонта, обогащённого углеродом и другими биофильными элементами. При переходе почв под залежь, зарастающую лесом, запасы углерода, азота и фосфора в них снижаются.

Исследования были выполнены в рамках государственного задания (тема № 0221-2014-0036).

ЛИТЕРАТУРА

1. Морозова Р.М., Федорец Н.Г., Бахмет О.Н. Почвы и почвенный покров Заонежья Карелии // Труды Карельского научного центра РАН, вып. 6, Петрозаводск: КарНЦ РАН. 2004 С. 69–89.

ВОЗДЕЙСТВИЕ БИОДЕНДРОГРУПП ИСКУССТВЕННЫХ НАСАЖДЕНИЙ НА ФОРМИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ И СВОЙСТВА СУХОСТЕПНЫХ ПОЧВ

Сорокина О.А., Макеева О.Л.
ФГБОУ «Красноярский ГАУ», Красноярск, geos0412@mail.ru

Комплексные меры по формированию экологически устойчивых экосистем степных регионов России, являющихся родиной защитного лесоразведения, на первое место всегда выдвигали создание искусственных древесно-кустарниковых насаждений различной конструкции и назначения [2,3]. При этом разные виды растений могут оказывать специфическое воздействие на почвообразовательные процессы и свойства почв. Результаты мониторинга

плодородия почв этих модельных антропогенных фитоценозов возможно использовать для создания устойчивого ландшафтно-системного обустройства зоны [1].

Цель исследований – дать оценку эколого-фитоценологического воздействия биодендрогрупп искусственных древесных и кустарниковых насаждений на формирование некоторых экологических факторов и трансформацию свойств почв Ширинской степи р. Хакасия.

Объектами исследования являются био-дендрогруппы (БДГ), созданные в 1975–1978 гг. на территории Ширинской опытно-экспериментальной базы Института леса СО РАН р. Хакасия [4]. Эти искусственные поливидовые ландшафтные зеленые насаждения, имеющие небольшую площадь, округлые очертания, характеризуются сочетанием эдификаторных и соподчиненных видов. Как правило, эдификаторными видами являются крупные деревья или кустарники, экологически приспособленные к произрастанию в условиях юга Сибири. Они определяют условия местообитания видов травянистой растительности и особенности межвидовых взаимоотношений. Эколого-фитоценологическое воздействие на компоненты окружающей среды, в том числе на почву, оказывает мощность и ширина кроны, строение и развитость корневой системы, состояние ризосферы, размеры межкоронового пространства, надземный травянистый ярус, количество и качество опада и подстилки.

Для исследований в 2015–2016 гг. были подобраны следующие десять биодендрогрупп (БДГ).

1. Вяз, яблоня сибирская, барбарис, смородина двуиглая.
2. Вяз, сирень, клен, боярышник, крушина (жостер).
3. Барбарис, шиповник, яблоня, сирень, осина.
4. Осина, сирень, шиповник, таволга (спирея).
5. Облепиха, жимолость татарская, вяз, осина.
6. Черемуха виргинская, яблоня, жимолость татарская.
7. Сирень, рябина, береза, карагана (акация).
8. Сосна, черемуха виргинская, ива красная.
9. Боярышник, лиственница сибирская, сирень.
10. Тополь, яблоня, жимолость татарская.

АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

В качестве контроля взят участок естественного фитоценоза Ширинской степи, расположенный в непосредственной близости от искусственных насаждений.

Измеряли температуру приземного слоя воздуха наружными термометрами и температуру почвы в слое 0–10 см термометром Specktemp 1 by HANNA (°C). Определяли содержание влаги весовым методом, комплекс основных почвенно-агрохимических свойств по общепринятым методикам, а также структурный состав методом сухого просеивания по Саввинову а слоях почвы 0–20, 20–40 см. Проводили учет запасов, структуры, видового состава травянистой фитомассы (т/га), запасов и структуры подстилки (т/га) по рамке. Динамика влажности в почвах свидетельствует о специфике протекания почвенных процессов и условиях обитания древесных и кустарниковых видов. Их интродукция в сухостепной зоне р. Хакасия ограничивается дефицитом почвенной влаги. В биодендрогруппы с максимальным содержанием почвенной влаги входят эдификаторные древесные виды, дающие самую мощную подстилку (осина, черемуха, береза), затеняющие поверхность почвы, предохраняющие влагу от испарения и сохраняющие ее (БДГ 4,5,6,7). Максимальные различия по содержанию общей влаги установлены в конце вегетации.

Эколого-фитоценологическое воздействие БДГ через температуру приземного слоя воздуха и почвы непосредственно влияет на функциональную активность почвенных микроорганизмов. На целинном участке температура воздуха на 9–13 °C выше чем под искусственными насаждениями. Особенно резкие отличия отмечаются в дневные часы (15 час) летних месяцев июня, июля. В вечерние часы температура воздуха в приземном слое разных объектов резко снижается и выравнивается. Такой перепад температуры связан с резкой континентальностью климата степной зоны Хакасии. В дневные часы летом воздух меньше прогревается и он более прохладный в тех насаждениях, где больше кустарниковых пород с развитой и густой кроной, например, жимолость татарская в биодендрогруппах 5, 6 и 9

(19,2–26,7 °С). Температура верхнего слоя почвы менее контрастна по сравнению с температурой воздуха. Отмечены незначительные перепады температуры верхнего слоя почвы в течение дневного времени, от 10 час утра до 20 час вечера. Меньше прогревается в дневные часы почва под БДГ 5, 6, 9 и 10 (17,8–19,2 °С), в которые входит жимолость татарская, затеняющая поверхность почвы. На участке степного фитоценоза температура почвы в это же время составляет 23,1–25,7 °С.

Самым высоким содержанием гумуса, превышающим 8 %, характеризуется почва БДГ 2, 4, 5, 6 с более широким участием кустарниковых видов с раскидистой кроной, хорошо облиственных, обладающих поверхностной корневой системой с большим количеством сосущих корней и развитой сетью ризосферы. Для этих БДГ отмечена биогенная аккумуляция элементов питания. Подкисление почвы по величине рНводн установлено в БДГ 8 и 9, что может быть обусловлено произрастанием хвойных растений (сосна, лиственница сибирская) дающих более кислый опад. В этих же биодендрогруппах, а также под совместными насаждениями тополя, яблони сибирской и жимолости зафиксированы минимальные значения суммы обменных оснований. В структурном составе характерно отсутствие пыли и очень небольшая доля крупных фракций. По содержанию агрономически ценных фракций (АЦФ) почва в обоих слоях всех БДГ классифицируется как отлично оструктуренная с содержанием АЦФ от 81 до 96 %.

Все изменения показателей плодородия ничего бы не значили без связи с продуктивностью напочвенного травянистого покрова, его видовым разнообразием и формированием подстилки. Самые высокие запасы надземной травянистой фитомассы зафиксированы в биодендрогруппах 4, 9 и 10 с хорошо развитым напочвенным покровом, куда входят кустарниковые виды: сирень, шиповник, спирея, жимолость татарская, создающие оптимальные условия увлажнения и температуры для нарастания и сохранения вегетативной массы травянистых растений. Наиболее мощные запасы подстилки формируются в биодендрогруппах

АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

пах 4, 8, 10, где в составе БДГ присутствуют растения с раскидистой хорошо облиственной кроной, более богатым травяным покровом, присутствием как разнотравья, так и злаков. Почти полностью отсутствует сорный компонент. Под биодендрогруппами с кустарниками появляются бобовые виды и представители лесного разнотравья (*Geranium sylvaticum*), которые в составе травянистой растительности естественных степных биоценозов практически не обнаруживаются. В самых верхних слоях почвы на границе формирующейся подстилки и минерального горизонта образуется «грибница», густо пронизывающая почву, появляются шляпочные грибы.

Положительное эколого-фитоценотическое воздействие биодендрогрупп искусственных насаждений древесной и кустарниковой растительности по комплексу показателей в условиях сухой степи Хакасии очевидно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ковылина, О.П. Защитное лесоразведение в Ширинской степи. / О.П. Ковылина, Н.В. Ковылин. Красноярск: СибГТУ, 2008. 168 с.
2. Лобанов, А.И. Роль защитных лесных насаждений Ширинской степи (Хакасии) в предотвращении опустынивания / А.И. Лобанов, Г.С. Вараксин, В.К. Савостьянов // Опустынивание земель и борьба с ним. Матер. Межд. научн. конф. 16–19 мая 2006 г. Абакан, 2007. С. 87–94.
3. Савостьянов В.К. О деградации почв в регионах Средней Сибири за последние 30–35 лет. В сб. Совершенствование ведения сельскохозяйственного производства на опустыненных землях аридной зоны // РАСХН, Сиб. отд., НИИ аграрных проблем Хакасии, Тувинский НИИСХ, НИИ растениеводства и земледелия Монголии. Абакан, 2010. С. 89–95.
4. Сорокин, Н.Д. О повышении приживаемости культур лиственницы в степных районах Хакасии. / Н.Д. Сорокин, В.А. Молоков, А.К. Москалев // Лесное хозяйство. 1998. № 6. С. 38–40.

ВЛИЯЕТ ЛИ ОДНОКРАТНОЕ ВЫТАПТЫВАНИЕ НА ЧИСЛЕННОСТЬ ПОЧВЕННЫХ КОЛЛЕМБОЛ?

Таранец И.П.

Музей землеведения МГУ им. М.В. Ломоносова, Эколого-просветительский центр «Воробьёвы горы», Москва, iris1_@mail.ru

Исследования влияния вытаптывания на почвенные животные, в частности коллембол, идут достаточно давно. Коллемболы, или ногохвостки – это мелкие, почвенные членистоногие животные, длина тела которых не превышает нескольких миллиметров. Высокое разнообразие, численность, повсеместное распространение и чувствительность к антропогенному вмешательству позволяет использовать их в работах биоиндикационной направленности [2, 3, 4], а также в качестве модельных объектов для решения разных биоценологических задач. Обитая в воздушных полостях между частицами почвы или подстилки, имея чувствительные к дефициту влаги покровы тела и другие особенности жизненного цикла, они чутко реагируют на изменения среды, в том числе возникающие в результате антропогенных воздействий, в частности вытаптывания.

Многими авторами показана деградация населения коллембол при сильном рекреационном воздействии. Однако разные авторы приводят различные данные по оценке численности ногохвосток при рекреации, которые могут различаться во много раз [1, 10]. Более того, при минимальной нагрузке может возрасти видовое богатство и разнообразие сообществ [2, 3], что соответствует гипотезе «промежуточного нарушения» [11]. Оказалось, что эффекты рекреации по-разному проявляют себя на разных стадиях сукцессии и в разных биотопах, при этом обилие коллембол также сокращается по-разному [5, 6]. При рекреационной нагрузке происходит проникновение несвойственных данной экосистеме видов и снижение численности видов-специалистов [2, 7, 8].

Рекреационное воздействие влияет на коллембол непосредственно (прямое уничтожение при вытаптывании) или через изменение различных свойств почвы. Практически все работы по этому на-

АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

правлению изучали последствия регулярного воздействия вытаптывания на рекреационные участки и эффекты, накапливающиеся во времени. Лишь немногие исследователи оценивали непосредственно влияние вытаптывания на почвенных животных [9, 10]. Даже при однократном прохождении человека показано резкое снижение численности коллембол. Однако эти данные нуждаются в подтверждении. Не известны последствия однократного действия от вытаптывания на коллембол объектами разной массы: багаж, человек, автотранспорт. Цель работы – оценка выживаемости коллембол при однократном вытаптывании при разных весовых нагрузках.

Опыт проводили в июне 2016 г. в Подольском лесничестве на двух участках. Один участок смешанного леса был с преобладанием хвойных пород (ель обыкновенная, сосна обыкновенная; в подросте дуб черешчатый; в подлеске рябина обыкновенная; в травяном ярусе доминировала кислица обыкновенная; толщина подстилки – несколько сантиметров, встречались зеленые мхи). Второй участок был выбран как характерное место для отдыха и представлял собой опушку смешанного леса с берёзой повислой, дубом черешчатым, липой сердцелистной, сосной обыкновенной (в подлеске встречался орех обыкновенный; в травяном ярусе доминировал гравилат речной; подстилка состояла из дёрна, опавших листьев и хвои). Два участка были представлены дерново-подзолистой суглинистой почвой.

В пределах пробной площади размером 10×10 м располагались трансекты. На каждом участке отбирались почвенные пробы в семикратной повторности, каждая повторность состояла из 5 проб. Расстояние между комбинациями проб составляло 50 см. На почвенный покров воздействовали объектами разной массы: люди (50 кг, 80 кг) и автомобильный транспорт (мотоцикл 160 кг под передним колесом; машина 450 кг под передним колесом). В первом случае, давление на почву составляло около 0,35 кг/см², во втором – 0,43 кг/см², далее – 0,53 и 0,58 кг/см². Отметим, что при воздействии на почвенный покров люди были в обуви с плоской подошвой, а после нагрузки автомобильным транспортом отбор проб осуществлялся под передним колесом. Отбирался контроль (отсутствие воздействия), максимально близко к нему брали пробы с воздействием на

почву разной массой тела людей и автомобильным транспортом. Почвенные пробы отбирали почвенным буром диаметром 5 см (площадь пробы 20 см²) сразу после воздействия объектом. Всего было отобрано 70 почвенных проб, получено 867 экземпляров коллембол.

Результаты показали, что на двух участках при однократном рекреационном воздействии существенного снижения численности коллембол достоверно не происходит при всех воздействиях, кроме как от колёс автомашины с существенной весовой нагрузкой (табл.).

**Табл. Общая численность коллембол при однократном
вытаптывании на участках**

Объекты воздействия	Давление на кг/см ²	Участок смешанного леса, экз/пробу (± ошибка средней)	Опушка смешанного леса, экз/пробу (± ошибка средней)
Контроль	–	21,9 ± 7,1	10,9 ± 5,6
Вес 50 кг	0,35	20,4 ± 7	11,3 ± 5,5
Вес 80 кг	0,43	18,6 ± 9	8,3 ± 5
Мотоцикл (переднее колесо)	0,53	16,6 ± 9	7,6 ± 3
Машина (переднее колесо)	0,58	5,1 ± 3*	3,3 ± 3*

Примечание: * использован Критерий Манна-Уитни, критерий значим на уровне $p < 0,05$

Таким образом, общее обилие коллембол не снижается при однократном вытаптывании на лесных участках при воздействии весом человека 50 и 80 кг, а также мотоциклом и только автомашина приводит к существенному изменению численности почвенных микроартропод.

Автор признателен за помощь в обеспечении автомобильным транспортом при проведении эксперимента А.Л. Попову, В.В. Илларионову и Е.А. Илларионовой.

Работа поддержана грантом РФФИ № 16-04-01228.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузнецова Н.А., Иорданский С.П., Потанов М.Б. Оценка антропогенной трансформации почвенного населения микроартропод в целях ин-

АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ
ЛЕСНЫХ ПОЧВ

дикации состояния лесов г. Тольятти // Биоиндикация: теория, методы, приложение. Тольятти: Интер-Волга, 1994. С. 147–175.

2. *Кузнецова Н.А.* Организация почвенных сообществ и ее роль в биоиндикации // Антропогенная динамика экосистем: Материалы IX конференции (19 февраля 2002 г., Москва). Науч. тр. МНЭПУ. Вып. 2. Сер.: «Реймерсовские чтения». М.: МНЭПУ, 2003. С. 39–91.

3. *Кузнецова Н.А.* Организация сообществ почвообитающих коллембол. М.: ГНО «Прометей» МПГУ, 2005. 244 с.

4. *Кузнецова Н.А.* Коллемболы как модельная группа в биоценологических исследованиях // Чтения памяти академика М.С. Гилярова. М.: Т-во научных изданий КМК, 2008. С.11–49.

5. *Надеждина Т.С., Шварц Е.С.* Влияние рекреационного воздействия на разные группы почвенных микроартропод // Проблемы почвенной зоологии. Материалы XV Всероссийского совещания по почвенной зоологии, под ред. Б.Р. Стригановой. М.: Т-во научных изданий КМК, 2008. С. 295–296.

6. *Надеждина Т.С., Кузнецова Н.А.* Влияние рекреационной нагрузки на почвообитающих коллембол в лесных ассоциациях // Зоологический журнал. 2010. Том 89. № 5. С. 574–582.

7. *Таранец И.П., Кузнецова Н.А., Смуров А.В.* Влияние рекреации на пространственное распределение почвообитающих коллембол в лесных экосистемах // Вестник Московского государственного университета леса «Лесной вестник». М.: Издательство Московского государственного университета леса № 3 (72), 2010. С. 199–206.

8. *Таранец И.П.* Пространственное распределение почвенных коллембол в рекреационных лесах Подмосковья. Автореферат дисс. ...канд. биол. наук. М., 2013. 23 с.

9. *Юрьева Н.Д.* Влияние рекреации на население мелких членистоногих в подстилке и почвы березняков в Подмосковье // Фауна и экология беспозвоночных животных. Сборник трудов. Часть 1. М., 1976. С. 46–55.

10. *Юрьева Н.Д.* Действие рассредоточенных и массивованных рекреационных нагрузок на комплекс микроартропод в ельниках и березняках Подмосковья // Фауна и экология почвенных беспозвоночных Московской области. М.: «Наука», 1983. С. 205–209.

11. *Connell J.H.* Diversity in tropical rainforests and coral reefs // Science. 1978. V. 199. P. 1302–1310.

**ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ
СВОЙСТВ ПОЧВ В СОСНЯКАХ СРЕДНЕВОЗРАСТНЫХ,
ПРОЙДЕННЫХ РУБКОЙ УХОДА**

Ткаченко Ю.Н.

Институт леса КарНЦ РАН, Петрозаводск, tkachenko@krc.karelia.ru

Лесные экосистемы – это уникальные природные образования, роль которых в функционировании биосферы трудно переоценить [7,9]. Влияние древесных пород на лесные почвы осуществляется прямо и косвенно. Прямое влияние проявляется в изменении водного режима, обеднении почвы элементами минерального питания, создании структуры почвы и др. Косвенное влияние на почвы деревья оказывают, воздействуя на факторы почвообразования – климат, растительность и фауну [10].

Для формирования высокопродуктивных древостоев и создания благоприятных условий для их развития проводят рубки ухода. При проведении таких рубок удаляют часть деревьев спелого поколения с равномерным распределением по площади, а также другие деревья по лесоводственным соображениям с расчетом на постоянное повторение приема рубки через равные промежутки времени, в течение которых восстанавливается ранее вырубленный лес [3,5]. В результате разреживания древостоя ускоряется рост кроны в горизонтальной плоскости, а также заполнение промежутков в лесном пологе. При этом масса кроны прирастает более интенсивно, чем ствола. При уменьшении числа деревьев снижается и масса корней (непосредственно после рубки). Вместе с тем, рубки активизируют процесс формирования корневой системы и, по прошествии 10 лет в разреженных древостоях отмечается масса корней больше, чем в контрольном насаждении [8]. Дополнительный объем древесины и растительных остатков от рубок ухода [1] активизирует деятельность грибов и актиномицетов, что способствует гумификации и минерализации растительных остатков. В ряде работ отмечается улучшение пищевого режима подзолистых почв [11].

АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

Для изучения пространственно-временного варьирования свойств лесных почв объектами исследования послужили альфегумусовые почвы государственного природного заповедника «Кивач», расположенного на северо-западном побережье Онежского озера в юго-восточной части Балтийского кристаллического щита, в зоне денудированных выходов коренных пород преимущественно диабазовой формации [4, 6]. Морфологическое строение почв имеет следующий вид: О-Е-ВF-В2- ВС-ВС2-С.

Пробная площадь, используемая в качестве контроля, была заложена в сосняке средневозрастном черничном I класса бонитета, для изучения свойств почв после проведения в древостоях рубок ухода пробные площади закладывались в 45-, 60- и 70-летнем сосняках с 40-процентным изреживанием. На каждой пробной площади по сетке, состоящей из 25 квадратов с длиной стороны 10 м, в углах квадратов выполнялись прикопки, в которых определялись границы и мощность верхних генетических горизонтов. Из каждого горизонта отбирались образцы почв в 25-кратной повторности. Для определения физико-химических свойств анализ почвенных образцов проводился по общепринятым методикам [2].

Исследованные почвы характеризуются четкой дифференциацией на генетические горизонты, для них характерен легкий гранулометрический состав, на глубине 35–60 см появляются прослойки легкого пылевато-песчаного суглинка. Отмечалось незначительное варьирование мощности органогенного горизонта, распределение близко к симметричному при небольшой дисперсии. Для минеральных горизонтов характерно большее варьирование, особенно в первые годы после проведения рубки, которое снижалось в 60- и 70- летних древостоях.

Для почв характерна низкая обеспеченность органическим веществом, основное его содержание приурочено к органогенному горизонту, при этом варьирование его в почвах незначительно. В 45-летнем сосняке содержание органического вещества в этом горизонте достигало 42,8 %. Появление в составе сосняка 60-летнего мелколиственных пород, а в напочвенном покрове травянистой растительности привело к увеличению поступления на поверх-

ность почвы растительных остатков и накоплению их в органогенном горизонте (50,5 %). В 70-летнем сосняке произошло снижение содержания органического вещества до 20,4 % и увеличение CV с 10 до 30 %, что свидетельствует об усилении минерализации растительного материала.

В исследованных почвах отмечалось биогенное накопление подвижных форм калия и фосфора в лесной подстилке с последующим снижением в минеральных горизонтах. Среди пробных площадей основное накопление и минерализация этих элементов происходит в лесных подстилках сосняка 70-летнего (калия до 110, фосфора до 90 мг/100г почвы), о чем свидетельствует умеренная асимметрия (менее 2,5).

Увеличение вариабельности большинства почвенных показателей с глубиной является общей закономерностью для данного типа почв. Варьирование агрохимических показателей в минеральных горизонтах почв сосняка 70-летнего, может быть связана с неравномерным потреблением элементов питания древостоем. Пространственное распределение свойств почв характеризуется довольно высокими коэффициентами вариации, кроме того высока дисперсия показателей содержания подвижных форм калия и фосфора в подстилках.

Последствием проведения рубки ухода является увеличение содержания калия и фосфора в минеральных горизонтах почв 45-летнего сосняка. С увеличением возраста древостоя (сосняк 60-летний), возрастает поступление слаборазлагающегося растительного опада, в результате чего увеличивается мощность лесной подстилки и обогащение ее органическим веществом.

Сравнительный анализ средних (Т-критерий) и дисперсий (F-критерий) выявил достоверные различия между сосняками 60 и 70-летними по показателям кислотности, содержанию органического вещества и калия.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ананьев В.А., Асикайнен А., Вяльккю Э., Герасимов Ю.Ю., Демин К.К., Сиканен Л., Сюнев В.С., Тюкина О.Н., Хлюстов В.К., Ширнин Ю.А.* Промежуточное пользование лесом на Северо-западе России. Йознсуу, 2005. 150 с.

АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

2. *Аринушкина Е.В.* Руководство по химическому анализу почвы. Москва, 1970. 487 с.
3. *Белов С.В.* Лесоводство. Москва, 1993. 352 с.
4. *Волков А.Д., Громцев А.Н., Еруков Г.В. и др.* Экосистемы ландшафтов запада средней тайги (структура, динамика). Петрозаводск, 1990. 286 с.
5. *Гильц Н.Р.* Несплошные рубки леса // Москва, 1986. 192 с.
6. *Егорова Н.В.* О сезонных изменениях некоторых химических свойств в почвах южной Карелии // Почвы южной Карелии и мероприятия по повышению их плодородия. Петрозаводск, 1958 г. С. 169–185.
7. *Карпачевский Л.О., Рожков М.Л., Карпачевский М.Л., Швиденко А.З.* Лес, почва и лесное почвоведение // Почвоведение. 1996. № 5. С. 586–598.
8. *Карпечко А.Ю.* Влияние разреживания на корненасыщенность почвы еловых древостоев южной Карелии // Лесной журнал. 2009. № 3. С. 19–25.
9. *Мигунова Е.С.* Леса и лесные земли. Харьков, 2010. 364 с.
10. *Сахаров М.И., Сахарова Н.М.* О влиянии ели на почву // Почвоведение, 1951. № 6. С. 329–337.
11. *Федорец Н.Г.* Почвенные условия вырубок Карелии последнего десятилетия // Вопросы лесовосстановления и лесозащиты в Карелии. Петрозаводск, 1983. С. 4–13.

АНТРОПОГЕННОЕ ИЗМЕНЕНИЕ БУРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Уманский А.С., Шишкина А.В., Богрина Ю.А.
*Калининградский государственный технический университет,
Калининград, anton.umanskiy@klgtu.ru*

Западная часть Калининградской области характеризуется преобладанием фитоценозов с доминированием широколиственных пород (*Quercus robur*, *Carpinus betulis*, *Fagus sylvatica*, *Tilia cordata*, *Fraxinus excelsior*), в отличие от восточной части, где преобладают хвойные леса [4]. Данная особенность растительного покрова, в сочетании с активным воздействием морских

воздушных масс и наличием почвообразующих пород ледникового и водно-ледникового генезиса способствует формированию бурых лесных почв [1–3; 5–8].

Объектом исследования послужили бурые лесные почвы ключевых участков «Садовое» (Багратионовский район), «Новый» и «Медведевка» (Гурьевский район), различающихся как по геоморфологическим условиям, так и по составу растительности. Выбор участков обусловлен наличием антропогенного воздействия на территорию выразившегося либо в изменении флористического состава фитоценоза (участки «Садовое» и «Медведевка»), либо в воздействии на профиль почвы (участок «Новый»).

Ключевой участок «Садовое» представляет собой геохимическую катену, охватывающую верхнюю половину склона долины р. Майской (бассейн р. Прохладная). Растительность представлена разнотравно-бобово-злаковыми, злаково-бобово-разнотравными и злаково-разнотравными луговыми ассоциациями, причем вниз по склону доля бобового компонента в ассоциациях снижается. Прилегающие участки используются в пашне. Следы агрогенной трансформации отражены в строении профиля почв. Почвы представлены буроземами глееватыми среднесуглинистыми и имеют следующее строение: Ад-А₁-АВ-В₁-В₂g-BCg, причем горизонты АВ и В₂g выражены не всегда (вместо горизонтов В₁ и В₂ может располагаться горизонт Bg). Гумусово-аккумулятивный горизонт имеет мощность от 13 (транзитные фации) до 16 см (элювиальные фации ландшафта). Исключение составляют аккумулятивные фации, где глубина верхнего горизонта, фактически представляющего собой нанос на фундаменте разрушенной постройки, равна 27 см. Глубина проявления оглеения различна – от 22 до 43 см. Что касается химических свойств, то при исследовании кислотности и погложительных свойств нами была отмечена следующая закономерность – для почв характерно снижение значения рН (от близкого к нейтральному и слабокислого до сильнокислого) при одновременном увеличении степени насыщенности основаниями – в горизонте А₁ значения данного показателя изменялось от 32,97 до 51,39 %, тогда как в BCg значения колеблются незначительно от 71,14 до

АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

72,72 %. Увеличение степени насыщенности основаниями в нижней части профиля буроземов глееватых отмечалось О.А. Анциферовой (2008) [2] и А.И. Юсовым [9].

Ключевой участок «Новый» заложен на верхней надпойменной террасе р. Гурьевка в широколиственном лесу (доминанты – клен остролистный, граб, липа, осина). Территория леса используется в рекреационных целях. О наличии антропогенной трансформации почвы свидетельствует наличие воронок от разрывов снарядов и остатков земляных укреплений и включения артефактов – проволоки и битого стекла в верхних горизонтах. Для профиля почв характерно наличие горизонтов B_1 и B_2 , горизонт АВ выражается не всегда, гумусово-аккумулятивные горизонты маломощные – 5–7 см. Глубина оглеения – ниже 37 см. Реакция среды кислая, степень насыщенности основаниями – от 20 до 31 %.

Бурые лесные глееватые среднесуглинистые почвы ключевого участка «Медведевка» формируются под лесным фитоценозом с доминированием осины и ольхи черной с примесью черешни, дающей семенное возобновление. Строение профиля типичное, оглеение проявляется в горизонте ВС. Реакция среды – кислая (рН 4,46 ... 5,06), степень насыщенности – от 28,8 до 40,8 %, причем вниз по профилю наблюдается снижение значений как суммы поглощенных оснований, так и гидролитической кислотности. Из других особенностей профиля следует отметить наличие железистых новообразований и включения мергеля в горизонте B_2 . Аккумуляция железа, возможно, имеет реликтовый характер, поскольку элементарные ареалы бурых лесных почв на данном ключевом участке образуют сочетания с антропогенно-измененными дерново-слабоподзолистыми иллювиально-железистыми легкосуглинистыми почвами, формирующимися на моренных отложениях легкого гранулометрического состава. Особенности эволюции почв Калининградской области, обусловленные сменами сообществ в результате изменения климата отмечались еще А.А. Завалишиным и Б.В. Надеждиным [6]. Следует отметить, что дерново-подзолистые иллювиально-железистые почвы широко распространены в по-

стагрогенных ландшафтах бассейна р. Гурьевки, где образуют почвенные комбинации не только с бурыми лесными, но и с дерново-глеевыми почвами, являясь одними из преобладающих почвенных разновидностей.

В ближайшее время планируется закладка почвенных разрезов на ключевых участках для уточнения данных о пространственном изменении морфологических и химических свойств бурых лесных почв и, следовательно, структуры почвенного покрова. Также будет проведено дальнейшее изучение поглотительных свойств почв с целью определения катионного состава почвенного поглощающего комплекса.

ЛИТЕРАТУРА

7. *Анциферова О.А.* Химические свойства и особенности фракционно-группового состава гумуса бурых лесных почв Замландского полуострова // Современные проблемы сельского хозяйства. Сборник научных трудов. Калининград, КГТУ, 2002. С. 96–103.

8. *Анциферова О.А.* Почвы Замландского полуострова и их антропогенное изменение. Часть I. Факторы почвообразования. Почвы подзолистого и буроземного рядов / Калининград, КГТУ, 2008. 397 с.

9. *Вайчис М.В., Шлейнис Р.И.* Почвы Литовской ССР и Калининградской области. Характеристика объектов экскурсии 18–25 августа 1969 г. Каунас, 1969. С. 50–63.

10. Географический атлас Калининградской области / гл. редактор В.В. Орленок. Калининград, 2002. 276 с.

11. Почвы Калининградской области / Под ред. А.А. Завалишина и Б.В. Надеждина. М.: Изд-во АН СССР, 1954. 108 с.

12. *Завалишин А.А., Надеждин Б.В.* Почвенный покров Калининградской области // Почвы Калининградской области. М., 1961. С. 3–150.

13. *Рябой В.Е.* Распределение тяжелых металлов в бурых почвах холмисто-моренных агроэкосистем // Вопросы сельского хозяйства. Сборник научных трудов. Калининград, КГТУ, 2003. С. 46–56.

14. *Салихова Е.В., Рябой В.Е.* О бурых лесных почвах Калининградской области // Тезисы докладов II съезда общества почвоведов. кн. 2. СПб., 1996. С. 122–123.

15. *Юсов А.И.* Эрозия почв Вармийской возвышенности. Калининград, Изд-во ФГОУ ВПО «КГТУ», 2011. 201 с.

АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ
ЛЕСНЫХ ПОЧВ

**ИЗМЕНЕНИЕ МИКРОСТРОЕНИЯ
И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЫ ПРИ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ**

Яковлева Л.В., Бойцова Е.А.

*ФГБНУ «Ленинградский научно-исследовательский институт
сельского хозяйства «Белогорка», lenniish@mail.ru*

Цель данного исследования – установить закономерности изменения макро-, мезо- и микроморфологического строения и организации подзолистой лесной почвы при длительном сельскохозяйственном использовании и сопоставить их с физико-химическими свойствами.

В проблеме изучения антропогенных изменений в почвах использование микроморфологического метода является наиболее перспективным, т.к. он позволяет фиксировать самые первые, начальные стадии изменений в строении почвенной массы.

Метод мезоморфологии является связующим звеном между макро- и микроморфологией.

В качестве объектов исследования были взяты почвы многолетнего полевого опыта с применением удобрений и извести (1981 г. закладки), а также целинная лесная подзолистая почва и почва, длительное время не подвергавшаяся обработке (залежь).

В результате сельскохозяйственной обработки и окультуривания наблюдается трансформация морфологических признаков. Сопоставление макро-, мезоморфологии и микростроения освоенной почвы с таковыми целинной лесной показывает, что наибольшую трансформацию претерпела верхняя часть профиля (A_0 , A_1 , A_2).

По результатам морфологических исследований можно увидеть, что сельскохозяйственное использование дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы привело к исчезновению элювиального горизонта в результате припашки и перемешивания с вышележащим горизонтом, воздействия травянистой культур-

ной растительности. Развитие элювиального горизонта не наблюдается и в почве, которая уже долгое время не подвергается обработке (залежь). Пахотный горизонт приобретает равномерную буровато-серую окраску и комковатую структуру, что свидетельствует о равномерной гумусированности и лучшей агрегированности.

Результаты мезоморфологических исследований также подтверждают, что подзолистый процесс в окультуренной почве внешне развивается значительно слабее.

Об этом свидетельствует не только отсутствие элювиального горизонта, но и отсутствие (или слабая выраженность) признаков элювиального процесса (отмытых зерен кварца) в верхнем горизонте, а также пленок гидроксидов в нижележащем горизонте, которые ярко выражены в лесной почве.

В пахотном горизонте окультуренной почвы (в сравнении с лесной почвой) увеличивается многопорядковость структуры.

В микростроении заметны изменения характера агрегированности, микроформы гумуса. Светло-бурая органическая плазма окультуренной почвы равномерно распределена в отличие от плазмы горизонта А₁ лесной почвы, имеющей коричневатого-темно-бурый цвет и распределение в виде отдельных сгустков. В окультуренной почве усиливается связь гумуса с минеральной частью почвы (бурые пленки на зернах скелета). Возрастает степень разложения растительных остатков (гомогенизация, смешивание с минеральной массой). Наблюдается уплотнение сложения, значительное уменьшение объема пор.

Преобладающим типом гумуса в освоенной почве, по мере усиления связи с минеральной частью, образования прочных соединений, становится модер-мулль, в отличие от гумуса типа модер в горизонте А₁ и типа мор в горизонте А₀ лесной почвы.

Исследования физико-химических свойств почв в общем подтверждают выявленные закономерности. При окультуривании возрастает рН и содержание обменных оснований в целом по профилю. Особенно это ярко выражено в верхней части профиля. Характер изменения рН по профилю почвы сохраняется. В распределе-

АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

нии обменных оснований наблюдается дифференциация профиля по элювиально-иллювиальному типу. Происходит уменьшение содержания обменных оснований в подпахотном горизонте по сравнению с вышележащим и последующее их накопление в нижележащем горизонте.

Таким образом, подзолистый процесс в окультуренной почве сохраняется, хотя лесная почва в результате сельскохозяйственного использования претерпевает значительные изменения, и по морфологическим признакам, дифференциация профиля окультуренной подзолистой почвы сглаживается.

С Е К Ц И Я

«МОНИТОРИНГ И ОХРАНА ЛЕСНЫХ ПОЧВ. КРАСНАЯ КНИГА ПОЧВ»

МОНИТОРИНГ ПОЧВ МУЗЕЯ-ЗАПОВЕДНИКА «КИЖИ»

Ахметова Г.В., Морозова Р.М.

Институт леса КарНЦ РАН, Петрозаводск, akhmetova@krc.karelia.ru

Музей-заповедник «Кижы» – один из крупнейших в России музеев под открытым небом. В настоящее время его территория испытывает значительную рекреационную нагрузку, так как расположенный на острове музей-заповедник является самым популярным туристическим направлением на территории республики Карелия.

Мониторинговые исследования природной среды проводятся музеем-заповедником «Кижы» в целях изучения природных ресурсов района, выработки программ их рационального использования, контроля загрязнения окружающей среды и выработки научнообоснованных управленческих решений по охране природы [2]. Экологический мониторинг территории о. Кижы и прилегающих островов проводится с 1994 г., выполняются регулярные исследования по различным направлениям: геологическим, ландшафтным, радиологическим, лимнологическим, гидрометеологическим [1]. В 1999 г. было проведено первичное обследование содержания тяжелых металлов в почвах острова Кижы, следующие этапы мониторинга были проведены в 2005, 2011 и 2016 гг.

На первом этапе исследований на территории острова по нерегулярной сетке были заложено 49 точек с отбором почвенных образцов из верхних горизонтов почв для определения содержания в них тяжелых металлов (кадмия, свинец, медь, цинк, ко-

МОНИТОРИНГ И ОХРАНА ЛЕСНЫХ ПОЧВ.
КРАСНАЯ КНИГА ПОЧВ

бальт, никель, хром, марганец) и серы. Для детальной характеристики физических, химических, биологических свойств почв острова было заложено 5 полнопрофильных почвенных разрезов. В последующие этапы мониторинга отбор образцов проводился в 13 точках, в которых, по результатам первого исследования, были выявлены максимальные и минимальные уровни концентрации тяжелых металлов.

Наиболее распространенными почвами острова являются буроземы типичные и шунгитовые сильнокаменистые, сформированные на моренных и флювиогляциальных отложениях с высоким содержанием шунгитов, диабазов и габбро-долеритов. Почвы острова давно освоены и имеют хорошо развитый дерновый горизонт. Болотные почвы занимают небольшую площадь и располагаются в понижениях в разных частях острова.

Результаты химических анализов (показатели актуальной и потенциальной кислотности, емкость катионного обмена, содержание элементов минерального питания) свидетельствуют о высоком плодородии и буферной способности почв острова, несмотря на сильную степень каменистости и слабокислую реакцию. Также, наличие в профиле почв шунгитсодержащих пород способствует формированию сорбционно-шунгитовых барьеров, которые обладают высокой удерживающей способностью относительно тяжелых металлов.

В связи с тем, что остров отличается неоднородным геоморфологическим строением, почвенным и растительным покровом, содержание тяжелых металлов в почвах острова в пространственном отношении неравномерное. Диапазон разброса данных содержания ТМ в почвах острова довольно широкий. Выявлено, что почвы, развитые на шунгитовых флювиогляциальных отложениях, занимающих озовые гряды и дельты, отличаются более высокими уровнями содержания тяжелых металлов, чем буроземы, развитые на моренных отложениях, которые менее обогащены шунгитсодержащими породами.

На первых этапах исследования было выявлено, что для почв острова характерна более высокая концентрация тяжелых

металлов, чем в среднем для почв Карелии [3], часто полученные данные превышали ПДК и ОДК тяжелых металлов в почвах. Отмечалось высокое содержание меди, никеля, хрома и особенно цинка. Однако эта особенность связана, прежде всего, с тем, что почвообразующие породы, на которых формируются почвы, изначально отличаются повышенным фоном химических элементов [4].

Последующие этапы исследований не выявили существенных изменений содержания тяжелых металлов и серы в почвах о. Кижы. Однако прослеживается слабая тенденция увеличения концентрации никеля и меди. Содержание наиболее опасных тяжелых металлов – кадмия и свинца в почвах острова остается низким, не превышает нормативов и средних региональных значений [5, 6].

ЛИТЕРАТУРА

1. 10 лет экологическому мониторингу музея-заповедника «Кижы». Петрозаводск, 2005. 178 с.
2. Бюллетень экологических исследований на территории музея-заповедника «Кижы». 2015 г. Петрозаводск: Музей-заповедник «Кижы», 2016. 32 с.
3. *Морозова Р.М.* К вопросу о загрязнении почв острова Кижы тяжелыми металлами / 10 лет экологическому мониторингу музея-заповедника «Кижы». Петрозаводск. 2005. 66–75 с.
4. *Тойкка М.А., Перевозчикова Е.М., Левкина Т.И., и др.* Микроэлементы в Карелии / М.А. Тойкка, Е.М.Перевозчикова, Т.И.Левкина, В.М. Заварзин, А.И. Михкиев, М.М. Изергина. Л., 1973. 284 с.
5. *Федорец Н.Г.* Почвы Карелии: геохимический атлас / Н.Г. Федорец, О.Н. Бахмет, А.Н. Солодовников, А.К. Морозов. Петрозаводск, 2008. М. 47 с.
6. *Федорец Н.Г., Бахмет О.Н., Медведева М.В., Ахметова Г.В., Новиков С.Г., Ткаченко Ю.Н., Солодовников А.Н.* Тяжелые металлы в почвах Карелии. Петрозаводск, 2015. 222 с.

ФОРМИРОВАНИЕ КОНЦЕПЦИИ КРАСНОЙ КНИГИ ПОЧВ РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИЯ

Бахмет О.Н.^{1,2}, Федорец Н.Г.², Ахметова Г.В.², Ткаченко Ю.Н.²,
Новиков С.Г.², Солодовников А.Н.²

¹ *Карельский научный центр РАН, Петрозаводск, obahmet@mail.ru,*

² *Институт леса Карельского научного центра РАН, Петрозаводск,
akhmetova@krc.karelia.ru*

Почвы являются одним из основных компонентов окружающей природной среды, они выполняют ряд жизненно важных функций, экологических и санитарно-гигиенических, поэтому подлежат охране в той же мере, что и животные и растения. Основная задача охраны почв – это сохранение наибольшего разнообразия естественных почвенных разностей и структур почвенного покрова. Формирование представления о экологической роли почв и их функций в экосистемах и биосфере [3] способствовало расширению задач особой охраны почв, развитию концепции Красной книги почв [6, 7, 8, 13], что послужило толчком для создания региональных Красных книг почв [1, 2, 5, 10, 11]. Основным назначением Красной книги почв является выявление, изучение и разработка экологической, научно-организационной и правовой основы особой охраны разнообразия почвенного покрова [4].

Основой для охраны почвенного разнообразия являются особо охраняемые природные территории (ООПТ). Функционирование ООПТ предусматривает сохранение ландшафтного и биологического разнообразия различных природных комплексов, в связи с чем, почвенный покров охраняемых территорий может выступать в качестве эталонов различных почв разностей и являться основой для создания Красной книги почв. Охраняемые территории на территории Карелии представлены ООПТ как федерального (заповедники и национальные парки), так регионального (ландшафтные заказники, памятники природы) уровней, в общей сложности занимающая примерно 5 % от территории региона.

Каждая из ООПТ республики Карелия является своеобразной и уникальной, на их территории выявлены почвы, которые могут относиться как к категории эталонных для таежной зоны Европейского Севера России, так и к редким и уникальным для территории республики [12].

Государственные заповедники «Кивач» и «Костомукшский» представляют собой эталонные участки средне- и северотаежной подзоны европейской части России. Территории заповедников в почвенном плане разнообразны, здесь формируются мелкоконтурные сочетания автоморфных почв, полугидроморфных и гидроморфных почв [9]. Подзолы, широко распространенные в заповедниках, здесь могут считаться эталонными почвами для подзон средней и северной тайги.

Почвенный покров национального парка (НП) «Паанаярви» из-за расположения на территории низкогорного типа ландшафта своеобразен, что проявляется в его вертикальной зональности, широком распространении маломощных почв, развитии элювиальных и склоновых процессов. Горно-тундровые и горно-подзолистые почвы можно отнести к редким для территории Карелии, так как территория НП «Паанаярви» является единственным местом их дислокации в регионе.

Уникальная историческая и природно-ландшафтная территория «Валаам», расположенная на островах Ладожского озера, является очень интересной с точки зрения изучения почв. В составе почвенного покрова территории преобладают почвы буроземного типа почвообразования на диабазх и габбро-диабазх, содержащих до 20 % железа, которые можно отнести к редким.

Почвенный покров Государственного историко-архитектурного и этнографического музея-заповедника «Кижь», расположенного на островах северно-западной части Онежского озера, также представляет особый интерес. Уникальность процессов почвообразования на территории Кижских шхер заключается в распространении таких почвообразующих пород как шунгитовых сланцев и шунгитсодержащей морены. На них формируются буроземы грубогумусные темноцветные, окрашенные в черный цвет из-за высокого содержания гу-

МОНИТОРИНГ И ОХРАНА ЛЕСНЫХ ПОЧВ. КРАСНАЯ КНИГА ПОЧВ

муса по всему почвенному профилю, в связи с чем, 100–150 лет назад они назывались «Олонецкие черноземы». Эти почвы можно отнести к уникальным не только в Карелии, но и в мире.

Почвы, сформированные на шунгитах и карбонатных породах, в Красной книге почв России были отнесены к числу почв подлежащих первоочередной охране [6]. В связи с тем, что данные почвы, благодаря повышенному плодородию, были издавна освоены и распашаны, очень важной задачей становится выявление и сохранение уцелевших целинных или слабоизмененных участков, занятых этими почвами.

Небольшие площади таких лесов с почвами на шунгитах сохранились локально на территории Заонежского полуострова и требуют организации особой охраны, так как планируемый здесь природный парк «Заонежский» в настоящее время еще не утвержден на законодательном уровне.

Также были выявлены такие редкие и уникальные почвы для региона как буроземы на карбонатных породах, которые встречаются локально (в Приладожье и в Заонежье), данные территории не входят в состав ООПТ. В связи с этим встает вопрос об организации охраны данных территорий.

Работа выполнена в рамках гранта РФФИ (16-44-100445 p_a).

ЛИТЕРАТУРА

1. Александрова А.Б., Бережная Н.А., Григорьян Б.Р. и др. Красная книга почв Республики Татарстан. Казань, 2012. 192 с.
2. Апарин Б.Ф., Касаткина Г.А., Матинян Н.Н., Сухачева Е.Ю. Красная книга почв Ленинградской области. СПб, 2007. 320 с.,
3. Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. Экология почв. Учение об экологических функциях почв. М.: Изд-во МГУ; Наука, 2006. 364 с.
4. Климентьев А.И., Куксанов В.Ф., Куксанова Е.В. Научно-правовые аспекты Красной книги почв // Почвоведение. 2014. № 4. С. 507–512.
5. Климентьев А.И., Чибилев А.А., Блохин Е.В., Грошев И.В. Красная книга почв Оренбургской области / Под. научной редакцией д.с.-х.н. А.И. Климентьева. Екатеринбург, 2001. 450 с.
6. Красная книга почв России: объекты книги и кадастра особо ценных почв / Под ред. Г.В. Добровольского, Е.Д. Никитина. М., 2009. 576 с.

7. *Никитин Е.Д.* О создании Красной книги почв // Почвоведение. 1989. № 2. С. 113–121.

8. *Никитин Е.Д., Скворцова Е.Б., Сабонина Е.П.* Красная книга почв Евразии: Россия и сопредельные страны // Почвоведение. 2014. № 3. С. 375–382.

9. Разнообразие почв и биоразнообразие в лесных экосистемах средней тайги / Ред. Н.Г. Федорец. М.: Наука, 2006. 287 с.

10. *Соловиченко В.Д., Лукин С.В., Лисецкий Ф.Н., Голусов П.В.* Красная книга Белгородской области. Белгород, 2007.

11. *Ташининова Л.Н., Богун А.П.* Красная книга почв и экосистем Калмыкии. Элиста, 2000. 213 с.

12. *Федорец Н.Г., Бахмет О.Н., Морозова Р.М., Солодовников А.Н.* Почвы и почвенный покров особо охраняемых территорий Карелии. Петрозаводск, 2009. 109 с.

13. *Чернова О.В.* Проект Красной книги естественных почв России // Почвоведение 1995. № 4. С. 514–519.

ЭТАЛОННЫЕ И РЕДКИЕ ПОЧВЫ ГОРНО-ЛЕСНОГО ПОЯСА ПРИПОЛЯРНОГО УРАЛА (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ПРИРОДНЫЙ ПАРК «ЮГЫД ВА»)

Жангуров Е.В., Дымов А.А., Старцев В.В.

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар, zhan.e@mail.ru

К наиболее ценным почвенным объектам, имеющим повышенную научно-практическую и биосферную значимость и требующим особого охранного статуса, относятся эталонные, редкие, уникальные и исчезающие почвы [4]. Почвы особо охраняемых природных территорий (ООПТ) в силу их формирования в условиях минимального воздействия антропогенного фактора являются теми «эталонами», которые могут служить образцами для сравнительной оценки затронутых техногенезом почв прилегающих территорий, прогнозирования скорости и основных трендов изменения почв под влиянием природных и антропогенных факторов [1]. Основным критерием выделения редких почв является их приуроченность к малораспространенным поч-

МОНИТОРИНГ И ОХРАНА ЛЕСНЫХ ПОЧВ.
КРАСНАЯ КНИГА ПОЧВ

вообразующим породам, а уникальных – к редко встречающимся сочетаниям факторов почвообразования.

В ходе инвентаризации почв и почвенного покрова национального природного парка «Югыд ва» было выявлено значительное разнообразие почв, формирующихся в различных ландшафтно-геоморфологических условиях горно-лесного, подгольцового и горно-тундрового высотных поясов Приполярного Урала. Разнообразие фитоценозов, ландшафтно-геоморфологических условий, минералого-петрографических особенностей почвообразующих пород обуславливает высокое разнообразие почв, которое в настоящее время изучено недостаточно. Использование профильно-генетического подхода и принципов, реализованных в «Классификации и диагностике почв России» (2004), позволило рассмотреть номенклатуру и классификационное положение выделенных почв с иных позиций, что значительно расширило представление о реально существующем почвенном разнообразии на уровне выделения новых типов и подтипов почв, ранее не изученных на исследуемой территории [2, 3].

Ниже охарактеризованы почвы, относимые нами к категории эталонных, которые встречаются достаточно часто и занимают значительную долю площади рассматриваемого ареала в общей структуре почвенного покрова.

На обильно щебнистых коренных породах кислого состава, под листовенничными лесами и редколесьями (*Larix sibirica*) формируются подзолы иллювиально-железистые (500–600 м над ур.м). Строение профиля: О-Е-BF-BC-C. По морфологическому строению они близки к подзолами иллювиально-гумусовым горно-тундрового пояса, но отличаются большей мощностью профиля (до 50–60 см). Мелкозем нижних горизонтов почв, сформированных на переотложенных продуктах выветривания риолитов, серицит-кварцитовых сланцев, характеризуется «относительно бедным» химическим составом [3]. В верхней части горно-лесного пояса рассматриваемые подзолы формируют достаточно однородный почвенный покров с характерными морфологическими и физико-химическими свойствами.

Более типичными для средних пологих (3–5 градусов) частей склонов являются лиственничники кустарничково-зеленомошные (400–500 м над ур.м). Под данными сообществами выделены светлосеземы иллювиально-железистые [2, 3], которые были описаны нами впервые. Строение профиля: O-E-BF-CRM-BC_{сrm}-C. По морфологическому строению почвы близки к подзолам иллювиально-железистым. Под слабо- и среднеразложившейся подстилкой O (5–6 см) формируется подзолистый горизонт E/Eh (мощностью до 8 см) – серовато-белесый легкий суглинок, который переходит в иллювиально-железистый горизонт BF – ярко-ржавый, местами коричневатобурый легкий суглинок. Отличительной особенностью и наиболее важным диагностическим признаком представляется наличие и степень выраженности специфического криогеннооструктурного горизонта CRM с рассыпчатой комковато-ореховатой или линзовидно-слоистой структурой. Диагностические признаки данного горизонта наблюдаются в минеральных горизонтах с небольшим количеством щебня. При высоком содержании обломков пород вниз по профилю структурная дифференциация мелкозема становится менее выраженной.

На более мощных преимущественно делювиальных отложениях в аккумулятивных зонах склонов под разнотравными ельниками (400–450 м над ур.м) формируются дерново-криометаморфические почвы (O_{ао}-AY-CRM-CRM_g-BC), которые описаны нами впервые. Органогенный горизонт в нижней части является грубогумусированным (механическая смесь органических остатков разной степени разложения с минеральными компонентами) и переходит в серогумусовый горизонт AY. В верхней и средней части профиля отчетливо выражен криометаморфический горизонт CRM – желтовато-коричневый тяжелый суглинок с многопорядковой плитчатой структурой и с выраженными морфохроматическими признаками оглеения в виде серо-сизых и ржавых пятен. С 50 см – резкое подстиление крупных глыб пород.

На пологих склонах под еловыми зеленомошными лесами формируются подзолистые почвы с вложенным профилем подзола (O-EL(e)-EL(hf)-BEL-BT-BC), в более гидроморфных условиях – торфяно-подзолисто-глеевые почвы с мощной торфянистой подстилкой и

МОНИТОРИНГ И ОХРАНА ЛЕСНЫХ ПОЧВ.
КРАСНАЯ КНИГА ПОЧВ

признаками оглеения в виде сизых оттенков по всему профилю (TELg-BELg-BTg-CG). Они развиты на мощных суглинистых отложениях и по своим физико-химическим свойствам близки к равнинным автоморфным и полугидроморфным почвам. В профиле горных торфянисто-подзолисто-глееватых почв элювиальный горизонт, как правило, фрагментарен, верхние минеральные горизонты имеют гумусовую пропитку [2]. В некоторых случаях выражены морозобойные трещины, прокрашенные потечным гумусом, до глубины 40 см.

Специфические условия почвообразования складываются в условиях скальных выходов приречных склонов р. Кожым (350–450 м над ур.м). Большинство скальных выходов являются геологическими памятниками природы и представляют собой уникальную возможность для проведения детальных палеонтологических, стратиграфических, палеоэкологических исследований. Древесная растительность представлена лиственничниками кустарничково-зеленомошными. В условиях достаточно крутых приречных склонов (20–25 градусов) с близким подстилением коренных карбонатных почвообразующих пород формируются: дерново-подбуры иллювиально-железистые (O-AY-BF-BC_{Ca}-R_{Ca}) и карболитоземы темногумусовые (AU-C_{Ca}-R_{Ca}). Рассматриваемые почвы имеют незначительное распространение и не образуют крупных ареалов, приурочены к карбонатным почвообразующим породам и могут быть отнесены к категории редких почв.

Таким образом, исследования, проведенные на территории особо охраняемых природных комплексов национального парка «Югыд ва», позволили получить новый, уникальный материал по характеристике ранее малоизученных почв горно-лесного пояса. В перспективе работу по выявлению редких, требующих особой охраны почв планируется расширить с целью составления «Кадастра особо ценных почв Республики Коми» и подготовки «Красной книги почв Республики Коми».

Исследования выполнены при поддержке комплексной программы Уральского отделения РАН: «Разнообразие растительного мира и почвенного покрова ландшафтов, перспективных для включения в состав объекта Всемирного наследия ЮНЕСКО «Девственные леса Коми» № 15-12-4-1.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Добровольский Г.В.* и др. Почвенный покров охраняемых территорий. Состояние, степень изученности, организация исследований // Почвоведение. 2003. № 6. С. 645–654.
2. *Дымов А.А., Жангуров Е.В.* Разнообразие и генетические особенности почв Приполярного Урала // Пермский аграрный вестник. 2014. №3(7). С. 45–52.
3. *Жангуров Е.В., Дубровский Ю.А., Дымов А.А.* Характеристика почв и растительного покрова высотных поясов хребта Малды-нырд (Приполярный Урал) // Известия Коми НЦ УрО РАН. 2012. № 4. С. 40–48.
4. Красная книга почв России: Объекты Красной книги и кадастра особо ценных почв / Науч. ред. Г.В. Добровольский, Е.Д. Никитин. М.: МАКС Пресс, 2009. 576 с.

**КОМПЛЕКСНЫЙ ЛАНДШАФТНЫЙ ПОЧВЕННО-
ГЕОБОТАНИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ В ЗОНЕ
ВОЗДЕЙСТВИЯ МЕДНО-НИКЕЛЕВОГО ПРЕДПРИЯТИЯ:
ДИЗАЙН И ИНФОРМАТИВНОСТЬ**

Кашулина Г.М.

*Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н.А. Аврорина
КНЦ РАН, Анатиты, galina.kashulina@gmail.com*

Изучение влияния техногенных факторов на природную среду и мониторинг состояния окружающей, является одной из важнейших современных экологических задач. В большинстве случаев для выявления негативных последствий выбросов промышленных предприятий достаточно наблюдение за относительно небольшим числом приоритетных показателей. Комбинат «Североникель» на Кольском полуострове для целей мониторинга представляется довольно уникальным объектом. Во-первых, это предприятие является источником загрязнения окружающей среды большим спектром элементов: основными компонентами выбросов являются SO_2 , а также Ni и Cu, в меньших количествах в атмосферу поступают также Ag, Al, As, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Fe,

МОНИТОРИНГ И ОХРАНА ЛЕСНЫХ ПОЧВ.
КРАСНАЯ КНИГА ПОЧВ

Hg, Mg, Mn, Mo, Pb, Sb, Sc, Tl, V, Zn и др. В состав выбросов входят не только токсичные элементы, но и полезные, способные оказать мелиорирующее воздействие на почвы. Во-вторых, это крупное предприятие, характеризующееся большим объемом выбросов. За 70 лет его деятельности в атмосферу поступило около 20 млн. т. SO₂ и по 50 тыс. тонн Ni и Cu. И в третьих, продолжительность воздействия сопоставима со скоростью некоторых почвообразовательных процессов. Например, за 20–30 лет подстилка подзолов может полностью обновить свой материал.

Воздействие выбросов комбината «Североникель» привело не только к экстремально высокому уровню загрязнения всех поверхностных компонентов окружающей среды локальной зоны тяжелыми металлами, но и серьезным нарушениям экосистем вплоть до техногенных пустошей. И, как показали многолетние исследования, именно за счет косвенного воздействия через разрушение растительности и прекращение поступления свежего растительного опада выбросы этого предприятия оказывают наиболее значительное влияние на почвы локальной зоны. Под воздействием прямых (повышение загрязняющих элементов в атмосфере и атмосферных осадках) или косвенных (через разрушение растительности, прекращение поступления свежего опада, снижения содержания органического вещества и развития эрозии) в почвах локальной зоны комбината «Североникель» были изменены практически все показатели, включая их морфологическое сложение с изменением классификационного положения почв на уровне типа. В силу всех приведенных выше обстоятельств, при организации мониторинговых исследований в окрестностях этого предприятия необходимо проведение наблюдений не только за основными загрязнителями, но и за многими другими почвенными параметрами. Этот подход был реализован при проведении комплексного почвенно-геоботанического мониторинга локальной зоны воздействия комбината «Североникель», начатого в 2001 г. Особенностью данного проекта также было применение ландшафтного подхода с охватом всех основных типов почв региона (автоморфные почвы – подзолы; полугидроморфные почвы – подзолы глеевые у подножий

склонов и гидроморфные торфяные эутрофные почвы в локальных депрессиях), организованные в катены. Что давало возможность оценить влияние ландшафтного положения места на характер и степень изменения свойств почв. Кроме того, исследования носили комплексный характер. Наблюдения за химическим составом атмосферных осадков характеризовали современную техногенную нагрузку на площадках мониторинга. Что позволяло выявить связь между выявленными изменениями свойств почв и техногенной нагрузкой. Для выявления связи между изменениями свойств почв и состоянием экосистем на площадках мониторинга проводились геоботанические исследования и определялся химический состав ассимилирующих органов растений.

Комплексный характер исследований позволяет не только охарактеризовать экологическое состояние каждой отдельно природной среды, но также выявить более полный спектр факторов воздействия загрязнения на свойства и современную динамику свойств почв и растительности. Целью мониторинговых исследований было также обновление представлений о характере изменений свойств почв в связи с большей продолжительностью воздействия и изменившимися условиями: существенным сокращением выбросов в предшествующие 15 лет и началом восстановления растительности.

Базовое обследование стационарных площадок включало морфологическое описание и химическую характеристику (гранулометрический состав, валовой состав, физико-химические свойства, содержание и состав органического вещества, содержание валовых и подвижных форм Ni, Cd, Cu, Co, Mn, Pb и Zn), генетических горизонтов индивидуальных почвенных разрезов, а также геоботаническое картирование и описание. На каждой площадке при базовом обследовании определялось до 900 параметров.

Для наблюдений за многолетней динамикой свойств почв на 12 стационарных площадках ежегодно проводился отбор смешанных образцов верхних 0–3 см верхнего генетического горизонта почв. В зависимости от степени деградации почвы и/или поселения пионерных мхов на некоторых площадках отбиралось по несколько

МОНИТОРИНГ И ОХРАНА ЛЕСНЫХ ПОЧВ.
КРАСНАЯ КНИГА ПОЧВ

видов смешанных образцов. В смешанных образцах почв определяли: физико-химические свойства, кислотрастворимые формы Ni, Cu, Co, Mn и Zn; доступных для растений (А–L вытяжка) Ca, Mg, K и P, а также потерю при прокаливании.

В комплекс наблюдений за многолетней динамикой также входило: изучение химического состава (основные катионы и анионы, а также Ni, Cd, Cu, Co, Mn, Pb и Zn в растворенной и твердой формах) снежного покрова и смешанных проб дождя; химический состав (зольные элементы, а также Ni, Cd, Cu, Co, Mn, Pb и Zn) ассимилирующих органов 11 видов растений; геоботаническое описание одной большой (5x5 м) и 3–5 маленьких (50x50 см) площадок; замеры годовых приростов основных видов растений. В наблюдениях за многолетней динамикой ежегодно на каждой площадке определялось до 400 параметров. Многолетний ряд наблюдений значительно повышает информативность таких исследований.

На основе данных этого проекта был подготовлен ряд публикаций, в которых представлен анализ текущего состояния морфологического сложения, содержания и состава органического вещества [4], кислотного статуса почв [3], профильного распределения валовых концентраций Ni, Cu, Co, Cd, Pb, Zn и Mn в почвах и взаимосвязи между уровнями концентраций тяжелых металлов в почвах и состоянием экосистем [1], степени и факторов варьирования концентраций тяжелых металлов в многолетней динамике [2], а также современного химического состава атмосферных осадков [6] и растений [5].

ЛИТЕРАТУРА

1. *Кашулина Г.М.* Экстремальное загрязнение почв выбросами медно-никелевого предприятия на Кольском полуострове // Почвоведение. 2017. № 7. В печати.

2. *Кашулина Г.М.* Многолетняя динамика уровней концентраций тяжелых металлов в почвах локальной зоны воздействия медно-никелевого предприятия / Данное издание.

3. *Кашулина Г.М., Кубрак А.Н., Коробейникова Н.М.* Кислотность почв в окрестностях медно-никелевого комбината “Североникель”, Кольский полуостров // Почвоведение, 2015. № 4. С. 486–500.

4. *Кацулина Г.М., Переверзев В.Н., Литвинова Т.И.* Трансформация органического вещества почв в условиях экстремального загрязнения выбросами комбината «Североникель» // Почвоведение, 2010. № 10. С. 1265–1275.

5. *Кацулина Г.М., Салтан Н.В.* Химический состав растений в экстремальных условиях локальной зоны комбината «Североникель». Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2008. 239 с.

6. *Kashulina G., de Caritat P., Reimann C.* Snow and rain chemistry around the “Severonikel” industrial complex, NW Russia: Current status and retrospective analysis // Atmospheric Environment, 2014. Vol. 89. P. 672–682.

ОХРАНА И РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

Корсунов В.А.

ВШМ СПбГУ, Санкт-Петербург, vovakor18@yandex.ru

Исследование структуры почвенного покрова и свойств почв горных ландшафтов Байкальского региона определяется задачами сохранения уникальной природы бассейна озера Байкал, являющегося объектом международных соглашений по охране окружающей среды. В связи с интенсивным воздействием человека на таёжные ландшафты, вырубках сосновых и лиственничных лесов, площади, занятые естественными лесами, неуклонно уменьшаются. Прогрессирующее уменьшение площади лесов может привести к необратимым гидротермическим нарушениям в почвенном покрове регионального характера, что ставит задачу ускоренного восстановления лесов, создание лесных экосистем различного назначения и в первую очередь водоохраных почвозащитных, а также облесение остепненных территорий и проведении мероприятий по лесовосстановлению на заболачивающихся вырубках. Всё это требует глубокого изучения почвенного покрова лесных почв.

При вырубке лесов, произрастающих на мерзлотных почвах, развиваются мощные процессы солифлюкции. Вырубки лесов на склонах более 15–20° обуславливают плоскостной смыв почв и линейную эрозию, а при протаивании мерзлоты приводят к

МОНИТОРИНГ И ОХРАНА ЛЕСНЫХ ПОЧВ.
КРАСНАЯ КНИГА ПОЧВ

оползневым процессам. На сильно эродированных склонах южной экспозиции развивается процесс их остепнения и значительно тормозится лесовозобновление.

При сплошных рубках в днищах межгорных котловин происходит интенсивное оттаивание многолетней мерзлоты, в связи с хорошей прогреваемостью почв и, следовательно, заболачивание территории с образованием просадок и озер. При последующих воздействиях криогенных процессов происходит образование бугров пучения. На такой территории возобновление леса резко падает и формируются разреженные низкостебельные древостои [1].

Сельскохозяйственное использование земель крайне ограничено ввиду сложности горного рельефа и может осуществляться в виде пастбищ и сенокосов по межгорным плоским понижениям.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Кривобоков Л.В., Корсунов А.В.* Влияние промышленных лесоразработок на лиственные леса крилитозоны Забайкалья // Экология и проблемы защиты окружающей среды: тезисы докл. III Всерос. конф. студентов и молодых учёных. Красноярск, 1996. С. 43.

**УНИКАЛЬНЫЕ И РЕДКИЕ ПОЧВЫ ОСОБО
ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ
РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН КАК ОСНОВА
ДЛЯ СОЗДАНИЯ КРАСНОЙ КНИГИ ПОЧВ**

Котлугалямова Э.Ю.¹, Сулейманов Р.Р.², Абакумов Е.В.³

¹ ФГБУ «Национальный парк «Башкирия», Нугуш, elvira0277@rambler.ru;

² Уфимский институт биологии РАН, Уфа, soils@mail.ru;

³ Санкт-Петербургский государственный университет,
Санкт-Петербург, e_abakumov@mail.ru

Красная книга – это официальный документ, в котором включены природные объекты, нуждающиеся в особой охране редких и находящиеся под угрозой исчезновения видов (растений, животных, грибов и т.д.). Только совсем недавно вышел в свет первый

выпуск Красной книги почв России. Сведения и материалы для Книги подготавливались достаточно долго. Еще в 80-х г. прошлого века были рекомендованы ценные почвы к охране. [1]. И только в 2002 г. Государственная дума приняла Федеральный закон об охране окружающей среды, в статье 62 которой говорится: «Охрана редких и находящихся под угрозой исчезновения почв. 1. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения почв подлежат охране государством, и в целях их учета и охраны учреждается Красная книга почв Российской Федерации и Красные книги субъектов Российской Федерации, порядок ведения которых определяется законодательством об охране почв. 2. Порядок отнесения почв к редким и находящимся под угрозой исчезновения, а также установления режимов использования земельных участков, почвы которых отнесены к редким и находящимся под угрозой исчезновения, определяются законодательством.» [8].

Помимо существующей Красной книги почв России имеются опубликованные семь республиканских и областных Красных книг почв (респ. Калмыкии и Татарстана; Ленинградской, Оренбургской, Белгородской, Волгоградской и Пермской областях). На стадии организации и разработки по подготовке Красной книги почв относятся Воронежская, Ульяновская, Свердловская, Иркутская, Алтайская области, Якутия, Крым и др. [6, 7].

Первые материалы для создания Красной книги почв Республики Башкортостан опубликовал А.Х. Мукатанов (2004). В своей работе он обусловил особо ценные почвенные объекты и систематизировал их в пять разделов: эталоны зональных почв, комплексные эталоны почв, эталоны уникальных и редких почв, эталоны почв экспериментальных участков [5].

Несомненно, важную роль в создании Красной книги почв играют особо охраняемые природные территории (ООПТ), так как их почвы автоматически включаются в режим особой охраны [4]. На территории Республики Башкортостан располагаются три заповедника (Башкирский, Южно-Уральский и Шульган-Таш), один национальный парк «Башкирия» и четыре природных парков (Мурадымовское ущелье, Кандры-Куль, Аслы-Куль, Иремель). Среди

МОНИТОРИНГ И ОХРАНА ЛЕСНЫХ ПОЧВ.
КРАСНАЯ КНИГА ПОЧВ

ООПТ Республики Башкортостан только две заповедные территории были выделены А.Х. Мукатановым и внесены в Красную книгу и кадастр особо ценных почв для дальнейших мониторинговых исследований. Это Башкирский государственный заповедник с пирогенными комплексами горно-лесных почв и горный массив Ирмея с горно-тундровыми, горно-луговыми субальпийскими и горно-лесо-луговыми почвами. [3].

В результате наших дальнейших исследований было выявлено десятки почвенных разновидностей на территории национального парка «Башкирия», которые можно отнести к редким и уникальным почвам Республики Башкортостан. К категории почвенных эталонов следует включить: петроземы и литоземы темногумусовые, темно-серые почвы, черноземы глинисто-иллювиальные и аллювиальные темногумусовые глеевые почвы. В категории уникальных почв можно отнести карболитозем темногумусовый краснопрофильный легкосуглинистый на элювии известняка [2, 9].

Для создания Красной книги Республики Башкортостан и с целью пополнения реестра Красной книги данными охраняемых почв необходимо детальное изучение почв на ООПТ. Также это позволит выявить почвы, относящиеся к другим категориям охраны.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ванчуров И.А.* Новый этап в охране природы и почв // Почвоведение, 2011, № 1. С. 117–118.
2. Классификация и диагностика почв России. Смоленск, 2004. 342 с.
3. Красная книга почв России: Объекты Красной книги и кадастр особо ценных почв / Отв. ред. Г.В. Добровольский, Е.Д. Никитин. М.: МАКС-Пресс, 2009. 575 с.
4. *Лантева Е.М., Дегтева С.В.* Роль ООПТ в сохранении почв и почвенного покрова Восточно-Европейского сектора Арктики / Материалы докладов VII съезда Общества почвоведов им. В.В. Докучаева «Почвоведение – продовольственной и экологической безопасности страны», Часть 2, Москва-Белгород, 2016. С. 324–325.
5. *Мукатанов А.Х.* Особо ценные почвы Башкортостана. Уфа: Гилем, 2004. 180 с.

6. *Никитин Е.Д., Шоба С.А., Скворцова Е.Б., Никитина О.Г., Сабодина Е.П.* Современное состояние и задачи реализации Красной книги и особой охраны почв / Материалы докладов VII съезда Общества почвоведов им. В.В. Докучаева «Почвоведение – продовольственной и экологической безопасности страны», Часть 2, Москва-Белгород, 2016. С. 327–328.

7. *Никитин Е.Д., Щеглов Д.И., Никитина О.Г., Сабодина Е.П.* Научные и организационно-методические аспекты Красных книг почв степных и лесных регионов // Вестник ВГУ, Серия: Химия, Биология, Фармация, 2016, № 3. С. 95–100.

8. Федеральный закон от 10.01.2002 №7-ФЗ «Об охране окружающей среды».

9. *Халитов Р.М., Сулейманов Р.Р., Абакумов Е.В.* О создании Красной книги Республики Башкортостан // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, том 15, № 3(2), 2013. С. 874–876.

Cs-137 В ЛЕСНЫХ ПОЧВАХ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

Кубасова М.С.

РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, kubasovamascha@yandex.ru

Одной из основных проблем современной экологии является загрязнение окружающей среды радионуклидами. На севере Европейской части России имеется значительное количество потенциальных источников радиоактивного загрязнения. Одним из важнейших (в прошлом) источников загрязнения в Архангельской области является испытательный полигон «Северный» на архипелаге Новая Земля, на котором в период между 1955 и 1990 гг. было произведено 214 испытаний ядерного оружия. В Северодвинске (Архангельская обл.) – центре атомного судостроения, а также на базах атомных подводных лодок Северного флота на Кольском полуострове (Мурманская обл.) сосредоточено большое число объектов и предприятий по строительству, обслуживанию и утилизации АПЛ. Имеется здесь и множество мест выдержки или захоронения радиоактивных отходов, а также Кольская атомной электростанции с 4 реакторами типа ВВЭР, расположенной в пос. Полярные Зори.

МОНИТОРИНГ И ОХРАНА ЛЕСНЫХ ПОЧВ.
КРАСНАЯ КНИГА ПОЧВ

В связи с вышесказанным и тем, что ряд исследователей полагает о необходимости изучения вопросов радиоэкологии не только в непосредственной близости от радиационно опасных объектов, но и на региональном уровне Северных территорий, куда входит и Архангельская область, мы поставили перед собой задачу провести отбор почвенных проб в лесах области с дальнейшим определением содержания ^{137}Cs в них на сцинтилляционном γ -спектрометре Wizard 2480 в лаборатории.

В таблице показаны результаты определений по всем почвенным пробам. Необходимо отметить, что заметный разброс данных по определениям удельной активности ^{137}Cs в почвах, объясняется не столько ошибками определения в пробах с крайне низким содержанием радионуклида, сколько известным из литературы обстоятельством, касающемся большой мозаичности выпадений [3].

Подтверждение вышесказанному имеются и в нашем исследовании, в частности, в двух близкорасположенных точках в Верхнетоемском районе (точки 7 и 8) уровни загрязнения оказались существенно различными.

По полученным данным, содержание ^{137}Cs в лесной подстилке и в верхнем 5-см слое почв в различных районах Архангельской области находится в настоящее время в основном на уровне 28–36 Бк/кг, что, в общем, соответствует немногочисленными публикациями специальных исследований, выполненных в Архангельской области [4; 8].

Обзор результатов показывает, что наибольшее количество ^{137}Cs даже спустя десятки лет после поверхностного загрязнения продолжает оставаться в верхних слоях почвы, что свидетельствует о высокой сорбционной способности данных почв. Ниже по профилю содержание радионуклида в общем постепенно понижается. В точке 3, где имеются данные по подстилке и по слою листового опада, определённо показано, что в листовом опаде содержание ^{137}Cs явно понижено – по-видимому, по причине малой сорбционной ёмкости этого слоя или сравнительно быстрого протекания в нём процессов минерализации.

**Табл. Результаты определений удельной активности ^{137}Cs
в почвенных пробах**

#	Район области	Место взятия проб	Год	Слой почвы	Удельная активность ^{137}Cs , Бк/кг
1	Мезенский	Каменка	2012	Почва – подстилка	36 ± 4
				Почва 0–5 см	26,5 ± 0,2
				Почва 5–10 см	19,8 ± 0,7
2	Приморский	Васьково	2012	Почва – подстилка	12,4 ± 0,9
				Почва 0 – 5 см	50,9 ± 1,0
				Почва 5 – 10 см	22,4 ± 0,9
3	Холмогорский	Гбач	2013	Опад (хвоя, листья берёзы и осины)	14 ± 3
				Почва – подстилка	49 ± 5
				Почва 0–10 см	26,9 ± 0,5
				Почва 10–20 см	15,9 ± 0,2
4		Коскошина	2013	Почва – подстилка	30 ± 4
				Почва 0–10 см	14,8 ± 0,5
				Почва 10–20 см	11,5 ± 1,0
5	Виноградовский	Усть-Ваеньга	2013	Почва – подстилка	25 ± 3
				Почва 0–10 см	11,8 ± 0,7
				Почва 10–20 см	8,1 ± 0,9
6		Березничек	2013	Почва – подстилка	13,2 ± 1,1
				Почва 0–10 см	11,4 ± 0,5
				Почва 10–20 см	11,5 ± 0,6
7	Верхне-тоемский	Алексеевская	2013	Почва – подстилка	28 ± 2
				Почва 0–10 см	25 ± 2
8		Власьевская	2013	Почва – подстилка	63 ± 6
				Почва 0–10 см	9,5 ± 0,6
				Почва 10–20 см	5,2 ± 0,4
9	Красно-борский	Березовка	2013	Почва – подстилка	65,9 ± 1,4
				Почва 0–10 см	16,0 ± 0,5
				Почва 10–20 см	8,1 ± 0,3

В различных точках опробывания можно заметить два типа послойного распределения ^{137}Cs в верхних слоях почвы. В одном из этих двух случаев, более типичном, наибольшее содержание радионуклида наблюдается в слое лесной подстилки. Гораздо реже проявился другой тип распределения (там же, на точке 3), когда большая часть загрязнителя переместилась из подстилки в минеральный горизонт A_1 . Литературные данные

МОНИТОРИНГ И ОХРАНА ЛЕСНЫХ ПОЧВ.
КРАСНАЯ КНИГА ПОЧВ

для большинства лесных почв подтверждают, что основное депонирование радионуклида наблюдается или в нижнем слое лесной подстилки, или в верхней части минеральной почвы, чаще всего в горизонте A_1 .

Причиной умеренного проявления вертикальной миграции ^{137}Cs является, очевидно, весьма прочное закрепление цезия в почвенном поглощающем комплексе по механизмам ионной фиксации в кристаллической решётке глинистых минералов и/или труднообменного удержания в малорастворимых органических гумусовых веществах [1, 5, 6, 7].

Значения удельной активности ^{137}Cs в верхних слоях лесных почв Архангельской области показали некоторое превышение уровня «глобального» загрязнения на данных широтах [2; 6]. Превышение уровня глобального загрязнения для данного региона свидетельствует о дополнительном выпадении радионуклидов из приземных воздушных потоков, происходивших, например, во время атмосферных испытаний ядерного оружия. Локальные радиоактивные загрязнения распространяются по воздуху обычно не более чем на несколько сотен километров от места выполнения испытания. Следовательно, в нашем случае, то есть в северной части Архангельской области, наиболее реальным источником дополнительного загрязнения (помимо «глобального») могла стать деятельность испытательного полигона «Северный» на Новой Земле. Предположение о Новоземельском происхождении основной части загрязнений в Архангельской области подтверждается также тем, что в целом в сводке данных по почвам мы наблюдаем некоторую тенденцию к снижению уровней загрязнения цезием с севера на юг области, т.е. от арктического побережья вглубь континента.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Алексахин Р. М.* Проблемы радиоэкологии: Эволюция идей. Итоги. М.: РАСХН ВНИИСХРАЭ, 2006. 880 с.

2. *Болтнева Л. И.* Глобальное загрязнение ^{137}Cs и ^{90}Sr и дозы внешнего облучения на территории СССР / Л. И. Болтнева, Ю.А. Израиль, В.А. Ионов, И.М. Назаров // Атомная энергия, 1977. Т. 42. Вып. 5. С. 355–360.

3. *Голосов В. Н.* Проблемы определения пространственной неоднородности выпадений ^{137}Cs для оценки темпов эрозийно-аккумулятивных процессов / В.Н. Голосов, М.В. Маркелов, В.Р. Беляев, О.М. Жукова // *Метеорология и гидрология*, 2008. № 4. С. 30–45.

4. *Киселев Г.П.* О радиоактивности окружающей среды Архангельского промышленного района / Г.П. Киселев, А.В. Баженов и др. // *Экология человека*, 2006. № 2. С. 3–6.

5. *Лурье А. А.* Радиоэкология леса. М.: Изд-во РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2010. 158 с.

6. *Павлоцкая Ф.И.* Миграция радиоактивных продуктов глобальных выпадений в почвах. М.: Атомиздат, 1974. 216 с.

7. *Уорнер Ф.* (ред.). Пути миграции искусственных радионуклидов в окружающей среде / Ф. Уорнер, Р. Харрисон // *Радиоэкология после Чернобыля*. М.: Мир, 1999. 512 с.

8. *Юдахин Ф. Н.* Закономерности распределения радиоцезия в почвах Архангельской области / Ф. Н. Юдахин, А. В. Баженов, Г. П. Киселев // *Север: экология*. [Сб. науч. тр.]. Екатеринбург: УрО РАН, 2000. С. 7–17.

РАДИОНУКЛИДЫ В ЛЕСНЫХ ПОЧВАХ

Лодыгин Е.Д., Безносиков В.А., Шуктомова И.И.
Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар,
lodigin@ib.komisc.ru

Естественные радионуклиды, такие как ^{40}K , ^{232}Th , ^{226}Ra , имеют повсеместное распространение в окружающей среде. Начиная с 1945 г. после первого испытания ядерного оружия и крупных аварий на Чернобыльской АЭС в 1986 г. и АЭС Фукусима-1 в 2011 г., искусственные радионуклиды также стали широко распространены в природе.

Существующие в настоящее время данные по содержанию радионуклидов в окружающей среде, как правило, разноречивы, многие из них недостаточно увязаны с вариабельностью фонового содержания, нет четкой дифференциации поступления радионуклидов при промышленном или сельскохозяйственном производстве, что затрудняет оценку степени антропогенной нагрузки на природные комплексы.

МОНИТОРИНГ И ОХРАНА ЛЕСНЫХ ПОЧВ.
КРАСНАЯ КНИГА ПОЧВ

Большое значение для получения достоверной информации об удельной активности искусственных (^{137}Cs и ^{90}Sr) и естественных (^{40}K , ^{232}Th , ^{226}Ra) радионуклидов в фоновых почвах является изучение их в конкретном биогеоценозе с использованием ландшафтно-геохимического метода.

Цель работы: выявить ландшафтно-геохимические закономерности накопления и аккумуляции основных искусственных (^{137}Cs , ^{90}Sr) и естественных радионуклидов (^{40}K , ^{232}Th , ^{226}Ra) в фоновых таежных почвах Республики Коми.

Объектами исследований послужили почвы южной и средней тайги Республики Коми. Радиологический анализ выполнен в лаборатории миграции радионуклидов и радиохимии Института биологии, аккредитованной Федеральной службой и зарегистрированной в Государственном реестре под № РОСС PU.001.НПК70.

Измерение удельной активности ^{40}K , ^{232}Th , ^{226}Ra , ^{137}Cs , ^{90}Sr в пробах проводили на сцинтилляционном спектрометре «Прогресс-2000» № 0334 Б-Г с использованием программного обеспечения «ПРОГРЕСС».

Удельная активность исследованных искусственных и естественных радионуклидов приведена в таблице. Результаты исследований показали, радиационный фон почв таежной зоны и накопление ^{137}Cs , ^{90}Sr , ^{40}K , ^{232}Th и ^{226}Ra , главным образом, зависит от типа ландшафтов, почвообразующих пород и содержания органических веществ.

Выявлено варьирование удельной активности естественных и искусственных радиоактивных элементов в таежных почвах Республики Коми, что обусловлено неоднородностью почвообразующих пород и ландшафтно-геохимическими условиями миграции и аккумуляции радионуклидов.

Оценка фоновой удельной активности радионуклидов в почвах не обнаружила аномальные зоны с повышенными значениями. Результаты проведенных исследований показывают, что удельная активность ^{137}Cs и ^{90}Sr в поверхностном слое почвы на обследованной территории находится на уровне глобальных выпадений, ^{40}K , ^{232}Th и ^{226}Ra соответствует естественному содержанию этих радионуклидов в земной коре. При этом основная доля

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ ЛЕСНОГО
ПОЧВОВЕДЕНИЯ, 13–17 сентября 2017

радионуклидов сосредоточена в верхнем 30 см слое исследованных почв. Иллювиальная толща является геохимическим барьером концентрирования радионуклидов в почвах.

Табл. Удельная активность радионуклидов в почвах

Горизонт	Удельная активность, Бк·кг ⁻¹				
	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	⁴⁰ K	²³² Th	²²⁶ Ra
Подзолистая (n = 8)					
A0	13 ± 5	3.0 ± 2.0	190 ± 130	10 ± 6	9 ± 4
A2	7 ± 4	1.4 ± 0.8	420 ± 180	12 ± 8	13 ± 6
A2B	5.7 ± 1.5	0.9 ± 0.4	450 ± 40	13.9 ± 2.0	12 ± 3
Торфянисто-подзолисто-глеєватая (n = 12)					
O	25 ± 12	5.5 ± 2.8	160 ± 100	11 ± 6	19 ± 11
A2hg	3.0 ± 1.8	1.2 ± 0.7	224 ± 29	8 ± 4	8 ± 4
A2B	10 ± 6	3.9 ± 2.2	390 ± 90	15 ± 6	17 ± 5
Торфяно-подзолисто-глеєватая (n = 26)					
O	22 ± 10	4.9 ± 2.2	170 ± 50	8 ± 5	15 ± 6
A2hg	5 ± 3	1.0 ± 0.6	200 ± 50	8 ± 3	14 ± 9
A2Bg	5 ± 3	1.6 ± 1.0	300 ± 60	7 ± 3	27 ± 18
Дерново-подзолистая (n = 10)					
A1	21 ± 10	5 ± 3	300 ± 160	17 ± 6	20 ± 8
A1A2	5 ± 3	6 ± 3	600 ± 240	30 ± 3	20 ± 4
A2B	8 ± 4	4.3 ± 1.3	710 ± 40	28 ± 4	22 ± 4
Пойменная (n = 47)					
A дер	16 ± 5	5 ± 3	360 ± 90	18 ± 7	14 ± 5
A1g	14 ± 5	3.9 ± 1.6	350 ± 70	17 ± 5	16 ± 3
A1B	16 ± 10	3.0 ± 2.0	560 ± 140	25 ± 8	16 ± 6
Подзол иллювиально-железистый (n = 34)					
A0	13 ± 6	4.0 ± 2.1	170 ± 90	10 ± 5	11 ± 5
A2	8 ± 4	2.1 ± 1.5	270 ± 80	7.1 ± 2.4	9.1 ± 2.3
A2Bf	7.3 ± 2.1	3.3 ± 2.1	240 ± 70	8.1 ± 1.3	11.7 ± 2.3
Торфянисто-подзолисто-глеєватая иллювиально-гумусовая (n = 15)					
O	14 ± 3	3.0 ± 1.8	230 ± 140	7.3 ± 0.7	8 ± 2.0
A2hg	4.0 ± 0.9	0.7 ± 0.4	154 ± 28	7.0 ± 1.2	8.0 ± 2.4
Bh	9 ± 4	1.5 ± 1.0	200 ± 70	9 ± 3	11 ± 6

Результаты проведенных исследований могут использоваться для объективной оценки воздействия радионуклидов на почвенный

МОНИТОРИНГ И ОХРАНА ЛЕСНЫХ ПОЧВ.
КРАСНАЯ КНИГА ПОЧВ

покров в зонах возможного загрязнения при составлении проектов по инженерно-экологической экспертизе территорий, предлагаемых под новое освоение различных месторождений, послужат базой для систематического мониторинга и разработки региональной нормативной базы радионуклидов для почв Республики Коми.

Работа выполнена при финансовой поддержке Программы УрО РАН № 15-2-4-5 (№ гос. рег. 115082010009).

**ЭКОЛОГО-МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ
ПОЧВ ВОСТОЧНОЙ ФЕННОСКАНДИИ**

Медведева М.В.¹, Бахмет О.Н.¹, Мамай А.В.¹, Зачиняева А.В.²

¹ ИЛ КарНЦ РАН, Петрозаводск, tarjamed@mail.ru;

² Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова, Санкт-Петербург, anvzanna@yahoo.com

Как известно, мониторинг почв предполагает регулярное наблюдение за морфологическими, физико-химическими и микробиологическими свойствами почв, на основании которых можно сделать прогноз развития, происходящих в почве процессов [2]. Последнее позволяет наметить комплекс мер, направленных на улучшение условий формирования почв, снижение негативного воздействия. Микроорганизмы – чувствительные индикаторы состояния почв, осуществляя трансформацию органического вещества, определяют их важнейшее свойство – плодородие. Использование микроорганизмов в качестве объекта мониторинга позволяет на ранних стадиях установить изменения педосреды, а, следовательно, своевременно решить проблему реабилитации почв антропогенно нарушенных экосистем.

Микробиологический мониторинг, как часть экологического мониторинга почв, можно условно разделить на локальный, региональный, биосферный [2, 3]. В связи с тем, что микробиологические показатели весьма изменчивы в пространстве и во времени, а нарушения, которые возникают в микробном сообществе на фоне антропогенного воздействия, могут закрепляться, в связи с этим необходимо прово-

дить микробиологические исследования почв ненарушенных лесных экосистем. Эталонами состояния микробного сообщества могут быть микробоценозы почв ненарушенных территорий: заказников, национальных парков, заповедников, генетических резерватов. Проведение в Карелии регионального микробиологического мониторинга позволило установить структурно-функциональную организацию микробоценоза почв ненарушенных лесных экосистем средне- и северотаежной подзон, выявить биоиндикаторы их состояния [4–6, 10, 11].

Одним из важных этапов микробиологического мониторинга почв Карелии было включение территории в систему глобального биомониторинга Европейских стран [1]. Это позволило использовать материалы для сравнительного анализа влияния природопользования на лесные экосистемы, интегрировать данные в общеевропейскую базу данных.

Локальный микробиологический мониторинг почв Карелии регулярно начали проводить начиная с 1984 г. Его организация была связана с введением в эксплуатацию Костомукшского ГОКа, аэрополлютанты которого существенно изменяли свойства лесных почв. В результате проведенных исследований было установлено, что заводские выбросы на начальных этапах загрязнения оказывают положительное влияние на микробную компоненту почв, стимулируя ферментативную активность. Это связано во многом с подщелачивающим эффектом промышленных загрязнителей, созданием более благоприятных условий для развития подстилочных деструкторов. На основании полученных данных был сделан вывод о возможном использовании целлюлолитиков, бактерий, осуществляющих круговорот азота, для оценки состояния почв в мониторинговых исследованиях [8].

Как известно, урбанизация – это один из антропогенных факторов, который оказывает негативное влияние на все уровни организации экосистемы. С ростом городов происходит полная модернизация природной среды, формирование геотехсистемы. Урбоэкологический мониторинг почв города Петрозаводска позволил установить изменение структурно-функциональной организации микробного сообщества, выявить биоиндикаторы различного

МОНИТОРИНГ И ОХРАНА ЛЕСНЫХ ПОЧВ.
КРАСНАЯ КНИГА ПОЧВ

уровня антропогенного воздействия, оценить последствия перестройки и адаптационных возможностей микробоценоза [7,12].

В настоящее время фокус исследования лесных экосистем переместился в область моделирования микробиологических процессов, которые протекают в почве естественных и антропогенно нарушенных экосистем. Полученные материалы многолетних наблюдений за состоянием микробного сообщества почв смогут восполнить пробел в данной области, они станут основой прогностического микробиологического мониторинга природной среды.

В связи с разработкой концептуально-балансовых моделей лесных экосистем при анализе последствий антропогенного воздействия изучение стехиометрических закономерностей превращения вещества в почве, как известно, представляет большой интерес. Это может быть достигнуто, в том числе, на основе исследования отдельных звеньев трофоцепи, механизмов переноса веществ, включающего изучение отдельных ингибиторов/катализаторов процессов. Последнее весьма актуально в связи с исследованием динамики образования парниковых газов [6].

Показатели, определяющие состояние почв, микробиологическая и ферментативная активность, образование парниковых газов, процессы аммонификации и нитрификации взаимосвязаны и раскрывают особенности почвообразования естественных и антропогенно нарушенных экосистем Восточной Фенноскандии, могут быть использованы в диагностическом мониторинге природной среды.

Работа выполнена в рамках государственного задания (№ 0220-2014-0008) Института леса КарНЦ РАН.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бахмет О.Н., Федорец Н.Г., Крышень А.М. Исследования по международной программе ICP-forest в Карелии // Труды Карельского научного центра РАН. № 2. 2011. С. 133–139.

2. Гельцер Ю.Г., Яковлев А.С. Значение биоразнообразия для диагностики почв // Почвоведение. 1996. № 6. С. 735–742.

3. Добровольский Г.В. Мониторинг и охрана почв // Почвоведение. 1986. № 12. С. 24–29.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ ЛЕСНОГО
ПОЧВОВЕДЕНИЯ, 13–17 сентября 2017

4. *Загуральская Л.М., Медведева М.В.* Микробное разнообразие почв хвойных и лиственных лесов / Разнообразие почв и биоразнообразие в лесных экосистемах средней тайги. М.: Наука, 2006. С. 228–234.

5. *Зачиняев Я.В., Медведева М.В., Зачиняева А.В., Ковалева Л.И.* Таксономическое разнообразие микромицетов-целлюлозодеструкторов в почвах ненарушенных лесных экосистем республики Карелия // *НоваИнфо*. 2014. № 19.

6. *Мамай А.В., Степанов А.Л., Федорец Н.Г.* Микробная трансформация соединений азота в почвах средней тайги // *Вестник Московского университета. Серия 17: Почвоведение*. № 4. 2013. С. 32–37

7. *Медведева М.В.* Микробиологическая оценка почв города Петрозаводска // *Тяжелые металлы в почвах Карелии*. П.: КарНЦ РАН, 2015. С. 136–148.

8. *Медведева М.В., Бахмет О.Н., Яковлев А.С.* Биологическая диагностика аэротехногенного загрязнения лесных почв Восточной Фенноскандии // *Почвоведение*. 2003. № 1. С. 106–112.

9. *Методы почвенной микробиологии и биохимии*. Под ред. Д.Г. Звягинцева. М.: МГУ, 1991. 303 с.

10. *Медведева М.В., Зачиняева А.В., Раевский Б.В.* Биологическая активность почв основных биогеоценозов Заонежья // *Современные проблемы науки и образования*. 2015. № 1.

11. *Медведева М.В., Федорец Н.Г., Ильинов А.А., Раевский Б.В., Рудковская О.А.* Морфологические и химические свойства почв генетических резерватов Северного Приладожья // *Ученые записки ПетрГУ*. 2012. № 6. С. 20–27.

12. *Федорец Н.Г., Медведева М.В.* Эколого-микробиологическая оценка состояния почв города Петрозаводска. Петрозаводск: КНЦ РАН, 2005. 92 с.

**ПОЧВЫ В ОЧАГАХ ИНВАЗИИ УССУРИЙСКОГО
ПОЛИГРАФА (*POLYGRAPHUS PROXIMUS*)
НА ПРИМЕРЕ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ**

Никифоров А.Н.

*Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН,
г. Томск, a.nik-n@mail.ru*

Уссурийский полиграф (*Polygraphus proximus*) стал одной из основных причин деградации пихтовых насаждений в таежных экосистемах Западной Сибири. Снижение сомкнутости крон пих-

МОНИТОРИНГ И ОХРАНА ЛЕСНЫХ ПОЧВ.
КРАСНАЯ КНИГА ПОЧВ

тарников или их распад приводят к перестройке подчиненных ярусов растительных сообществ, и, как следствие, к изменению структурных компонентов биогеоценоза. Такие импактные нарушения связаны, в первую очередь, с увеличением освещенности [3]. Конечным результатом этих нарушений может стать катастрофическое изменение ландшафта.

Изменение некоторых свойств почв, хода и направленности почвообразовательных процессов связано, в данном случае, с природно-антропогенными факторами, действующими на отдельные компоненты биогеоценоза.

В качестве объектов исследования были выбраны почвы двух участков таежной экосистемы разных, по степени деградации древостоя, в пределах Ларинского природно-зоологического заказника в Томской области.

На сильнодеградированном участке формируется дерново-глубокооподзоленная типичная почва – O-AEL-ELB-BEL-Bel-BT-BTh, на слабодеградированном – дерново-глубокооподзоленная контактно-осветленная – AY-EL-EL[e-fh]-ELB-BEL-BTel.

Характерными особенностями территории являются ее сильное расчленение [1, 2], а так же среднечетвертичный возраст приподнятой равнины, перекрытой лессовидными карбонатными суглинками и глинами. Согласно карте почвенно-географического районирования Томской области [1] исследуемая территория расположена в пределах Кольвань-Томского округа дренированных возвышений в Томском районе глубокооподзоленных почв.

Напочвенный растительный покров до воздействия короеда был представлен преимущественно мелкотравными и мелкотравно-зеленомошными ассоциациями, с абсолютным господством кислицы обыкновенной (*Oxalis acetosella*), которая в настоящее время на исследуемой территории сохранилась только в пихтовых и темнохвойных насаждениях слабой степени деградации [3].

Участок с сильной деградацией древостоя представляет собой очаг катастрофического усыхания пихты, под воздействием *Polygraphus proximus*, в результате чего произошла смена напочвенного покрова крупнотравием. За несколько лет это привело к

формированию в верхней части почвенного профиля достаточно мощного (до 7–10 см) грубогумусового горизонта типа «мог». Реакция среды в органогенном горизонте соответствует нейтральной (рН 6.5), что обусловлено высокой продуктивностью фитомассы и более высокой зольностью (до 67 %) растительных остатков. Продукты гумификации меланизировали верхние сильнооподзоленные горизонты профиля (до глубины 15–20 см), придавая им более темные тона. Этот горизонт все еще сохраняет морфологические признаки оподзоливания не смотря на накладывающиеся процессы аккумуляции гумуса. Структура горизонта сохраняет тенденцию своего развития в горизонтальном направлении. Средняя и нижняя часть почвенного профиля значительно уплотнены.

Дерново-глубокооподзоленная контактно-осветленная почва формируется под слабонарушенным участком. Ее отличительной морфологической чертой является отсутствие грубогумусового горизонта и более светлая окраска минеральных горизонтов. Сохранность профилеобразующего процесса связано с незначительными изменениями структуры биогеоценоза, которые не повлекли за собой нарушений в отдельных его компонентах. Поверхность почвы тонким слоем покрывает подстилка, состоящая преимущественно из хвои. Серогумусовый горизонт имеет светло-серую окраску, постепенно сменяющуюся в элювиальном горизонте на белесую. Сам горизонт имеет непрочную комковатую структуру с тенденцией к горизонтальной направленности. На границе с иллювиальным горизонтом выделяются более светлые пятна. Иллювиальная часть профиля бурая с более прочной ореховато-комковатой структурой. Профиль четко дифференцирован по элювиально-иллювиальному типу.

Таким образом, многолетнее влияние инвазионного вредителя и отсутствие мер, обеспечивающих сокращение его численности, привело не только к катастрофическому усыханию древостоя, но и к импактным нарушениям структуры почвенного покрова. На исследуемом участке дерново-глубокооподзоленная контактно-осветленная почва отражает признаки подзолообразования, на фоне изменяющихся факторов внешней среды, ослаблено влияющих на почвенный профиль, в то время как дерново-глубоко-

МОНИТОРИНГ И ОХРАНА ЛЕСНЫХ ПОЧВ.
КРАСНАЯ КНИГА ПОЧВ

оподзоленная типичная переходит из климаксного состояния. В целом почвы сохраняют облик подзолистых, записывая в своем профиле биогеосистемные изменения. В результате чего происходит усложнение почвенного профиля.

Исследование выполнено в рамках проекта РФФИ 16-44-700782.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дюкарев А.Г. Почвенно-географическое районирование Томской области / А.Г. Дюкарев, Н.Н. Пологова//Почвоведение. 2002. № 3. С. 282–294.
2. Дюкарев А.Г. Почвы припоселковых кедровников / А.Г. Дюкарев, Н.Н. Пологова//Вестник Томского государственного университета. Биология. 2013. № 2 (22). С. 7–22.
3. Кривец С.А. Трансформация таежных экосистем в очагах инвазии полиграфа уссурийского *Polygraphus proximus* Blandford (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae) в Западной Сибири / С.А. Кривец [и др.] // Российский журнал биологических инвазий. 2015. Т. 8. № 1. С. 41–63.

**ЭКОЛОГО-БИОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
ЛЕСНЫХ ЛАНДШАФТОВ**

Хрусталева М. А.

*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
mrnhr@rambler.ru, khrustaleva1935@mail.ru*

Эколого-биогеохимические исследования лесных ландшафтов с оценкой экологического состояния весьма актуальны в XXI веке в связи с активным развитием научно-технического прогресса, имеют важное научное и практическое значение.

Актуальность этому направлению придал и Президент Российской Федерации В.В. Путин, который издал Указ от 05 января 2016 г. об объявлении 2017 года в России Годом экологии.

Исследования проводили в Смоленской и Московской провинциях подзоны хвойно-широколиственных лесов с зональными дерново-подзолистыми почвами с промывным водным режимом [1].

Мониторинговые комплексные исследования велись современным ландшафтно-геохимическим методом по катенам, представляющим собой цепь, непрерывный ряд. Миграция химических элементов определялась в направлении потока вещества – от автономных позиций ландшафтов к подчиненным.

Изучение компонентов ландшафтов проводилось стационарным мониторинговым, полевым и экспедиционным методами, сопровождавшимися отбором проб компонентов ландшафтов с последующим анализом и эколого-геохимической оценкой.

Особенности формирования рельефа и почв данных ландшафтов заключаются в том, что они приурочены к палеозойским породам – известнякам, доломитам, мергелям нижнего карбона, частично глинам юры, перекрытыми четвертичными отложениями. Четвертичные отложения ландшафтов представлены мореной мощностью от 40 до 60 м. Сверху расположены покровные суглинки (мощностью до 1,5–3,0 м). Современные свойства литогенной основы начали оформляться в днепровское, а закончили его – в московское время.

Обособление изученных ландшафтов обусловлено, в основном, развитием и преобразованием литогенной основы, которая подвергалась активному влиянию плейстоценового оледенения, формировалась в течение четвертичного периода и, особенно, во время днепровского и московского оледенений, оказавших наибольшее воздействие при развитии ландшафтов и их влиянием на геоморфологические и почвообразующие процессы.

Для исследованных ландшафтов характерен холмистый, плоско-холмистый и волнистый рельеф с высотами 180–230 м.

Известно, что почвы играют важную роль в жизни ландшафта. Величины $pH_{\text{водн. и солев. почв}}$ ландшафтов лесных катен изменялся, соответственно, от 6,5–5,7 и 4,1–4,5 (автономные еловошироколиственные леса на дерново-среднеподзолистых почвах) до 4,5–5,2 и 4,04,8 (мелколистный лес-подножье) [2]. Максимальные (29 %) значения органического вещества в почвах лесных катен выявлены осенью – в сентябре. Отмечалась тенденция уменьшения запасов гумуса к осени с некоторым заметным

МОНИТОРИНГ И ОХРАНА ЛЕСНЫХ ПОЧВ.
КРАСНАЯ КНИГА ПОЧВ

понижением в июне. Почвы являются основным источником питания растений, где летом сосредотачивается большая часть органического вещества. Почвы являются основным источником питания растений, куда поступает большая часть органического вещества из опада и подстилки. Следует отметить обеспечение почв лесных ландшафтов азотом, фосфором, калием, а иллювиальные горизонты – железом, марганцем. Большие величины отношения C:N (до 15–17) в почвах лесных ландшафтов обусловлены присутствием негидролизующего органического вещества. Аналитические данные автора также указывают на преобладание силикатных форм железа над свободными, что свидетельствует о слабой выветрелости пород или относительной молодости почвообразования [3].

Mn, Al, Fe, P представлены в почвах валовыми и подвижными формами, а N – общим. Остальные элементы присутствуют в валовой форме.

Многочисленные данные химического анализов почв были обработаны математическим методом. Обработка аналитических данных почв лесных ландшафтов, проведенная методом кластерного и факторного анализа, позволила сгруппировать элементы по их сходству, а также установить взаимосвязь между ними.

Для обработки большого числа аналитических данных химического анализа почв использовали математический метод с применением кластерного и факторного анализа. Кластерный анализ применяли для выявления временной изменчивости состава почв по основным типам совместного распределения элементов и определения степени сходства и различия, а для установления взаимосвязи и зависимости между химическими элементами в компонентах ландшафта использован факторный анализ. Методом Варда [4] с коэффициентом взаимного сопряжения Пирсона проведена группировка 17 элементов, обнаруженных в почвах катен, по определению степени сходства и различия, объединения их в 6 групп-кластеров, которые изображены в виде дендрограммы. Она отражает временные изменения содержания элементов в почвах. Много в почвах катен обнаруже-

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ ЛЕСНОГО
ПОЧВОВЕДЕНИЯ, 13–17 сентября 2017

но Si. Отмечен рост валовых форм Al в почвах лесных катен ельника разнотравно-кисличного. Подвижный Al больше концентрируют почвы ельника разнотравно-зеленчукового в связи с кислыми условиями среды. Следует заметить, что коэффициент корреляции Al обменного и подвижного велик (до 0,7). Итак, выявлено обогащение почв лесных катен Si, Al. Отметим, что лесные насаждения аккумулируют (до 80 %) гидрокарбонатные, сульфатные, хлоридные ионы и до 40 % взвесей. Хвойные насаждения уменьшают в водах содержание нитратного N.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анненская Г. Н., Жучкова В. К., Калинина В. Р., Мамай И. И., Низовцев В. А., Хрусталёва М. А., Цесельчук Ю. Н. Ландшафты Московской области и их современное состояние. Смоленск: Изд-во СГУ, 1997. 296 с.
2. Хрусталёва М. А. Экобиогеохимия ландшафтов. LAP LAMBERT Academic Publishing. Saarbrücken. Deutschland. 2015. 352 с.
3. Хрусталёва М. А. Дифференциация железа в компонентах лесных ландшафтов // География и природные ресурсы. № 3. 1991. С. 96–104
4. Ward J. As. Hierarchical grouping to optimization and objective function // Amer. Statistical Association, 1963. № 58. P. 236–244.

С Е К Ц И Я

«ЛЕСНЫЕ ПОЧВЫ И ПРАКТИКА ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА»

ВЛИЯНИЕ УРОВНЯ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВЫ НА РЕАЛИЗАЦИЮ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ ПРОГРАММЫ У КАРЕЛЬСКОЙ БЕРЕЗЫ

Галибина Н.А., Новицкая Л.Л., Мошкина Е.В., Мощенская Ю.Л.,
Никерова К.М., Подгорная М.Н., Софронова И.Н.
*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт леса КарНЦ РАН, Петрозаводск, galibina@krc.karelia.ru*

Карельская береза (*Betula pendula* Roth var. *carelica* (Mercl.) Hämet-Ahti) – форма березы повислой, у которой в результате отклонений в деятельности камбия формируется аномальная по строению древесина. В зонах развития структурных аномалий не запускается программа гибели клеток, приводящая к формированию сосудов и волокон ксилемы и ситовидных трубок флоэмы, дифференцирующиеся камбиальные производные сохраняют протопласт и превращаются в клетки запасующей паренхимы, которые накапливают большие количества липидов и таннинов [7]. Камбий – гетеротрофная ткань. Его активность зависит от притока фотоассимилятов из листьев. Сахароза – главная транспортная форма сахаров у березы [6], метаболически инертна, утилизация ее в тканях возможна только после расщепления ферментами: инвертазой и сахарозосинтазой (СС) ([8] и др.). Многолетние исследования [2, 3] показали, что образование обычной по строению древесины березы связано с высокой активностью СС. Продуктом реакции в данном случае является УДФ-глюкоза, которая используется в основном на синтез компонентов клеточных стенок сосудов и волокнистых трахеид. У карельской березы активность СС в зоне

формирования ксилемы снижена, что согласуется с более высоким уровнем сахарозы в ткани. Избыток сахарозы выводится в апопласт, где расщепляется апопластной инвертазой (АпИInv). Образующиеся при этом гексозы индуцируют реакции запасного метаболизма, что ведет к увеличению количества запасных веществ и повышению в ксилеме доли клеток запасующей паренхимы. В результате в древесине карельской березы появляются крупные включения паренхимы, которые придают ей характерный узор. Изменение соотношения активностей СС и АпИInv лежит в основе большого разнообразия растений карельской березы по степени узорчатости древесины.

Несмотря на то, что предрасположенность к нарушению обмена веществ – наследуемый признак, проявление его при плюсовой селекции карельской березы происходит не у всех особей потомства. Интересно, что даже у узорчатых растений, составляющих в среднем 50–70 % от общего числа потомков, широко варьирует степень развития узора, а, следовательно, и хозяйственная ценность растений. К настоящему времени накоплен значительный объем данных, демонстрирующих влияние азотного питания на углеводный обмен в растениях ([5] и др.). В почвах доступный растениям азот представлен главным образом в форме NH_4^+ и NO_3^- . В отличие от аммония, нитрат-анион помимо субстратной выполняет важную сигнальную роль, регулируя экспрессию более тысячи генов, в результате происходит репрограммирование С- и N-метаболизма, роста и развития растения. Экспериментально проверена возможность регуляции нитратом СС и АпИInv в тканях ствола 6-летних растений карельской и обычной березы повислой в период активного роста [4]. Однако в естественных условиях произрастания растений карельской березы подобных исследований ранее не проводилось.

В задачи нашего исследования входило выявить условия, в которых нарушение обмена веществ, проявляющееся в изменении соотношения активностей СС и АпИInv, а, следовательно, и проявление «узорчатости» будет выражено в большей степени. Для этого провели анализ почвенных условий в местах произрастания деревьев карельской березы с разной степенью узорчатости древеси-

ЛЕСНЫЕ ПОЧВЫ И ПРАКТИКА ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА

ны. Исследовали активность нитратредуктазы – ключевого фермента ассимиляции нитратов, а также СС и АпИнв в камбиальной зоне исследуемых растений.

Почвы района исследования были названы в соответствии с международной классификацией WRB. Почвенный покров исследованной территории представлен Entic Podzol и Gleyic Podzol. Исследованные участки различались по уровню естественного плодородия. Запасы основных элементов питания (доступных растениям) в 25-сантиметровом слое почв для N, P, K составили: 104, 65, 146 кг/га для 1 участка, 67, 34, 67 кг/га – для второго участка, 44, 80, 108 кг/га – для третьего участка и 43, 124, 61 кг/га – для четвертого участка. Согласно литературным данным по потребности березы в элементах минерального питания [1], участок 1 (почва дерново-средне-подзолистая, песчаная, каменистая (Entic Podzols)) по запасам подвижных форм основных элементов питания относился к норме. На участке 2 (почва торфянисто-подзолисто-глееватая супесчаная (Gleyic Podzol)) наблюдалось снижение доступного азота и снижение минерализации в условиях увлажнения. На участках 3 и 4 (почва поверхностно-подзолистая песчаная (Entic Podzols)) растения испытывали дефицит азота на фоне повышенного фосфора, особенно это было выражено на 4-ом участке.

Результаты показали, что доступность подвижного азота в почве оказывает большое влияние на проявление признака узорчатости древесины у карельской березы. В условиях нормального обеспечения азотом (~80–100 кг/га) формирование узора идет на фоне интенсивного роста (высокие активности СС и АпИнв в ксилеме и АпИнв во флоэме). Некоторое снижение плодородия (азот до ~60 кг/га при P/N не больше 3) приводит на фоне снижения активности СС к возрастанию активности АпИнв и сопровождается увеличением паренхиматизации ксилемы (больше количество темноокрашенных включений в древесине), при этом морфологические показатели растений не изменяются. Дефицит подвижного азота в почве на фоне увеличения фосфора вызывает возрастание ассимиляции нитратов в тканях ствола, что усиливает конкуренцию за фотоассимиляты между формированием узорчатой структуры древеси-

ны (метаболизация сахарозы по апопластному пути во флоэме) и ростом растения (использование сахарозы в ксилеме на формирование клеточных стенок). Высказано предположение, что увеличение поступления нитратного азота в растение, следствием чего становится возрастания активности нитратредуктазы, оказывает отрицательное влияние на формирование узора.

Исследование выполнено при частичной финансовой поддержке гранта РФФИ № 16-04-100639_p_a.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Базилевич Н. И., Титлянова А. А.* Биотический круговорот на пяти континентах: азот и зольные элементы в природных наземных экосистемах. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2008. 381 с.

2. *Галибина Н. А., Новицкая Л. Л., Красавина М. С., Мощенская Ю. Л.* Активность сахарозосинтазы в тканях ствола карельской березы в период камбиального роста // Физиология растений. 2015 А. Т. 62. № 3. С. 410–419.

3. *Галибина Н. А., Новицкая Л. Л., Красавина М. С., Мощенская Ю. Л.* Активность инвертазы в тканях ствола карельской березы. Отправлена в журнал «Физиология растений». 2015 Б. Т. 62. № 6. С. 804–813.

4. *Галибина Н. А., Новицкая Л. Л., Никерова К. М.* Избыток экзогенных нитратов подавляет формирование аномальной древесины у карельской березы // Онтогенез. 2016. Т. 47. № 2. С. 83–91.

5. *Никитин А. В., Измайлов С. Ф.* Ферменты диссимиляции сахарозы как мишени действия нитрата в раннем онтогенезе гороха посевного // Физиология растений. 2016. Том 63, № 1. С. 159–164.

6. *Новицкая Л. Л., Галибина Н. А., Никерова К. М.* Транспорт и запасание сахаров во флоэме двух форм березы повислой, различающихся по структуре древесины (*Betula pendula* Roth var. *pendula* и var. *carelica*) // Труды КарНЦ РАН. Сер. Экспериментальная биология. 2015. № 11. С. 35–47.

7. *Novitskaya L., Nikolaeva N., Galibina N., Tarelkina T., Semenova L.* The greatest density of parenchyma inclusions in Karelian birch wood occurs at confluences of phloem flows // *Silva Fennica*. 2016. V. 50. N 3. P. 1461–1478.

8. *Sturm, A., Tang, G.Q.* The sucrose-cleaving enzymes of plants are crucial for development, growth and carbon partitioning // *Trends Plant Sci*. 1999. V. 4. P. 401–407.

**ВОПРОСЫ ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
И СОХРАНЕНИЯ ПРОДУКТИВНОГО ПОТЕНЦИАЛА
ЛЕСНЫХ ПОЧВ ПРИ ВЕДЕНИИ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА**

Желдак В.И., Липкина Т.В., Зенкова И.В.

*ФБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
лесоводства и механизации лесного хозяйства», Пушкино,
forestvniilm@yandex.ru*

Лесоведение и лесоводство, являющиеся основой эффективно-го ведения лесного хозяйства, сформировались в конце XIX в. – начале XX в. в значительной мере под влиянием Докучаевской школы в воззрениях на почву и природу в целом. Основоположник отечественного лесоводства, участник Докучаевской экспедиции, Г.Ф. Морозов в связи с избранием его почетным членом Почвенного комитета при Московском обществе сельского хозяйства, в письме председателю этого комитета Н.А. Димо писал: «... верно усвоив себе основные истины почвоведения, я... внес принципы такого отношения к природе в изучение природы леса...». «Природа сомкнулась для меня в единое целое, которое познать можно, только стоя на исследовании таких фактов, взаимодействие которых и дает этот великий синтез окружающей нас природы». «Исходя из почвоведения, научившись разбираться в почвах в самой природе, я сознательно, не механически эти принципы ... перенес в другой мир – в жизнь и формы леса; отсюда то учение о типах в создании которого и принимаю деятельное участие...» [3, с. 68–69].

Воспринятые от почвоведения и развитые Г.Ф. Морозовым в отношении к лесу, идеи системного единства природы леса были реализованы им в «Учении о лесе», других его трудах и, в первую очередь, в типологии леса. В определении Г.Ф. Морозова тип леса – «Тип насаждений есть совокупность насаждений, объединенных в одну обширную группу общностью условий местопроизрастаний или почвенно-грунтовых условий» [4]. Эти «начала лесной типологии» получили развитие в научных трудах мно-

гих известных лесоводов и биологов современников Г.Ф. Морозова и его последователей (В.Н. Сукачева, А.А. Крюденера, Д.В. Воробьева, П.С. Погребняка, И.С. Мелехова и других).

Однако, в практике эти достижения науки очень слабо использовались, лесная типология (несмотря на ее признание) во многом не стала основой ведения лесного хозяйства и лесопользования, в т.ч. в Германии и других западноевропейских странах, где лесоводство получило значительное развитие уже в XVIII–XIX вв., но на протяжении более чем двухсотлетнего периода создавались и выращивались чистые лесные культуры хозяйственно ценных хвойных древесных пород, в т.ч. на месте коренных лиственных, к тому же в режиме интенсивного хозяйственного воздействия на почву и на насаждения, во многом, сходные с плантациями с утратой естественного биоразнообразия и, соответственно, устойчивости [5].

В России в значительной мере проявились другие нарушения лесотипологического принципа ведения лесного хозяйства и лесопользования, особенно в период массовых крупномасштабных лесозаготовок (30–70-х гг. XX в.) при возрастающей их механизации, использовании на рубках тяжелой техники, оказывающей исключительно сильные воздействия на почву, разрушающие ее структуру и снижающие плодородие лесных почв, восстановление которой происходит только в течение многих десятилетий [6]. Как отмечает В.Ф. Цветков, воздействие механизмов на лесной биогеоценоз при современных приемах лесозаготовки носит черты массивированной техногенной нагрузки, основная доля которой (не считая вырубленного древостоя) приходится на почву и почвенный покров [7].

Кроме ухудшения почвенного плодородия в связи с нарушающими технико-технологическими воздействиями при рубках, и частично утрате лесных почв в результате развития эрозионных процессов, лесное хозяйство в значительной мере не использует лесообразовательный потенциал почвы из-за нерациональной деятельности и накопления участков деградированных малоценных насаждений в почвенных условиях, потенциально обеспечивающих выращивание высокопродуктивных целевых древостоев.

ЛЕСНЫЕ ПОЧВЫ И ПРАКТИКА ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА

В связи с возрастанием в последние десятилетия XX в. – начале XXI в. экологического, биосферного значения лесов, усилением социальных требований сохранения окружающей среды, на основе развития системного подхода в лесоводстве, заложенного Г.Ф. Морозовым, а также разработки в 80-х гг. XX в. под руководством Н.А. Моисеева и А.В. Побединского [2] региональных систем лесохозяйственных мероприятий на зонально-типологической основе, сформирована концепция и методология создания и применения на практике приоритетно-целевых систем лесоводственных мероприятий, отличающихся значительной дифференциацией по целевому назначению лесов при сохранении основополагающего принципа – соответствия лесоводственных мероприятий природным лесотипологическим почвенно-грунтовым условиям. При этом концепцией предусматривается комплексная классификация всего множества объектов лесоводства на основе сочетания их типологического и целевого деления с формированием специфических природно-целевых объектов, которым можно привести в соответствие определенные приоритетно-целевые системы лесоводственных мероприятий [1]. В целях восстановления и стабильного сохранения целевой потенциальной (экологической и ресурсной) продуктивности лесов, на основе рационального использования природного потенциала лесорастительных условий, в т.ч. почвенного плодородия, все объекты лесоводства, на основе сравнения с установленными целевыми характеристиками подразделяются, соответственно, на целевые (с ценными насаждениями коренного породного состава устойчивые в динамике, соответствующие лесорастительным условиям и назначению лесов), относительно целевые, а также нецелевые, в т.ч. – с насаждениями потенциально-целевыми, малоценными, утратившими биологическую устойчивость или утраченными, многолетнелесонепокрытых лесных земель, нелесных земель, предназначенных для лесоразведения и лесораспространения. Выделенным категориям объектов лесоводства приводятся в соответствие приоритетно-целевые системы лесоводственных мероприятий – основного, производного, переходного (с несколькими подтипами), а также начально-лесообразовательного типов.

Сформированная концепция создания и применения на практике приоритетно-целевых систем лесоводственных мероприятий базируется, по существу, на парадигме отечественного лесоводства, сформированной еще в начале XX в. Г.Ф. Морозовым и М.М. Орловым, ориентированной на сохранение и восстановление эволюционно сложившихся типов коренных лесных насаждений, соответствующих типам лесорастительных, почвенных условий с закономерной динамикой биогеоценозов.

Применением в полном объеме сформированного комплекса представленных типов приоритетно-целевых систем лесоводственных мероприятий обеспечивается решение поставленной мировым сообществом и российским законодательством задачи устойчивого управления лесами, непрерывного неистощительного эффективного экологического и ресурсного лесопользования при существенном повышении производительности и продуктивности лесов в параметрах, обеспечиваемых потенциалом почвенных лесорастительных условий, его сохранении и восстановлении, а также преобразование сильно нарушенных участков иных категорий земель выращиванием лесных насаждений.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Желдак, В.И.* Эколого-лесоводственные основы целевого устойчивого управления лесами / В.И. Желдак. М.: ВНИИЛМ, 2010. 377 с.
2. *Моисеев, Н.А.* Зональные системы воспроизводства лесных ресурсов / А. В. Побединский // Лесн. хоз-во. 1986. № 10. С. 15–19.
3. *Молчанов, А.А.* «Гениальные дополнения к учению Дарвина». Письмо Г.Ф. Морозова, Н.А. Димо. Природа, 1974, 5. С. 68–69.
4. *Морозов, Г. Ф.* Избранные труды / Г. Ф. Морозов. Т. 1. М., 1970. 460 с.
5. *Писаренко, А.И.* Лесное хозяйство России: от пользования к управлению / В. В. Страхов. М.: ИД «Юриспруденция», 2004. 552 с.
6. *Побединский, А.В.* Рубки главного пользования / А. В. Побединский. М.: Лесн. пром-сть, 1980. 187 с.
7. *Цветков, В.Ф.* Лесовозобновление: природа, закономерности, оценка, прогноз / В. Ф. Цветков. Архангельск: Арханг. гос. техн. ун-т, 2008. 212 с.

ВЛИЯНИЕ БИОУГЛЯ НА СВОЙСТВА ПОЧВ ЛЕСНЫХ ПИТОМНИКОВ И КАЧЕСТВО ВЫРАЩИВАЕМОГО ПОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА

Жигунов А.В., Дурова А.С.

*Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет
имени С.М. Кирова, Санкт-Петербург, a.zhigunov@bk.ru*

Биоуглем принято называть уголь, производимый для улучшения показателей плодородия и качества сельскохозяйственных почв. Биоуголь производят путем пиролиза растительной биомассы. Это удваивает содержание углерода в исходном материале и переводит углерод в устойчивые ароматические соединения.

Внесение в почву биоугля может способствовать улучшению показателей роста многих сельскохозяйственных растений [1, 2, 3, 7]. Часто описывается положительное влияние биоугля на рН почвы [4]. Так же в древесном угле может содержаться значительное количество питательных элементов [8]. Почвы с биоуглем содержат значительно большие количества азота так же, как и других элементов, например фосфора [2, 3]. Например, в тропических почвах содержащих биоуголь было обнаружено большое количество фосфора [4]. Известно, что внесение биоугля привело к увеличению урожая риса, в условиях низкой доступности фосфора [1]. Однако имеется ряд исследований, в которых показано, что биоуголь не повлиял на содержание азота, фосфора и калия в почве. Таким образом, по данным большинства исследований биоуголь нормализует кислотность почв. Относительно содержания углерода, азота, фосфора и калия при внесении биоугля в почву данные противоречивы и нуждаются в дальнейших исследованиях.

Данных о влиянии биоугля на рост лесных культур недостаточно [5]. Отмечается, что внесение биоугля в лесные почвы может стимулировать азотфиксацию [6].

Целью исследования была оценка влияния биоугля на агрохимические характеристики почв лесного питомника и биометрические параметры сеянцев ели обыкновенной (*Picea abies* (L.) Н. Karst).

Эксперимент был заложен в посевном отделении питомника открытого грунта Лужского лесного селекционно-семеноводческого центра Ленинградской области. В экспериментах использовался биоуголь, полученный пиролизом из древесины березы на заводе г. Приозерск Ленинградской области.

Опыт проводился в 5-кратной повторности, деланки располагались в рандомизированном порядке. Для вычленения влияния отдельных факторов на рост и развитие сеянцев при внесении биоугля опыт был заложен и в теплице на торфяном субстрате в контролируемых условиях температуры, влажности и содержания элементов минерального питания, где влияние внесения биоугля на содержания органических и минеральных веществ исключалось.

В таблице 1 показано влияние биоугля на основные агрохимические показатели почв, через 2 года после внесения. Определение кислотности, содержания азота и органического углерода проводилось по стандартным агрохимическим методикам.

Табл. 1. Влияние биоугля на свойства агродерново-подзолистой супесчаной почвы

Доза внесения биоугля, т/га	рН		С _{общ} , %	N _{общ} , %
	H ₂ O	KCl		
25	7,12 ± 0,10	6,33 ± 0,10	3,46 ± 0,10	0,15 ± 0,01
5	6,72 ± 0,10	6,09 ± 0,10	2,86 ± 0,10	0,16 ± 0,01
0 (контроль)	6,76 ± 0,10	5,71 ± 0,10	2,37 ± 0,10	0,15 ± 0,01

Табл. 2. Влияние дозы внесения биоугля на параметры двухлетних сеянцев ели

Доза внесения биоугля, т/га	Высота сеянца, см	Диаметр корневой шейки, мм	Длина корней, см	Масса сеянца, г		
				всего	в том числе	
					надземной части	корней
25	5,2 ± 0,42	1,1 ± 0,07	11,1 ± 0,72	0,07	0,05	0,02
5	4,7 ± 0,31	1,3 ± 0,07	11,3 ± 0,73	0,06	0,04	0,02
0 (контроль)	4,3 ± 0,33	1,0 ± 0,07	10,1 ± 0,71	0,06	0,04	0,02

ЛЕСНЫЕ ПОЧВЫ И ПРАКТИКА ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА

Внесение биоугля не оказало достоверного влияния на количество общего азота, но повлияло на показатели кислотности и содержание общего углерода почв.

В конце второго вегетационного периода были определены биометрические показатели сеянцев по вариантам опыта и отобраны модельные растения для определения их массы. Полученные данные представлены в таблице 2.

Таким образом, при внесении биоугля, достоверно установлено увеличение содержания углерода и увеличение рН почв. Увеличение биометрических показателей и массы двухлетних сеянцев при внесении биоугля в дозе как 5 так и 25 т/га находится в пределах ошибки опыта.

При выращивании сеянцев ели в теплице внесение 5 и 10 т/га биоугля в торфяной субстрат в целом уменьшило биометрические параметры и массу сеянцев, хотя ни по одному показателю различия не достоверны. Внесение биоугля значительно снизило развитие грибных заболеваний у сеянцев ели, что привело к уменьшению отпада сеянцев во время выращивания. За счет снижения довсходовой гибели увеличивается выход сеянцев с единицы площади.

Не смотря на наблюдаемый положительный эффект от внесения биоугля, для всесторонней оценки влияния биоугля на рост древесных пород с длительным сроком выращивания и почвы лесных питомников требуются более широкие исследования.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Asai H, Samson BK, Stephan HM, Songyikhangsuthor K, Inoue Y, Shiraiwa T, Horie T.*, 2009. Biochar amendment techniques for upland rice production in Northern Laos: soil physical properties, leaf SPAD and grain yield. *Field Crops Res* 111: P. 81–84.
2. *Glaser, B., Haumaier, L., Guggenberger, G. and Zech, W.*, 2001. The 'Terra Preta' phenomenon: A model for sustainable agriculture in the humid tropics. *Naturwissenschaften* 88(1): P. 37–41.
3. *Lehmann, J., da Silva Jr., J. P., Steiner, C., Nehls, T., Zech, W., and Glaser, B.*, 2003. Nutrient availability and leaching in an archaeological Anthrosol and a Ferralsol in the Central Amazon basin: Fertiliser, manure and charcoal amendments. *Plant and Soil* 249: 343–357.

4. *Williams CN, Joseph K.T.* 1976. Climate, soil and crop production in the humid tropics. Revised edition, third impression. Oxford University Press, Oxford, p. 177.

5. *Дурова А.С.* Применение биоугля как мелиоранта при выращивании ели обыкновенной в посевном отделении питомника. Леса России: политика, промышленность, наука, образование материалы научно-технической конференции. Под. ред. В.М. Гедьо. 2016. С. 132–134.

6. *Мухина И.М., Дурова А.С.* Влияние биоугля на биологические свойства дерново-подзолистой почвы и эффективность использования растениями питательных веществ. Агрофизика. 2017. № 1. С. 26–35.

7. *Орлова Н.Е., Банкина Т.А., Жигунов А.В., Белинец А.С.* Влияние биоугля на свойства почвы и продуктивность растений. Тезисы докладов VII Съезда почвоведов им. В.В. Докучаева и Всероссийской с международным участием научной конференции. Ответственные редакторы: С.А. Шоба, И.Ю. Савин. 2016. С. 402–401.

8. *Рижия Е.Я., Бучкина Н.П., Белинец А.С., Мухина И.М., Балашов Е.В.* Влияние биоугля на водно-физические свойства дерново-подзолистой супесчаной почвы с разной степенью окультуренности // Материалы докладов международной конференции «Тенденции развития агрофизики в условиях изменяющегося климата (к 80-летию Агрофизического НИИ), 20–21 сентября 2012 г., Санкт-Петербург, С. 376–379.

ФОРМИРОВАНИЕ ПОЧВ И РАСТИТЕЛЬНОСТИ ПОСЛЕ ЛЕСНОЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ НА ТЕРРИТОРИИ КАРЬЕРОВ В ПОДЗОНЕ СРЕДНЕЙ ТАЙГИ (РЕСПУБЛИКА КОМИ)

Лиханова И.А., Кузнецова Е.Г., Денева С.В.
*Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар,
likhanova@ib.komisc.ru*

Изучали формирование растительного покрова и почвы после проведения лесной рекультивации на песчаных, супесчаных и суглинистых субстратах отработанных карьеров строительных материалов в подзоне средней тайги.

ЛЕСНЫЕ ПОЧВЫ И ПРАКТИКА ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА

Участки исследований расположены в окрестностях Сыктывкара примерно в 3–4 км от города. На рассматриваемой территории распространены сосняки бруснично-зеленомошные, произрастающие на иллювиально-железистых подзолах, сформированных на песках и супесях. Объекты исследований – карьеры «Даса» (площадь 5.3 га), «Човью» (5.9 га), «Юршор» (5 га) и «Важель-Ю» (5 га). Субстрат карьеров ранее использовался для строительства объездной дороги. Работы по добыче строительного материала были завершены в 1993–1996 гг. В 1997–2001 гг. на карьерах произведены посадки сосны. Подготовка субстрата перед посадкой заключалась в планировке поверхности и внесении на некоторых участках торфа. Улучшение субстрата на карьере «Даса» и «Важель-Ю» не проводили, на карьерах «Човью» и «Юршор» был внесен торф. В качестве посадочного материала использовали 2-летние сеянцы с открытой или закрытой корневой системой, выращенные в Сыктывдинском или Сысольском питомниках. Густота посадки на карьере «Даса» – 4600 шт./га, «Човью» и «Важель-Ю» – 4000, «Юршор» – 3300. Шаг посадки – 0.5–1 м, расстояние между рядами варьирует от 3 до 5 м. В течение первых 5 лет проводили opravку сеянцев, прополку, дополнение культур. На участке № 2 карьера «Даса» дополнение проведено один раз, на участке № 1 карьера «Човью» и на карьере «Важель-Ю» – три (каждое по 1000 шт./га). Рубки ухода осуществляли через каждые 4 года. На 8–10-й годы культуры были переведены в покрытую лесом площадь.

Субстрат карьеров «Даса», «Човью» – песчаный, супесчаный; «Юр-Шор» – крупнопесчаный с галькой, «Важель-Ю» – суглинистый.

Установлено, что на 9–13-й годы после посадки сеянцев сосны сохранность растений составляет около 80 % (исключая участки с застойным и повышенным увлажнением). На сухих песчаных субстратах класс бонитета сосновых молодняков – IV при высоте 11–12-летней сосны около 2 м, при более благоприятных субстратных условиях бонитет увеличивается до III, высота 15-летней сосны достигает 4 м. Формирующийся древесный ярус представлен высаженной сосной, примесь мелколиственных пород (около 10 видов) в связи с проведением рубок ухода незначительна.

Основное направление восстановления растительности в междурядьях – самозаращение. Состояние напочвенного растительного покрова зависит от продолжительности периода его развития, микрорельефа и свойств субстрата.

На участке «Даса» с преимущественно песчаным субстратом в начале 2-го десятилетия сукцессии формируются травяной и моховой ярусы. Сосудистые растения представлены 70 видами, моховой покров состоит из 14, в основном, пионерных видов. Восстановление почвы происходит замедленно. Под кронами сосен подстилка состоит преимущественно из хвои. Сероватый оттенок, появившийся вследствие начавшегося накопления органического вещества, отмечается в верхнем, скрепленном водорослями и протонемой мхов сантиметровом слое (Сорг. – 1,14 %). Ниже следует коричневая бесструктурная песчаная минеральная толща. До глубины 20 см – редкие корни. На участках с более развитым напочвенным покровом отмечено формирование травянисто-моховой подстилки. В ней начинается биогенное накопление элементов питания растений.

На суглинистом субстрате карьера «Важелью» во 2-ом десятилетии растительный покров сомкнут и состоит из 82 видов сосудистых растений и 14 видов мохообразных. Содержание типичных сорных видов менее 10 %. На 12-й год в новообразованной почве морфологически ясно выделяется органогенный горизонт мощностью 1–3 см, характеризующийся более высоким содержанием органического вещества (Сорг. – 2,19 %) по сравнению с минеральной частью (0,2–0,4 %). Под маломощным органогенным горизонтом минеральный слой представляет собой слабо преобразованный суглинистый субстрат. Почва слаборазвитая, примитивная.

Растительный покров карьеров «Човью» и «Юршор» во 2-ом десятилетии восстановительного процесса более разнообразен в связи с экотопической гетерогенностью, а также улучшением свойств техногенных субстратов за счет внесения торфа. Растительный покров практически сомкнут. На карьере «Човью» в напочвенном покрове зафиксировано 96 видов сосудистых растений и 18 мохообразных, на карьере «Юршор» – 103 и 21 соответственно. Как и на карьерах «Даса» и «Важелью» преобладают лесные,

ЛЕСНЫЕ ПОЧВЫ И ПРАКТИКА ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА

луговые и лугово-сорные виды растений. Однако процентное содержание сорных видов на данных участках уменьшается до 5 % и ниже. Значительно увеличивается процентное содержание видов, характерных для экосистем береговой зоны водоемов (около 15 %), в связи с наличием депрессий, заполненных водой.

На карьере «Човью» почвообразовательный процесс более выражен в условиях повышенного увлажнения. Развитие мохообразных обуславливает формирование моховой подстилки мощностью 3 см и более. Верхняя ее часть – слаборазложившаяся, нижняя – темная, сильноразложившаяся. Продуктами гумификации пропитана минеральная толща под подстилкой, ниже следует слабо преобразованный субстрат. На повышенных элементах рельефа мохово-травянистая подстилка имеет меньшую мощность. Неоднородность рельефа на карьере «Юршор» влияет на формирование почв. В депрессиях рельефа формируется моховая подстилка мощностью до 10 см. Верхняя ее часть – слаборазложившаяся, глубже – почти черная сильноразложившаяся органическая масса с минеральными частицами субстрата. До 15 см отмечаются языки, прокрашенные гумусом, ниже – слабо преобразованный минеральный субстрат. На остальной части карьера «Юршор» почва имеет ясно выраженный верхний темно-серый (за счет накопления гумуса) горизонт обычно небольшой мощности – 1–2 см. В нем отмечено максимальное количество элементов-биогенов. В ряде прикопок за счет большего количества внесенного торфа мощность гумусированного слоя достигала 15 см. Глубже следует слабо затронутый почвообразовательным процессом песчаный минеральный субстрат.

Таким образом, изучение напочвенного покрова на территории карьеров с посадкой культур выявило типичное прохождение стадий первичной сукцессии – от поселения единичных растений со значительной долей участия сорных видов до формирования травяного и мохового ярусов. Процесс восстановления растительного покрова ускоряется при улучшении свойств субстрата (увеличения влажности, содержания пылеватой и илистой фракций, а также за счет внесения торфа). К началу второго десятилетия после посадки древесные растения смыкаются в рядах и начинают создавать осо-

бые микроусловия. Их влияние на напочвенный покров проявляется в появлении лесных травянистых видов и мохообразных, а также в уменьшении проективного покрытия растений под кронами.

С развитием растительного покрова происходит формирование почв. В первые годы сукцессии, морфологические изменения субстрата не отмечены, варьирование агрохимических показателей по профилю незначительно. Во втором десятилетии формируются слаборазвитые почвы, в верхнем слое которых происходит накопление органического материала и элементов-биогенов.

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ БИОГЕННОГО РАЗЛОЖЕНИЯ КОРЫ ДРЕВЕСНЫХ ПОРОД

Лопес де Гереню В.О.¹, Курганова И.Н.^{1,2}, Капица Е.А.^{2,3}, Шорохова Е.В.^{2,3}

¹ *Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, г. Пушкино, vlopes@mail.ru;*

² *Институт леса Карельского научного центра РАН, г. Петрозаводск;*

³ *Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет, г. Санкт-Петербург*

В лесных экосистемах в результате процессов разложения крупных древесных остатков (КДО) в атмосферу выделяется значительное количество диоксида углерода (CO₂), недоучет которого может существенно снизить точность оценок баланса углерода, особенно в старовозрастных таежных лесах. Наименее изученным компонентом в составе КДО является кора, на долю которой приходится в среднем 9–15 % объема и 13–21 % массы ствола дерева [4]. Считается, что именно наличие коры и степень ее фрагментации и разложения существенно влияют на величину эмиссии CO₂ с поверхности КДО [3]. Древесная кора (ДК) является также неотъемлемой частью лесной подстилки. Так, в среднетаежных ельниках доля коры достигала 6.7 % от общей массы подстилки, а в сосьяках она не превышала 0.6–0.7 % [2]. Скорость разложения древесной коры, как и большинства природных органических мате-

ЛЕСНЫЕ ПОЧВЫ И ПРАКТИКА ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА

риалов, зависит как от факторов окружающей среды (температура, влажность), так и от качества субстрата. В рамках настоящего исследования мы изучали влияние температуры на интенсивность биогенного разложения коры хвойных и лиственных пород в условиях достаточной влагообеспеченности.

С этой целью был проведен модельный эксперимент по длительному (12 месяцев) инкубированию коры хвойных пород (ель, *Picea abies* – ~70 % и сосна, *Pinus sylvestris* – ~30 %) и осины (*Populus tremula*) при оптимальном увлажнении субстратов и 3-х контрастных температурах: 2, 12 и 22 °С. Кору в состоянии естественной влажности измельчали с помощью секатора на небольшие кусочки (менее 2 x 2 см), помещали во флаконы объемом 500 мл и добавляли по 5 мл почвенной суспензии (соотношение почва:вода = 1:10), приготовленной из серой лесной суглинистой почвы. Подготовленные таким образом флаконы с корой устанавливали в термостаты и инкубировали в течение 12 месяцев. Повторность опыта – 3-х кратная. Интенсивность разложения ДК определяли 2–5 раз в неделю в течение 2-х первых месяцев эксперимента и 1–2 раза в неделю – все последующее время. В день проведения замера, флаконы проветривали в течение 30 мин в токе воздуха и герметично закрывали резиновыми крышками. Спустя 2–4 часа, во флаконах определяли концентрацию CO₂ с помощью проточного инфракрасного газоанализатора LiCor-820 (Nebraska, USA). Скорость разложения коры (decomposition rate, DecR) выражали в мкг С/г коры/час, а общую величину потерь углерода за время эксперимента (total loss, TotL, мг С/г коры) определяли по кумулятивным кривым. Температурную чувствительность средней за все время эксперимента скорости разложения ДК оценивали с помощью температурного коэффициента Q₁₀. Коэффициент минерализации субстратов (k, год⁻¹) вычисляли, используя однокомпонентную экспоненциальную модель [5]. Период полуразложения ДК оценивали как T_{0,5} = 2/k, а время оборачиваемости, соответствующее времени когда теряется 95 % органического вещества – как T_{0,95} = 3/k [1]. Статистическую значимость различий определяли, используя одно- и двух- факторный дисперсионный анализ (ANOVA).

Результаты проведенного эксперимента показали, что в первый месяц инкубирования величины DecR достигали максимальных величин (105–115 мг С/г коры/час) при 22 °С, постепенно снижаясь до 5–18 мг С/г коры/час в конце эксперимента. Средние за весь период эксперимента скорости разложения ДК варьировали в зависимости от температуры инкубирования от 13 до 33 мкг С/г коры/час для хвойных пород и от 23 до 42 мкг С/г коры/час для осины (табл.). Значения Q_{10} для средних значений DecR коры осины и хвойных не различались между собой и в исследуемых температурных интервалах также показывали близкие значения (1.3–1.4). Общие потери С из ДК хвойных пород и осины показывали значимый рост ($P < 0.0001$) с увеличением температуры: от 104–173 мг С/г коры при 2 °С до 218–284 мг С/г коры при 22 °С. Потери С–СО₂ из ДК за 12 месяцев эксперимента, отнесенные к начальным запасам С до инкубации, составляли в зависимости от температуры 23–41 % для коры хвойных пород и 34–55 % для коры осины (табл.).

Табл. Средняя скорость разложения ДК разных пород, общие потери С–СО₂ за 12 месяцев инкубирования, коэффициенты минерализации, периоды полуразложения и разложения ДК при разных температурах

Показатели	Хвойные			Осина		
	2 °С	12 °С	22 °С	2 °С	12 °С	22 °С
Средняя DecR, мкг С/г коры/час	13	15	33	23	30	42
Общие потери С, TotL, мг С/г коры	104	126	218	173	211	284
TotL, % от исходного сод. С	23	27	47	34	41	55
k , год ⁻¹	0.29	0.33	0.95	0.46	0.59	1.02
$T_{0.5}$ (2/ k), лет	6.9	6.1	2.1	4.4	3.4	2.0
$T_{0.95}$ (3/ k), лет	10.3	9.2	3.2	6.6	5.1	3.0

Коэффициенты минерализации ДК заметно увеличивались с ростом температуры (в 1.6–2.1 раза). И температура, при которой проводили эксперимент, и вид ДК оказывали значимое влияние ($P < 0.0001$) на коэффициент минерализации ДК. Результаты двухфакторного дисперсионного анализа выявили, что вид ДК и температура инкубирования примерно в равной степени отвечали за вариабельность коэффициента минерализации ДК, объясняя 54 и 45 %

ЛЕСНЫЕ ПОЧВЫ И ПРАКТИКА ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА

дисперсии, соответственно. Взаимодействие этих факторов не оказывало значимого влияния на дисперсию значений k . Период полураспада ДК варьировал от 6.9 до 2.0 лет в зависимости от варианта опыта, демонстрируя закономерности, идентичные тем, что были получены для коэффициента минерализации, а именно: наименьшее время полураспада ДК (~2 года) было при 22 °С для ДК двух видов пород (табл.), а наибольшее (~7 лет) – при температуре 2 °С для ДК хвойных пород. Время полной оборачиваемости ДК, соответствующее 95 % потерь органического вещества ДК, варьировало в зависимости от вариантов опыта от 10.3 до 3 лет.

Таким образом, мы резюмируем, что динамика выделения CO_2 из ДК в процессе ее биогенного разложения и общие потери углерода за 12 месяцев инкубирования примерно в равной степени зависели от типа ДК и от температуры проведения эксперимента. Общие потери С из ДК осины были в 1.3–1.7 раз выше, чем из ДК коры хвойных пород, а повышение температуры на каждые 10 °С приводило к чуть менее выраженному увеличению потерь С из ДК – в 1.3–1.4 раза. Коэффициенты минерализации ДК, оцененные с помощью однокомпонентной экспоненциальной модели на основе кумулятивных кривых выделения C-CO_2 были чуть выше для коры осины, чем для коры хвойных пород и увеличивались с ростом температуры. Вид древесной породы и температура оказывали значимое влияние на величину k , отвечая примерно в равной степени за вариабельность коэффициента минерализации изучаемых субстратов.

Работа проведена при финансовой поддержке РФФ № 15-14-10023.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гришина Л.А., Копцик Г.Н., Макаров М.И. Трансформация органического вещества почв: Учебное пособие. М.: Изд-во МГУ, 1990. 88 с.
2. Кузнецов М.А. Влияние условий разложения и состава опада на характеристики и запас подстилки в средне-таежном чернично-сфагновом ельнике. Лесоведение, 2010. № 6. С. 54–60
3. Молчанов А. Г., Татаринов Ф. А., Курбатова Ю. А. Эмиссия CO_2 стволами живых деревьев и валежом в еловых лесах юго-запада Валдайской возвышенности. Лесоведение, 2011. № 3. С. 14–25.

4. *Harkin, J. M., Rowe, J. W.* 1971. Bark and Its Possible Uses. (Research note FPL;091): 56 p.

5. *Kätterer T., Reichstein M., Andren O., Lomander A.* Temperature dependence of organic matter decomposition: a critical review using literature data analyzed with different model. *Biol. Fertil. Soils*, 1998. V. 27. P. 258–262.

ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ УДОБРЕНИЙ НА РОСТ КУЛЬТУР СОСНЫ НА ОСУШАЕМЫХ ТОРФЯНЫХ ПОЧВАХ

Мошников С.А., Матюшкин В.А.

ИЛ КарНЦ РАН, Петрозаводск, moshniks@krc.karelia.ru

В Карелии для нужд лесного хозяйства осушено более 600 тыс. га, из них около 230 тыс. га составили безлесные и слабооблесенные болота. К лесокультурному фонду было отнесено более 100 тыс. га, из которых на площади около 70 тыс. га созданы лесные культуры. Основные работы проводились в 1970 г. на болотах различных типов, преимущественно в южной части республики.

Целью настоящего исследования явились оценка роста и продуктивности насаждений сосны обыкновенной искусственного происхождения на осушаемых торфяных почвах Южной Карелии (подзона средней тайги) и влияние на эти показатели комплексных минеральных удобрений. Изучаемый вопрос приобретает дополнительную актуальность на фоне возросшего в последние десятилетия интереса к биосферной роли гидроресомелиорации.

Исследования выполнялись на базе Киндасовского лесоболотного стационара (61°50' с.ш. 33°30' в.д.). Болотный массив площадь 70 га осушен в 1969 г., расстояние между осушителями – 160 м. Почва торфяная переходная, до глубины 20 см сложена сфагновыми слабо разложившимися торфами, зольность которых составляла 2–4 %, кислотность pH_{KCl} 2,6–2,9; глубже – хорошо разложившимися осоковыми торфами с зольностью 5,5–7,0 % и кислотностью 3,3. Обработка почвы – плужная, расположение борозд пер-

ЛЕСНЫЕ ПОЧВЫ И ПРАКТИКА ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА

пендикулярно осушителям с выводом их в каналы. Расстояние между бороздами 5–6 м, глубина борозд 40–50 см. Посадка – в пласт вручную двухлетними сеянцами.

Пробные площади (ПП) заложены в возрасте культур 16 лет в двух вариантах опыта – с применением удобрений и без (контроль). Минеральные удобрения ($N_{75}P_{125}K_{75}$ по д. в.) внесены в тот же год вручную на поверхность почвы. Между вариантами была сохранена буферная зона шириной 20 м. На момент закладки опыта культуры имели следующие таксационные показатели: высота (Н) – 5,1 м, диаметр на высоте груди ($D_{1,3}$) – 6,1 см, густота – 3,2 тыс.шт./га, запас $32 \text{ м}^3/\text{га}$, класс бонитета – II,0. Ввиду отсутствия вблизи источников обсеменения лиственных, состав насаждения на протяжении всего опыта сохранялся $10C_{\text{иск}}$.

Внесение комплексных минеральных удобрений заметно улучшило питательный режим почвы. В первую очередь это сказалось на ассимиляционном аппарате растений, что в дальнейшем подтвердилось увеличением таких показателей как длина и сухой вес 100 пар хвоинок. Различия максимально проявились на второй год и оставались статистически достоверными на протяжении 5 лет.

Улучшение условий роста обусловили изменение темпов роста сосны. Уже в течение первых пяти лет после внесения удобрений (к возрасту культур 20 лет) отличия удобренного варианта от контрольного в линейных приростах составили более 25 %. В дальнейшем разрыв в росте не только сохранился, но и постепенно увеличивался. К возрасту культур 40 лет разница достигла 21 % по высоте и 20 % по диаметру.

Ускорение темпов роста привело к усилению внутривидовой конкуренции. На протяжении почти всего периода исследований скорость изреживания в древостое удобренного варианта значительно превышала показатели контроля. В результате к 40-летнему возрасту количество растущих деревьев на удобренном варианте сократилось более чем в два раза – до 1,52 тыс.шт./га против 1,90 тыс.шт./га на контрольном. При этом следует отметить не только различия в темпах самоизреживания, но и в его сроках. Древостой удобренного варианта отреагировал почти сразу и до

40 лет демонстрировал постепенное нарастание показателя (с 44 шт./га в год в возрасте 20 лет до 92 в 40 лет), после чего наметилась тенденция к замедлению процесса. Неудобренный участок до 30 лет характеризовался стабильными и довольно низкими темпами отпада (в среднем 30 шт./га в год) и быстрым ростом показателя в старшем возрасте (до 98 шт./га в год к 40-летнему возрасту). Это позволяет говорить о ярче выраженной конкуренции и более ранней кульминации естественного изреживания в насаждении, где применялось комплексное удобрение.

В целом оба участка характеризуются высокими темпами роста культур. Однако большая ограниченность в элементах питания почвы контрольного варианта предопределило заметное отставание насаждения в накоплении запаса. Уже через пять лет запас на удобренном участке превысил показатель контроля более чем на 30 % (71 и 52 м³/га соответственно). Через 25 лет (к возрасту 40 лет) различия возросли до 74 м³/га (197 и 271 м³/га или 37 %). Текущий среднепериодический прирост за последний учетный период соответственно составил 8 и 12 м³/га в год. Рост культур контрольного участка к настоящему времени соответствует I,8, а удобренного – I классу бонитета. Относительная полнота древостоев составляет 0,94 и 1,06 соответственно.

Открытым остается вопрос длительности периода действия удобрений. По мнению многих авторов [1, 4], срок их влияния на бедных торфяных почвах составляет 7–10 лет. В нашем предыдущем исследовании оно прослеживалось на протяжении 16 лет [5]. Основываясь на данных последнего учета, можно говорить о более продолжительном последствии. Здесь вряд ли стоит говорить об исключительном влиянии удобрений, скорее, о комплексном эффекте. Важной составляющей этого эффекта является увеличение численности и активизация микробной биоты почвы после подкормки [2]. Следует учитывать и повышение уровня эвапотранспирации (биологическую мелиорацию) [3]. Влияние удобрений на этом этапе может проявляться опосредованно – в виде освоения растениями высвобождающихся в процессе биологического круговорота элементов питания.

Подводя итоги вышесказанному, можно сделать следующие выводы.

ЛЕСНЫЕ ПОЧВЫ И ПРАКТИКА ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА

Создание культур сосны на осушаемых переходных болотах Южной Карелии является весьма успешным способом увеличения лесопокрытой площади. При соблюдении технологии создания, в частности правильном подборе объекта, породы, качественной обработке почвы и т.д., формирующиеся насаждения характеризуются высокими таксационными показателями. Запас к концу второго класса возраста может достигать 200 и более м³/га, рост соответствовать II и выше классам бонитета.

Внесение комплексных минеральных удобрений существенно повышает лесоводственную эффективность оцениваемого мероприятия. Даже однократное их применение в короткие сроки обеспечивает ускоренное развитие и рост сосны. Прирост по высоте и диаметру превышает показатели контрольного варианта на 20–30 % и различия сохраняются на протяжении 25 лет. Такая продолжительность может объясняться комплексным эффектом от последствий удобрений, возросшей микробиологической активности почвы и более высокого уровня биологической мелиорации (осушения).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Валк У.А.* Опыт по удобрению насаждений в Эстонской ССР // Применение минеральных удобрений в лесном хозяйстве. Тез. докл. Всесоюзн. совещ. Архангельск: Архангельский институт леса и лесохимии, 1986. С. 5–6.
2. *Загуральская Л.М., Клейн Л.А.* Изменение микробиологических процессов в торфяной почве переходного типа под влиянием рубок // Научные основы повышения эффективности использования болот Карелии. Петрозаводск: КФАН СССР, 1982. С. 29–35.
3. *Залитис П.П.* Связь между параметрами древостоев и суммарным испарением в осушенных лесах Латвийской ССР / П.П.Залитис // Лесоведение, 1981. № 4. С. 3–12.
4. *Ипатьев В.А., Блинцов И.К.* Некоторые вопросы удобрения осушенных лесов БССР // Применение минеральных удобрений в лесном хозяйстве. Тез. докл. Всесоюзн. совещ. Тарту, 1977. С. 74–78.
5. *Матюшкин В.А., Мошиников С.А., Бердников И.А.* Влияние внесения минеральных удобрений на продуктивность и накопление фитомассы культур сосны на осушенном переходном болоте // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. 2012. № 2 (123), С. 62–66.

ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ МИКОРИЗЫ В АДАПТАЦИИ РАСТЕНИЙ КАРЕЛЬСКОЙ БЕРЕЗЫ К БЕДНЫМ ПО УРОВНЮ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВАМ

Мошенская Ю.Л., Кикеева А.В., Галибина Н.А., Мошкина Е.В.,
Никерова К.М., Подгорная М.Н., Софронова И.Н., Новицкая Л.Л.
*ФГБУН Институт леса КарНЦ РАН, Петрозаводск,
moshchenskaya@krc.karelia.ru*

Все лесообразующие древесные породы таежной зоны являются облигатными микосимбиотрофами. Лиственные виды деревьев несут менее облигатный характер, чем хвойные [4]. Почвенное питание осуществляется при участии эктомикоризных грибов (ЭМГ) посредством формирования особых структур – эктомикориз (ЭМ). ЭМ формируются в результате мицелиальной инфекции при заселении грибами поглощающих корней растения.

Получая сахара непосредственно от древесных растений, ЭМГ расходуют их в первую очередь на формирование эктомикориз, затем мицелия, и в последнюю очередь – плодовых тел. Микосимбиотрофия является важнейшим механизмом сохранения азота лесных биоценозов. При постоянном дефиците доступных форм азота в лесах таежной зоны основная часть его содержится в ЭМ, мицелии и плодовых телах ЭМГ [9]. В растительном сообществе микоризные грибы определяют его физиологическую целостность [8].

Многочисленные наблюдения показали огромную роль экологических факторов в микоризообразовательном процессе. Особенно четко это прослеживается в исследованиях с ювенильными особями. Известно, что не только неблагоприятные почвенные условия, но и мероприятия, направленные на улучшение положительных эффектов могут негативно влиять на микоризообразование сеянцев [1–5]. В данной работе особенности микоризообразования рассматриваются с точки зрения адаптации растений карельской березы к условиям недостаточного азотного питания.

Карельская береза (*Betula pendula* Roth var. *carelica* (Mercl.) Hämet-Ahti) является формой березы повислой (*B. pendula* Roth

ЛЕСНЫЕ ПОЧВЫ И ПРАКТИКА
ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА

var. pendula), у которой в результате отклонений в деятельности камбия формируется аномальная по строению (узурчатая) древесина. Диапазон экологических условий, в которых произрастает карельская береза, довольно узок. Анализ характеристик почв вокруг ареала карельской березы показал, что она не распространяется как в области очень бедных (примитивных и горно-тундровых), так и относительно богатых почв (буроземов темноцветных) [10].

Приспособление растений к неблагоприятным почвенным условиям может происходить за счет автономной (увеличение длины недетерминированных корней) или симбиотической (микоризообразование) адаптации [3].

Целью нашей работы было изучение особенностей микоризообразования у семян и взрослых растений обычной березы (*B. pendula var. pendula*) и карельской березы (*B. pendula var. carelica*) как механизма адаптации растений к бедным по уровню плодородия почвам.

У опытных растений определяли длину главного корня и боковых недетерминированных корней 1 порядка, суммарную длину боковых корней, плотность ЭМ, количество боковых недетерминированных корней 2, 3, 4 и 5 порядков. Наряду с ЭМ у растений березы повислой изучали активность и уровень экспрессии генов основных сахарозорасщепляющих ферментов – сахарозосинтазы (СС) и апопластной инвертазы (АпИнв) и уровень экспрессии генов белков-переносчиков сахарозы (*SUC1*) и гексоз (*HEX1*, *HEX2*).

В ходе проведенного исследования было показано, что как взрослые растения, произрастающие в естественных условиях, так и сеянцы разных форм березы повислой отличаются по интенсивности микоризообразования. Формирование корней и микориз у семян *B. pendula var. pendula* и *B. pendula var. carelica* идет не синхронно. Корневая система молодых растений обычной березы развита лучше по сравнению с карельской березой: значительно выше длина корней 1 порядка, а также отмечено более активное развитие корней 1 и 2 порядка. Изучение микоризы у семян показало, что корни растений карельской березы активнее образуют микоризу по сравнению с обычной березой. Плотность ЭМ у *B. pendula var. carelica* была в 2.5 раза выше, чем у *B. pendula var. pendula*. В

ранее проведенных исследованиях было показано, что растения карельской березы отличаются от обычной березы по активности апопластной инвертазы (АпИнв) и сахарозосинтазы (СС) [6,7]. Именно высокая активность АпИнв приводит к увеличению свободных гексоз, необходимых для развития и роста ЭМ [11].

Мы показали, что растения обычной березы повислой лучше усваивают азот, а также имеют более высокие значения активности и уровня экспрессии генов СС, в то время как у растений карельской березы происходит смещение в сторону апопластного усвоения сахаров: они имеют низкие значения активности и экспрессии генов СС и более высокую активность АпИнв и значения экспрессии кодирующих ее генов. Увеличение активности АпИнв приводило к накоплению большого количества гексоз и индукции экспрессии генов, кодирующих белки-переносчики гексоз.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Бойко Т. А.* Микоризообразование сеянцев ели в лесных питомниках Пермского края // Сельское и лесное хозяйство. № 19. 2007. С. 11–15.
2. *Веселкин Д. В.* Влияние загрязнения различных типов на разнообразии эктомикориз *Pinus silvestris* // Микология и фитопатология. 2006. Т. 40. Вып. 2. С. 122–132.
3. *Веселкин Д. В.* Изменчивость размеров корневой системы и интенсивности микоризации у всходов сосны обыкновенной (*Pinus silvestris* L.) при адаптации к условиям обитания // Сельскохозяйственная биология. 2014. № 1. С. 63–71.
4. *Веселкин Д. В.* Морфология корневых систем и микоризообразование у сеянцев пихты и ели в условиях воздействия выбросов медеплавильного комбината // Лесоведение. № 4. 2006. С. 52–60.
5. *Веселкин Д. В.* Функциональное значение микоризообразования у однолетних сеянцев сосны и ели в лесных питомниках // Вестник Оренбургского государственного университета. 2006. № 4 (54). С. 12–18.
6. *Галибина Н.А., Новицкая Л.Л., Красавина М.С., Мощенская Ю.Л.* Активность сахарозосинтазы в тканях ствола карельской березы в период камбиального роста // Физиология растений. Т. 62, № 3. 2015. С. 410–419.
7. *Галибина Н.А., Новицкая Л.Л., Красавина М.С., Мощенская Ю.Л.* Активность инвертазы в тканях ствола карельской березы. Физиология растений. Т. 62, № 6. 2015. С. 804–813.

ЛЕСНЫЕ ПОЧВЫ И ПРАКТИКА
ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА

8. *Каратыгин И. В.* Козэволюция грибов и растений. СПб, 1993. 119 с.
9. *Крутов В. И., Шубин В. И., Предтеченская О. О., Руоколайнен А. В., Коткова В. М., Полевой А. В., Хумала А. Э., Яковлев Е. Б.* Грибы и насекомые – консорты лесообразующих древесных пород Карелии. Петрозаводск: КарНЦ РАН. 2014. 216 с.
10. *Новицкая Л.Л.* Карельская береза: механизмы роста и развития структурных аномалий. Петрозаводск: Verso. 2008. 144 с.
11. *Graham J.H., Miller R.M.* Mycorrhizas: gene to function // Plant and soil. 2005. Vol. 274. P. 79–100.

**ОСОБЕННОСТИ АНАТОМИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ
ДРЕВЕСИНЫ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ,
СФОРМИРОВАННОЙ В ДРЕВОСТОЯХ, ВОЗНИКШИХ
НА ОСУШАЕМЫХ БЕЗЛЕСНЫХ БОЛОТАХ**

Козлов В.А., Неронова Я.А.
Институт леса КарНЦ РАН, г. Петрозаводск, neronovaya@mail.ru

Гидролесомелиорация заболоченных лесов значительно улучшает состояние заболоченных и болотных почв, существенно повышает продуктивность древостоев. Осушение создает наиболее благоприятные условия для поглощения азота растительностью [6].

Эффективность мелиорации напрямую зависит от возраста насаждения, от климатических и лесорастительных условий [7,8,1,6,4].

Степень осушения регулируется изменением уровня почвенно-грунтовых вод. Таким образом, глубина канав и расстояние между ними, а также водопроницаемость и влагоемкость почв являются факторами, определяющими эффективность гидролесомелиорации [6,2].

В сосняках травяно-сфагновых, произрастающих на богатых почвах, избыток воды в верхнем корнеобитаемом слое является характерным лимитирующим фактором.

Качество древесины зависит от таких характеристик, как величина радиального прироста, содержание поздней древесины, а также анатомического строения древесины.

В проведенных нами ранее исследованиях отмечалось, что проведение осушения в средневозрастных и старовозрастных заболоченных лесах приводит к формированию древесины высокой разнослоистости, которая в свою очередь отрицательно сказывается на применении ее в производстве качественных пиломатериалов[3].

Цель данных исследований состояла в изучении анатомической структуры древесины сосны обыкновенной в древостоях, сформировавшихся на осушаемых (разной интенсивностью) безлесных болотах.

Изучение анатомического строения древесины сосны проводилось на образцах опытных участков с разной степенью осушения, выбранных в Южной Карелии.

Участок № 1 (интенсивное осушение). Чистое верхово-переходное болото, где сформировалось сосново-березовое одновозрастное насаждение, осушено в 1930 г. осушителями глубиной 0,7–0,8 м, расстояние между ними – 40 метров. Участок заложен в 1957 г. Мощность торфяной залежи – 2,5 м. Верхний слой (0–30 см) сложен верховым магелланикум-торфом, степень разложения – 5–10 %, зольность – 2,2 %, ниже до глубины 1 м – сфагново-пушицевый переходный торф, степень разложения – 25–30 %, зольность – 4,2 %[4].

Участок № 2 (менее интенсивное осушение). Заложен в 1957 г. на том же болотном массиве, в 200 метрах от участка №1, в той части болота, где сформировалось одновозрастное сосновое насаждение (лесная опушка). Мощность торфяной залежи – 3 м. Верхний слой (0–70 см) сложен верховым магелланикум-торфом, степень разложения – 5–10 %, зольность – 2,2 %, ниже до глубины 1 м – сфагново-пушицевый переходный торф, степень разложения – 20 %, зольность – 4,1 %[5].

Динамика прироста древесины сосны находится в тесной зависимости от гидротермического режима[9]. В ходе проведенных исследований было установлено, что ширина годовичного кольца древесины, сформированной на осушаемых безлесных болотах, со временем постепенно снижается (в период роста с 1-ого по 6-ое десятилетие на участке № 1 – 75,5 %; на участке № 2 – 65 %).

ЛЕСНЫЕ ПОЧВЫ И ПРАКТИКА ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА

Изменения условий произрастания отражаются и на развитии поздней зоны годичного слоя.

На всех изучаемых вариантах происходило повышение доли поздней древесины во втором десятилетии роста после осушения (+ 39,5 % – 1 участок; + 20,6 % – 2 участок).

Содержание поздней древесины не всегда считается критерием ее прочности при отборе, т.к. часто древесина с большим процентом поздней древесины обладает малой прочностью. Это объясняется зависимостью прочности от микроскопического строения поздней древесины, в основном от толщины клеточных стенок. Увеличение ширины годичного слоя происходит не только за счет интенсивного отложения клеток камбия, но и в результате увеличения размеров трахеид

В ходе исследований проведен анализ анатомического строения древесины двух опытных участков с разной интенсивностью осушения.

Значение средней толщины стенки поздних трахеид древесины, сформированной в древостое, возникшем на участке с интенсивным осушением (участок № 1), снижалось –39,3 % – 2-е десятилетие и повышалось в 4 десятилетия на 85 %. А средний диаметр люмена поздних трахеид также снизился во 2-ом десятилетии (–23 %) и в дальнейшем повышался (3-е десятилетие + 59 %; 4-ое десятилетие + 23 %).

Толщина стенки и диаметр люмена поздних трахеид оставались практически неизменными в древесине древостоя на безлесном осушаемом болоте с малой интенсивностью осушения (участок № 2).

Таким образом, наиболее однородное анатомическое строение поздней зоны имела древесина, сформированная на безлесном болоте с небольшой интенсивностью осушения.

В древесине интенсивно осушаемого древостоя, сформированного на безлесном болоте (участок № 1), толщина стенки ранних трахеид увеличивалась на 4-ое десятилетие роста(+ 39 %) и снижалась на 6-е десятилетие (–18 %). Наблюдалось образование трахеид меньшего размера по сравнению с первоначальным рос-

том (–40,5 % – 2-е десятилетие). В последующем росте происходило формирование ранних трахеид большего диаметра (+ 22 % – 3-е десятилетие; + 51 % – 4-ое десятилетие).

Ранняя древесина участка с небольшой степенью осушения на безлесном болоте (участок № 2) содержит трахеиды примерно одинаковых размеров на протяжении всего периода наблюдений. Изменения происходят только в значениях толщины стенки ранних трахеид (во 2-ое десятилетие –11 %; 3-е десятилетие + 39 %; 4-ое десятилетие –17 %).

Осушение на безлесном верхово-переходном болоте способствует формированию более качественной древесины (за счет высокой однородности ранней и поздней древесины) при малой интенсивности.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Вомперский С.Э., Сабо Е.Д., Формин А.С.* Лесоосушительная мелиорация. М., «Лесная промышленность», 1975. 296 с.
2. *Ипатьев В.А.* Повышение продуктивности лесов на осушенных землях. Автореферат на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук. Ленинград, 1985, 34 с.
3. *Козлов В.А., Кистерная М.В., Аксененкова Я.А.* Влияние лесохозяйственных мероприятий на качество древесины сосны обыкновенной: долговременные аспекты // Саковец В.И. и др. Лесоводственно-экологические аспекты хозяйственной деятельности в лесах Карелии. Петрозаводск: Карельский научный РАН, 2005. С. 86–100
4. *Корепанов А.А.* Влияние осушения на режим почвенно-грунтовых вод и производительность сосновых насаждений. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук. Красноярск, 1989. 32 с.
5. *Матюшкин В.А., Мошиников С.А., Бердников И.А.* Формирование и продуктивность сосновых насаждений на осушенных болотах // Ученые записки Петрозаводского Государственного Университета, № 4, 2010. С. 56–60
6. *Медведева В.М.* Лесоводственные основы осушения заболоченных лесов южной Карелии. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук, Красноярск, 1970. 28 с.

ЛЕСНЫЕ ПОЧВЫ И ПРАКТИКА
ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА

7. *Полубояринов О.И.* Плотность древесины. М., «Лесная промышленность», 1976, 160 с.

8. *Пьявченко Н.И.* Лесное болотоведение. М., Изд-во Акад. наук СССР, 1963. 192 с.

9. *Barbour R.J., Fayle D.C.F., Chauret G., Cook J., Karsh M.B., Ran S.* Brest-height relative density and radial growth in mature jack pine (*Pinus banksiana*) for 38-years after thinning. *Can.J.For.Res.*, 1994. V.24. P. 2439–2447.

**МНОГОЛЕТНИЙ ЛЮПИН В СИСТЕМЕ УДОБРЕНИЯ
ЛЕСОВ НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ**

Новиков М.Н., Тысленко А.М., Баринов В.Н.
ФГБНУ ВНИИОУ, Владимир, novik. mih@yandex.ru

Лесное хозяйство давно использует удобрения для повышения продуктивности лесов. В Нечерноземной зоне, особенно в областях, где преобладают песчаные и супесчаные почвы, важное значение имеют органические удобрения – навоз и компосты, которые в настоящее время не только в лесном, но и в сельском хозяйстве используются незначительно в связи с высокой стоимостью их производства и применения [1]. В этих условиях важным, экономически выгодным, экологически чистым источником органических удобрений могут быть сидераты, которые положительно зарекомендовали себя в лесных питомниках, на лесокультурной площади, под пологом леса, на мелиорируемых землях [3]. Среди эффективных сидеральных культур в лесном хозяйстве могут быть сидераты многолетнего люпина. Наши исследования на дерново-подзолистых супесчаных низко плодородных почвах Мещерской низменности показали [2], что в окультуривании этих почв существенную роль может сыграть многолетний люпин, который в значительной мере индифферентен к почвенному плодородию и обладает высокими удобрительными свойствами (табл.)

Табл. Характеристика многолетнего люпина как удобрения

Культуры	Накопление биомассы, ц/га			Содержание в общей биомассе питательных веществ (NPK), кг/га	Эквивалент высококачественному подстилочному навозу, т/га	
	зеленая масса	корневые остатки	всего		по NPK	по органическому веществу
Люпин многолетний	$\frac{180^*}{390}$	$\frac{67}{241}$	$\frac{247}{631}$	$\frac{253}{639}$	$\frac{19}{47}$	$\frac{21}{55}$
Люпин однолетний	526	80	606	503	37	55

* В числителе – показатели в первый год развития люпина, в знаменателе – во второй год

Среди бобовых сидеральных культур многолетний люпин обладает наиболее высокими удобрительными свойствами, экономическим приоритетом, адаптационным потенциалом к многообразию почвенной среды. Кроме того, хозяйственно-ценными признаками этой культуры являются холодостойкость и раннее созревание, мелкосемянность (масса 1000 семян 25–30 г) и малая норма высева (50–60 кг/га). Коэффициент размножения семян составляет 10–20.

Перед посевом семена люпина скарифицируют. На полях, где люпин возделывается впервые, перед посевом семена обрабатывают ризоторфином. Глубина заделки семян 2–3 см. Посевы прикатывают. Семена многолетнего люпина прорастают при температуре 2–3 °С, но лучше и быстрее – при 10 °С. Всходы легко переносят заморозки 5–7 °С, а кратковременные даже до 10 °С. Наиболее быстро появляются всходы при подзимнем, зимнем и ранневесеннем посеве в увлажненный слой почвы. Подзимние посевы исключают скарификацию.

Неудачи, связанные с возделыванием этой культуры часто связаны с нарушением сроков сева. Многое зависит от того, как скоро и хорошо люпин разовьет корневую систему и прочно укоренится до наступления жаркой и засушливой погоды.

Люпин хорошо растет на бедных песчаных и супесчаных почвах с повышенной кислотностью (рН от 4 до 6,5–7), но оптимальные условия для роста растений при рН – 5–6. Многолетний люпин разви-

ЛЕСНЫЕ ПОЧВЫ И ПРАКТИКА ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА

вает мощную корневую систему. В первый год усиленно растет главный корень, длина его достигает 60–80 см, и на нем отрастают два-три крупных боковых. При избыточном увлажнении почвы рост главного корня, как правило, приостанавливается, в то время как боковые развиваются. Иногда они достигают почти такой же, как у главного корня, толщины и глубины проникновения в почву.

Корневая система на третий год жизни может проникать на глубину 2 м и более, благодаря чему растения довольно легко переносят длительную почвенную засуху. Масса корней люпина на втором году достигает 25–30 % от надземной, а с третьего-четвертого годов она почти сравнивается с массой стеблей и листьев.

Многолетний люпин обладает высоким потенциалом азотфиксации, что позволяет в благоприятные годы без применения азотных удобрений получить 50–60 т/га зеленой массы. Благодаря высокой растворяющей и усвояющей функции корней люпин способен обеспечить себя фосфором и калием за счет труднодоступных соединений почвы. Поэтому многолетний люпин – это не только источник экологически чистого азота в земледелии, но и средство повышения коэффициента использования фосфора, калия почвы и удобрений.

В первый год люпин дает прикорневую розетку листьев, в единичных случаях – цветочную кисть и вызревшие семена. Накопление зеленой массы небольшое – 5–12 т/га. На второй год жизни или первый год пользования растения развивают мощный куст, дают зрелые семена и накапливают 30–40 т/га зеленой массы. Максимальная продуктивность культуры отмечается на четвертый-пятый год. В благоприятных условиях, начиная со второго года жизни, люпин может давать до 10 ц/га семян. Кроме непосредственного использования на удобрение, укосную массу люпина можно использовать для получения высококачественных компостов, составными частями которых могут быть торф, сапрпель, отходы деревообработки. Компосты также можно готовить путем посева люпина на торфяниках.

Получение высоких урожаев сидеральной массы многолетнего люпина во многом зависит от правильно подобранного сорта, наиболее адаптированного к местным условиям. В этой связи в ФГБНУ ВНИИОУ в результате многолетнего (2001–2008 гг.) изу-

чения дикорастущих популяций многолетнего люпина создан новый высокопродуктивный сорт Гренадер сидерального назначения (Авторское свидетельство № 51295 от 03.09.2010 г, автор Тысленко А.М.). Новый сорт представляет популяцию лучших семей, отобранных по ряду ценных хозяйственно-биологических признаков: высокая продуктивность зеленой и корневой массы, симбиотическая азотфиксация, сильная кустистость, устойчивость к засухе и перепадам температуры, выравненность стеблестоя (рис.).



Рис. Люпин многолетний Гренадер

ЛИТЕРАТУРА

1. *Еськов А.И., Новиков М.Н., Лукин С.М. и др.* Справочная книга по производству и применению органических удобрений. Владимир, 2001. 495 с.
2. *Новиков М.Н., Тужилин В.М., Самохина О.А. и др.* Система биологизации земледелия в Нечерноземной зоне. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2007. 295 с.
3. *Победов В.С. и др.* Справочник по удобрениям в лесном хозяйстве. Издание 2-е, переработанное и дополненное. М., Агропромиздат, 1986. 172 с.

**КАЧЕСТВО ДРЕВЕСИНЫ КУЛЬТУР СОСНЫ
ПРИ ПЕРИОДИЧЕСКОМ ВНЕСЕНИИ АЗОТНЫХ
УДОБРЕНИЙ НА ПЕСЧАНЫХ ПОЧВАХ**

Пеккоев А.Н., Соколов А.И., Харитонов В.А.
*ФГБУН Институт леса Карельского научного центра Российской
академии наук, Петрозаводск, pek-aleksei@list.ru,
alexander.sokolov@krc.karelia.ru, haritonov@krc.karelia.ru*

После сильных или неоднократных лесных пожаров резко ухудшается гидротермический режим песчаных почв на гарях, происходят значительные потери органического вещества, а также азота и калия. В результате восстановление сосняков растягивается на длительный период, значительно снижается продуктивность древостоев. В этих условиях применение удобрений позволяет повысить сохранность и рост культур [3], но при этом важно обеспечить получение качественной древесины. Есть сведения, что в сосновых древостоях удобрения не всегда положительно влияют на качественные показатели формируемой древесины. Это вызвано изменением анатомического строения трахеид сосны, что непосредственно сказывается на плотности древесины и ее физико-механических свойствах [2]. Работ по изучению влияния длительного последствия удобрений на качество древесины довольно мало и выполнены они в разных лесорастительных условиях, поэтому не всегда сопоставимы.

Цель данной работы – исследовать последствие длительного периодического применения азотных удобрений на качественные показатели древесины в посевах сосны на деградированных в результате пожара песчаных почвах.

Объектом исследования служили культуры сосны, созданные посевом в 1962 г. на вересково-паловой вырубке. К моменту исследования культуры достигли возраста 53 года. Почва на участке – поверхностно-подзолистая песчаная на озерно-ледниковых песчаных отложениях. Она характеризуется низкой влагообеспеченностью, крайне бедная доступными элементами питания, особенно

азотом и калием, поэтому внесение удобрений здесь является необходимым мероприятием для ускорения роста сосны [1]. Подкормки сосны минеральными удобрениями проводились 4 раза (в возрасте 9, 14, 18 и 24 года). Общая продолжительность внесения удобрений составила 15 лет. Схема опыта и дозы вносимых удобрений представлены в работе В.И. Шубина [3].

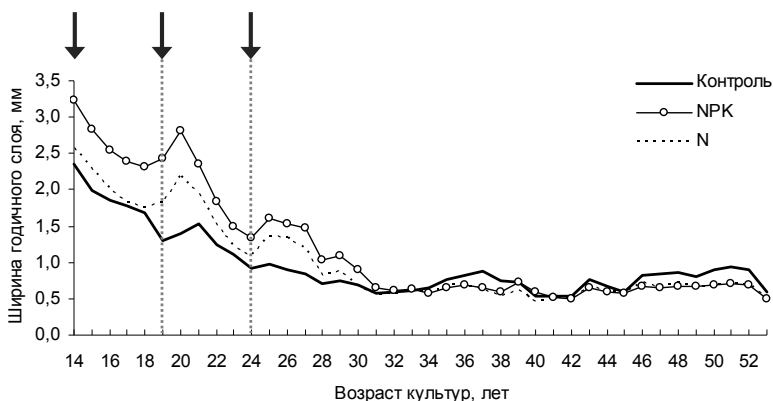


Рис. Динамика ширины годичного слоя при периодическом внесении азотных удобрений

Результаты исследования показали, что с лесоводственной точки зрения, в культурах сосны на горях более эффективно применение полного удобрения, по сравнению с одним азотом. При 4-кратном внесении полного удобрения средний диаметр сосны увеличился на 25 %, а объем среднего дерева в 1,8 раза. Средняя ширина годичного слоя в удобренных вариантах составляла $1,0 \pm 0,09$ (N) – $1,2 \pm 0,13$ мм (NPK), и существенно не отличалась от контроля. Однако в период подкормок при использовании полного удобрения наблюдалось увеличение средней ширины годичного слоя на 49 %, а одного азотного только на 17 % (рис.). Достоверное увеличение радиального прироста после внесения азотного удобрения сохранялось на протяжении

ЛЕСНЫЕ ПОЧВЫ И ПРАКТИКА
ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА

5 лет, а полного удобрения – 6 лет. За период эффективного действия удобрений, когда радиальный прирост достоверно превышал контрольные значения, средняя ширина годичного слоя в вариантах с внесением N и NPK была выше на 23 и 54 %. В последующем здесь наблюдалось уменьшение радиального прироста ниже контрольных значений на 13–14 %.

В результате действия минеральных удобрений содержание поздней древесины уменьшилось на 9–13 %, однако плотность древесины при применении азотного удобрения была близка к контрольным значениям, а при внесении полного – уменьшилась на 2,5 %, но различия с контролем несущественны (табл.).

Табл. Качество древесины 53-летних культур сосны

Вариант опыта	Среднее количество слоев в 1 см древесины	Средняя ширина годичного слоя, мм	t^*	Доля поздней древесины, %	t^*	Базисная плотность древесины, кг/м ³	t^*
Контроль	10,0	1,0 ± 0,07	–	32 ± 0,9	–	443 ± 4	–
NPK	8,8	1,2 ± 0,13	1,54	29 ± 0,9	2,56	432 ± 4	1,94
N	10,0	1,0 ± 0,09	0,43	28 ± 0,7	4,12	446 ± 4	0,53

Примечание. * $t_{st} = 1,99$

В период подкормок (до 24-летнего возраста) при внесении полного удобрения, вследствие формирования более широких годичных слоев, плотность древесины сосны снизилась на 6,5 %, но затем приблизилась к уровню контроля. Однако за весь период наблюдений плотность древесины здесь находилась в пределах величины, характерной для древостоев естественного происхождения Европейской части России, где она составляет от 405 до 436 кг/м³ [2]. Вариант с азотными удобрениями по этому показателю существенно не отличался от контроля.

Таким образом, последствие при внесении одного азотного удобрения прослеживалось на протяжении 5, а полного – 6 лет. Количество слоев в 1 см древесины составляло 8–10 шт., процент поздних зон – 28–29 %, а плотность – 432–446 кг/м³. При исполь-

зовании полного удобрения в период его внесения отмечено снижение плотности древесины на 6,5 %. В дальнейшем данный показатель приблизился к уровню контрольных значений. В целом, качество сформированной древесины не уступало древесине сосняков естественного происхождения таежной зоны России.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИЛ КарНЦ РАН № 0220-2014-0011

ЛИТЕРАТУРА

1. Куликова В.К. Изменение агрохимических свойств почв при внесении минеральных удобрений // Повышение эффективности лесовосстановительных мероприятий на Севере: Сб. науч. тр. Петрозаводск: Карельский филиал АН, 1977. С. 24–41.

2. Подубояринов О.И. Плотность древесины. М.: Лесная промышленность, 1976. 160 с.

3. Шубин В.И., Гелес И.С., Крутов В.И., Морозова Р.М., Соколов А.И. Повышение производительности культур сосны и ели на вырубках. Петрозаводск: Карельский НЦ СССР, 1991. 176 с.

ЛЕСОКУЛЬТУРНАЯ ОЦЕНКА КАМЕНИСТОСТИ ЛЕСНЫХ ПОЧВ КАРЕЛИИ

Харитонов В.А., Соколов А.И., Пеккоев А.Н.

ФГБУН Институт леса Карельского научного центра РАН, Петрозаводск, haritonov@krc.karelia.ru, alexander.sokolov@krc.karelia.ru, pek-aleksei@list.ru

Почвенный покров Карелии характеризуется значительным распространением завалуненных почв. В целом по республике каменистые почвы занимают около 8 млн. га или 54 % земель гослесфонда, в том числе в северотаежной подзоне – 57,4 %, в среднетаежной – 49,4 % [6, 7]. Высокое содержание камней в верхних почвенных горизонтах препятствует работе почвообрабатывающих агрегатов, вызывает поломку рабочих органов орудий, ухудшает качество обработки почвы. При создании лесных культур посадкой

ЛЕСНЫЕ ПОЧВЫ И ПРАКТИКА ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА

вручную под меч Колесова, лопату или мотыгу камни многократно увеличивают физические нагрузки на подготовке посадочных лунок, затрудняют заделку корневых систем посадочного материала.

Поверхностная каменистость и объемное содержание каменистых включений в верхних почвенных горизонтах исследовались на территории Кондопожского и Березовского лесничеств Кондопожского лесхоза. За основу была взята «Почвенная карта Карело-Финской ССР» масштаба 1:500000. Для удобства работы карты лесничеств были увеличены до масштаба 1:10000 (неопубликованные материалы Р.М. Морозовой и Н.Г. Федорец, лаборатория лесного почвоведения Института леса Карельского НЦ РАН). Для оценки степени каменистости, распределения и размеров камней в верхних горизонтах почвы все почвенные разности были объединены в две группы: каменистые и некаменистые. В Березовском лесничестве каменистыми почвами занято 57 % всей территории, в Кондопожском – 68 %.

Оценка общей каменистости проводилась по методу А.М. Марченко [3]. В наиболее типичных местах закладывались пробные площадки, на которых делались почвенные разрезы с замерами камней. Затем по формуле определялся объем каменистых включений в почве. Результаты исследований показали, что по степени каменистости почв территории лесничеств существенных различий между собой не имели. Общая каменистость в среднем составляла 55–65 % (1600–1900 м³/га), в т.ч. поверхностная – 30 %. Однако на различных участках общая каменистость изменялась в значительных пределах – от 30 до 80 %. Основная масса камней находилась в слое почвы: в Березовском лесничестве – 10–30 см, в Кондопожском – 5–20 см, т.е. в зоне действия рабочих органов почвообрабатывающих орудий и размещения корневых систем посадочного материала [5]. Каменистость свыше 3,4 % объемных единиц (100 м³/га) по классификации института им. Докучаева [1] считается очень высокой. Такие почвы относятся к очень сильнокаменистым, имеют значительные ограничения по выбору почвообрабатывающих орудий, а наличие на поверхности почвы или в ее верхнем 30-сантимет-

ровом слое валунов диаметром более 30 см, не допускает механизации сельскохозяйственных работ, т.к. приводит к поломкам машин и орудий. Очистка этих почв от камней проводится лишь в исключительных случаях [2]. Таким образом, по содержанию каменистых включений бо́льшая часть почвенного фонда Карелии по общепринятой классификации непригодна для использования распространенных в других регионах почвообрабатывающих орудий плужного и фрезерного типа, а также лесопосадочных машин без предварительной мелиорации путем уборки валунов. Метод пробных площадок позволяет выделить на крупномасштабных картах почвенные контура по каменистости, определить в общих чертах количественные и объемные показатели содержания обломков плотных пород в почве. Однако при планировании лесовосстановительных работ данный метод имеет ряд существенных недостатков:

- закладка почвенных разрезов довольно трудоемка, особенно на сильно завалуненных почвах;
- приближенность вычисления объема камней по формуле ввиду их неправильных геометрических форм;
- локальное расположение почвенного разреза, что при неравномерности распространения валунов по площади ведет к существенной ошибке оценки каменистости.

При обосновании способа лесовосстановления и агротехники создания лесных культур наиболее информативным показателем является встречаемость камней в верхнем 30-сантиметровом слое почвы. Методом оценки каменистости верхних горизонтов почвы на конкретных лесокультурных участках может служить измерение глубины залегания камней с помощью щупа. С этой целью проводились исследования на 36 вырубках подзоны средней тайги Карелии, на территории пяти лесхозов – Ладвинского, Шуйско-Виданского, Кондопожского, Пряжинского и Питкярантского. По ходовым линиям щупом определялась глубина залегания камней в верхнем слое почвы. Измерения производились с шагом 0,7 м, что соответствует шагу посадки сеянцев. Статистическая обработка полученных данных показала, что средняя глубина залегания кам-

ЛЕСНЫЕ ПОЧВЫ И ПРАКТИКА ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА

ней на вырубках изменялась в значительных пределах: от 5 до 27 см. Большинство обследованных участков (60 %) имело среднюю глубину залегания камней от 10 до 20 см. На 18 % вырубках этот показатель был 20 см и более. Вырубки с очень высокой завалунностью, на которых средняя глубина залегания камней была менее 10 см составляли 22 %. Показатель встречаемости камней может быть использован при выборе вида посадочного материала. Длина корневых систем стандартного посадочного материала с открытой корневой системой определена ОСТом 56–98–93 [4]. В дренированных условиях с нормальным увлажнением корневые системы саженцев должны быть не менее 20 см, сеянцев – 15 см. Таким образом, по причине каменистости на обследованных участках выбраковке будут подлежать от 14 до 99 % лунок, предназначенных для посадки саженцев и от 4 до 97 % – для посадки сеянцев. Следовательно, на сильнокаменистых участках для обеспечения рекомендуемой густоты культур, сажальщик при подготовке лунок вручную мечом Колесова будет вынужден готовить посадочные лунки повторно, что повлечет значительное увеличение трудозатрат. При использовании посадочного материала с закрытой корневой системой типа «Энсо», «Экопот», «Плантек», «Старпот», с высотой торфяного брикета 10 см, доля непригодных для посадки лунок составит от 2 до 88 %. На вырубках, где высокая каменистость почвы не позволит выдержать нормативную густоту посадки, лесные культуры следует создавать посевом или проводить меры содействия естественному возобновлению.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИЛ КарНЦ РАН № 0220-2014-0011

ЛИТЕРАТУРА

1. Агрофизические методы исследования почв. М., 1966. С. 5–41.
2. Иванова Е.Н. Классификация почв СССР. М., 1976. 226 с.
3. Марченко А.И. Почвы Карелии. М.–Л., 1962. 310 с.
4. ОСТ 56-98-93. Отраслевой стандарт. Сеянцы и саженцы основных древесных и кустарниковых пород. Технические условия. Введен в действие Приказом Федеральной службы лесного хозяйства России от 10 декабря 1993 г. N 327.

5. Отчет о научно-исследовательской работе по теме № 106 «Научные основы экологически чистых приемов лесовосстановления в условиях средней тайги Республики Карелия». Книга II. Петрозаводск. Карельский НЦ РАН. 1994. 420 с.

6. Федорец Н.Г., Морозова Р.М., Синькевич С.М., Загуральская Л.М. Оценка продуктивности лесных почв Карелии. Петрозаводск: Кар НЦ РАН. 2000, 195 с.

7. Харитонов В.А., Стафеев С.В. Оценка каменистости почв вырубок в целях лесовосстановления // Северная Европа в XXI веке: природа, культура, экономика. Матер. международной конф., посвящ. 60-летию КарНЦ РАН. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2006. С. 231–233.

ЛЕСОВОДСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ В КУЛЬТУРАХ СОСНЫ НА ПАЛОВОЙ ВЫРУБКЕ С ПЕСЧАНЫМИ ПОЧВАМИ

Харитонов В.А., Соколов А.И., Пеккоев А.Н.
*ФГБУН Институт леса Карельского научного центра РАН,
Петрозаводск, haritonov@krc.karelia.ru,
alexander.sokolov@krc.karelia.ru, pek-aleksei@list.ru*

Пожары являются мощным фактором, оказывающим влияние на лесные фитоценозы. Особенно сильно негативное влияние пожаров проявляется на сухих песчаных почвах, где после сгорания лесной подстилки ухудшается гидрологический режим и снижается почвенное плодородие [3]. Одним из возможных путей решения проблемы восстановления почвенного плодородия является применение минеральных удобрений. Благодаря дополнительному питанию улучшается рост растений, повышается сохранность лесных культур, значительно сокращаются сроки восстановления коренного типа леса [5]. В большинстве публикаций приводятся данные о влиянии удобрений на радиальный рост сосны в период их внесения и ближайшие годы после окончания подкормок [1, 4, 5 и др.]. Работы по изучению длительного последствия удобрений на рост сосны немногочисленны.

ЛЕСНЫЕ ПОЧВЫ И ПРАКТИКА
ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА

Цель данной работы – исследовать последствие периодического применения азотных удобрений на рост и продуктивность культур сосны на деградированных в результате пожара песчаных почвах.

Объектом исследования служили 53-летние культуры сосны, созданные посевом в 1962 г. на вересково-паловой вырубке. Почва – поверхностно-подзолистая песчаная на озерно-ледниковых песчаных отложениях. Данный тип почвы характеризуется довольно низкой влагообеспеченностью, бедностью элементов питания, особенно азота и калия. Подкормки сосны минеральными удобрениями проводились в возрасте культур 9, 14, 18 и 24 года. Общая продолжительность внесения удобрений составила 15 лет. Использовали мочевину (N), суперфосфат гранулированный (P) и хлористый калий (K), которые вносились вручную в весенний период. Схема опыта: контроль (без удобрений), N, NPK. Дозы удобрений: в 1970 – N и K по 60 кг/га, P – 120, в 1975, 1979, 1985 все удобрения по 120 кг/га по д.в. [5].

Спустя три десятилетия после прекращения внесения одного азотного удобрения средний диаметр и объем среднего дерева отличались от данных показателей на контроле несущественно (табл.). Более эффективным оказались подкормки полным удобрением, где к 53-летнему возрасту культуры превосходили контроль по среднему диаметру и высоте соответственно на 25 и 20 %, а по объему среднего дерева в 1,8 раза. При этом бонитет древостоя повысился на 0,8 класса. Различия в густоте стояния между вариантами обусловлены изреживанием посевов сосны в первые годы в результате поражения грибными болезнями и вредителями [2].

Табл. Таксационная характеристика 53-летних культур сосны

Показатели	Контроль	N	NPK
Густота стояния, тыс. шт/га	3,16	3,42	2,66
Средний диаметр, см	8,3 ± 0,18	8,7 ± 0,11	10,4 ± 0,14
Средняя высота, м	10,5	10,5	12,6
Полнота: абсолютная, м ²	19,6	22,9	25,1
относительная	0,87	1,02	1,00
Запас древостоя, м ³ /га	113	133	167
Объем среднего дерева, м ³	0,036	0,039	0,063
Класс бонитета	IV,4	IV,4	III,6

Дополнительное минеральное питание ускорило рост сосны по диаметру (рис.). К моменту прекращения подкормок различия с контролем по среднему диаметру варианта с полным удобрением составили 46 %, с одним азотным – 11 %. В период последействия удобрений существенных различий в темпах роста по диаметру между вариантами не наблюдалось.

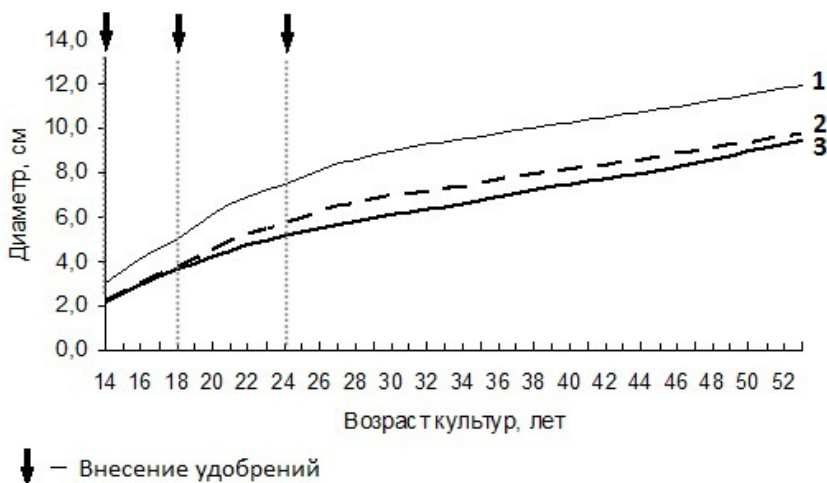


Рис. Ход роста 53-летних культур сосны по диаметру:
1–NPK; 2–N; 3–Контроль

Результаты проведенного исследования позволяют сделать вывод, что с лесоводственной точки зрения для восстановления деградированных в результате палов сосновых местообитаний применение полного удобрения более эффективно, по сравнению с одним азотом. При 4-кратном внесении полного удобрения средний диаметр сосны увеличился на 25 %, запас древостоя на 48 %, а объем среднего дерева в 1,8 раза. С учетом хода роста культур сосны для ускорения процессов формирования сосновых молодняков на гарях можно рекомендовать внесение полного удобрения в течение первых 15–20 лет с 5-летним ин-

ЛЕСНЫЕ ПОЧВЫ И ПРАКТИКА
ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА

тервалом (3–4 приема). В дальнейшем формирование древостоев должно вестись с помощью рубок ухода.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИЛ КарНЦ РАН № 0220-2014-0011

ЛИТЕРАТУРА

1. *Гелес И.С., Шубин В.И., Коржицкая З.А.* Влияние удобрений на рост и свойства древесины // Применение минеральных удобрений в лесном хозяйстве: Тез. докл. Всесоюзного совещания (12–13 августа 1986 г.). Архангельск: Правда Севера, 1986. С. 94–95.

2. *Крутов В.И., Волкова И.П., Кивиниеми С.Н., Тимофеев А.Ф.* Влияние удобрений на сохранность культур сосны и распространение грибных болезней и энтомовредителей // Повышение эффективности лесовосстановительных мероприятий на Севере: Сб. науч. тр. Петрозаводск: Карельский филиал АН, 1977. С. 93–113.

3. *Куликова В.К.* Изменение агрохимических свойств почв при внесении минеральных удобрений // Повышение эффективности лесовосстановительных мероприятий на Севере: Сб. науч. тр. Петрозаводск: Карельский филиал АН, 1977. С. 24–41.

4. *Степаненко И.И.* Влияние удобрений сосняков брусничных на динамику радиального прироста сосны // Лесохоз. информ. 2008. № 5. С. 3–10.

5. *Шубин В.И., Гелес И.С., Крутов В.И., Морозова Р.М., Соколов А.И.* Повышение производительности культур сосны и ели на вырубках. Петрозаводск: Карельский НЦ СССР, 1991. 176 с.

СПИСОК АВТОРОВ

- Абакумов Е.В. 32, 145, 272, 351
Абдухакимова Х. 97
Агаджанова Н.В. 28
Алексеев И.И. 32
Антипина Г. С. 174
Антропова В.В. 36
Ахметова Г.В. 122, 336, 339
Ахтямов А.Г. 116
Ашихмина Т.Я. 210
Бараненкова А.А. 101
Барахас А. 49
Баринов В.Н. 401
Баркан В.Ш. 298
Батиста Ф. 49
Бахмет О.Н. 13, 262, 339, 361
Безденежных К.А. 210
Безкоровайная И.Н. 178, 182
Безносиков В.А. 358
Беляева А.И. 298
Бобкова К.С. 126, 294
Бобровский М.В. 38, 42
Богатырев Л.Г. 165
Богрина Ю.А. 329
Бойцова Е.А. 333
Бондаренко Н.Н. 255
Бурдуковский М.Л. 134
Бухкало С.П. 185
Быховец С.С. 110
Вавилов Д.Н. 268
Валевич Т.О. 258
Вдовиченко В.А. 262
Венева С.В. 382
Виноградова Ю.А. 189
Воробьев Н.И. 192
Галибина Н.А. 371, 394
Ганин Г.Н. 196
Гарсиа-Кальдерон Н.Е. 130
Головлева Ю.А. 46
Гонгальский К.Б. 200
Горбунова А.Ю. 200
Гордеева Т.Х. 265
Гордиенко Т.А. 268
Грабовик С.И. 36
Гренадерова А.В. 182
Демянчук А.В. 58
Денева С.В. 93
Дмитракова Я.А. 272
Домрачева Л.И. 210
Дубровина И.А. 49
Дунаева А.И. 304
Дурова А.С. 379
Дымов А.А. 275, 342
Евтюгина З.А. 310
Егунова М. Н. 178
Елсукова Е.Ю. 310
Ельчиногова О.А. 53
Еремченко О.З. 56
Жангуров Е.В. 342
Желдак В.И. 375
Жемякин С.В. 192
Жигунов А.В. 379
Зайцев А.С. 200
Зачиняева А.В. 361
Зенкова И.В. 375
Зуев А.Г. 203
Ибаньес-Уэрта А. 130
Иванов А.В. 58
Икконен Е.Н. 130
Исагалиев М. 97
Казакова А.И. 15, 104
Калинкина Д.С. 207
Камаев И.О. 234
Капица Е.А. 118, 386
Карминов В.Н. 101
Касаткина Г.А. 82
Катаева М.Н. 59
Кашулина Г.М. 279, 346
Кикеева А.В. 394

Киселева И.В. 157
Климченко А.В. 182
Кожевникова Н.К. 134
Козлов В.А. 397
Козлова А.А. 64
Колесникова В.М. 36, 87
Комаров А.А. 246, 282
Кондакова Л.В. 210
Кононцева Е.В. 84
Коробушкин Д.И. 200
Корсунов В.А. 350
Костенко И.В. 286
Котлугалямова Э.Ю. 351
Кошелева Ю.А. 137
Красильников П.В. 130
Краснощеков Ю.Н. 290
Крылова Е.Н. 101
Кубасова М.С. 354
Кудяров В.Н. 141
Кузнецов М.А. 107
Кузнецова Е.Г. 382
Кузнецова О.В. 53
Курганова И.Н. 141, 386
Кутенков С.А. 68
Лаптева Е.М. 189, 255, 307
Липин И.Н. 56
Липкина Т.В. 375
Лиханова И.А. 379
Лиханова Н.В. 294
Лодыгин Е.Д. 358
Лойко С.В. 42
Лопес де Гереню В.О. 141, 386
Лукина Н.В. 15, 104
Лыткин И.И. 214
Любечанский И.И. 219
Лянгузова И.В. 298
Лукьянова Ю.А. 268
Луценко Т.Н. 134
Мазей Ю.А. 246
Макеева О.Л. 317
Максимова Е.Ю. 145
Малахова Н.А. 221
Малюта О.В. 265
Мамай А.В. 149, 361
Мартыненко О.В. 101
Матвеева Е.М. 207
Матюшкин В.А. 390
Медведева М.В. 36, 149, 361
Меняйло О.В. 18
Мерзляков О.Э. 258
Митракова Н.В. 56
Морозова В.С. 101
Морозова Р.М. 336
Мошкина Е.В. 149, 371, 394
Мошников С.А. 390
Мошценская Ю.Л. 371, 394
Мякшина Т.Н. 141
Надпорожская М.А. 70
Напрасникова Е.В. 224
Неронова Я. А. 397
Никерова К.М. 371, 394
Никифоров А.Н. 364
Новиков М.Н. 401
Новиков С.Г. 301, 339
Новицкая Л.Л. 371, 394
Одноралов Г.А. 304
Онтиков П.В. 101
Орлова М.А. 15
Осипов А.Ф. 154
Пеккоев А.Н. 405, 408, 412
Перепелкина П.А. 134
Перминова Е.М. 307
Пищик В.Н. 192
Подгорная М.Н. 371, 394
Попова Е.Н. 228
Припутина И.В. 110
Пуртова Л.Н. 157
Пятина Е.В. 232
Попов А.А. 192
Попов А.И. 74
Разгулин С.М. 161
Робакидзе Е.А. 126

Рожков В.А. 20
Розанова М.С. 90
Русаков А.В. 74
Русанова Г.В. 93
Русинова Т.А. 310
Рыбалов Л.Б. 234
Савицкая Н.В. 214
Сапронов Д.В. 141
Сараева А.К. 237
Свиридова О.В. 192
Собисевич А.В. 78
Семенюк Е.Н. 239
Семенюк О.В. 165
Семиколенных А.А. 90
Сидорова В.А. 314
Сизоненко Т.А. 154
Соколов А.И. 405, 408, 412
Соколов Д.В. 59
Соколова Е.Н. 196
Солиева С. 97
Солодовников А.Н. 114, 339
Сорокина О.А. 317
Софронова И.Н. 371, 394
Старцев В.В. 342
Степанов А.А. 58
Стойкина Н.В. 68
Сулейманов Р.Р. 351
Суханов П.А. 282
Суходольская Р.А. 268
Сущук А.А. 207
Таланцев В.И. 265
Таранец И.П. 322
Телеснина В.М. 165, 169
Тимофеева Я.О. 137
Тихонова Е.Н. 304
Ткаченко Ю.Н. 326, 339
Торлопова Н.В. 126
Триликаускас Л.А. 242
Тысленко А.М. 401
Уманский А.С. 329
Федорец Н.Г. 339
Фомина Е.В. 82
Фролова Г.Г. 110
Харитонов В.А. 405, 408, 412
Хлуденцов Ж.Г. 84
Хмелева М.В. 203
Хрусталева М.А. 367
Цепляева В.С. 87
Цыганов А.Н. 246
Чевердин Ю.И. 116
Червонная А.А. 90
Чертов О.Г. 24, 70
Шамов В.В. 134
Шанин В.Н. 110
Шаповалова В.А. 182
Шахтарова О.В. 93
Шашков М.П. 250
Шергина Н.Н. 189
Шишкина А.В. 329
Шорохова Е.В. 118, 386
Шуктомова И.И. 358
Щепашенко Д.Г. 101
Этчеверс Х.Д. 130
Юлдашев Г. 97
Яковлев А.О. 74
Яковлева Л.В. 333
Ярилова Л.С. 214

Научное издание

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ
ЛЕСНОГО ПОЧВОВЕДЕНИЯ**

*Материалы докладов VII Всероссийской научной
конференции по лесному почвоведению
с международным участием*

Издано в авторской редакции

Подписано в печать 30.08.2017
Формат 60x84 ¹/₁₆. Гарнитура Times.
Уч.-изд. л. 19,9. Усл. печ. л. 24,40.
Тираж 170 экз. Заказ № 445

Карельский научный центр РАН
Редакционно-издательский отдел
185003, Петрозаводск, пр. А. Невского, 50