



ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ВОПРОСЫ ЛЕСНОГО ПОЧВОВЕДЕНИЯ



ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ВОПРОСЫ ЛЕСНОГО ПОЧВОВЕДЕНИЯ

Материалы VI Всероссийской
научной конференции
с международным участием

Федеральное агентство научных организаций
Уральское отделение РАН
Коми научный центр
Институт биологии

VI Всероссийская научная конференция
по лесному почвоведению с международным участием

**ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ
И ПРИКЛАДНЫЕ ВОПРОСЫ
ЛЕСНОГО ПОЧВОВЕДЕНИЯ**

Сыктывкар
14-18 сентября 2015 г.

Материалы докладов



Proceedings

September 14-18, 2015

VI All-Russian Scientific Conference
with International Participation

**FUNDAMENTAL AND APPLIED ASPECTS
OF FOREST SOIL SCIENCE**

Сыктывкар 2015

УДК 630*114

Фундаментальные и прикладные вопросы лесного почвоведения: Материалы докладов VI Всероссийской научной конференции по лесному почвоведению с международным участием. Сыктывкар, 2015. 302 с. (Коми НЦ УрО РАН).

Представлены материалы докладов VI Всероссийской научной конференции по лесному почвоведению, посвященной проблемам и перспективам развития лесного почвоведения. Рассмотрены вопросы генезиса, диагностики, классификации и пространственной неоднородности почв лесных экосистем, роль биотического фактора в формировании и динамике их свойств. Особое внимание уделено обсуждению закономерностей природной и антропогенной эволюции лесных почв, роли органического вещества в устойчивом функционировании лесных экосистем, биологическому круговороту веществ в системе почва–растение и моделированию процессов почвообразования.

Редакционная группа

С.В. Дёгтева (отв. редактор), Е.В. Жангуров (отв. секретарь),
Е.М. Лаптева, В.А. Безносиков, Ю.А. Виноградова,
Е.Г. Кузнецова, Г.В. Русанова, Е.В. Шамрикова

Конференция проведена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 15-04-20674) и проекта ПРООН/ГЭФ 00059042 «Укрепление системы особо охраняемых природных территорий Республики Коми в целях сохранения биоразнообразия первичных лесов в районе верховьев реки Печора».

Fundamental and applied questions of forest soil science: Proceedings of the VI All-Russian Scientific Conference on Forest Soil Science with International Participation (Syktyvkar, Russia, September 14-18, 2015). Syktyvkar, 2015. 302 p. (Komi Science Centre, Ural Division, Russian AS).

The book includes proceedings of the VI All-Russian Scientific Conference on Forest Soil Science which was devoted to problems and development prospects of forest soil science. The proceedings discuss questions on genesis, diagnosis, classification, and spatial heterogeneity of forest soils, role of biotic factor in formation and dynamics of their properties. Mechanisms of natural and anthropogenic evolution of forest soils, role of organic matter for sustainability of forest ecosystems, biological cycle of substances in soil-plant system, and modelling of soil formation processes received special attention.

Editorial Board

S.V. Degteva (Responsible Editor), E.V. Zhangurov (Responsible Secretary),
E.M. Lapteva, V.A. Beznosikov, Yu.A. Vinogradova, E.G. Kuznetsova,
G.V. Rusanova, E.V. Shamrikova

The Conference was financially supported by the Russian Fund for Basic Research (project № 15-04-20674) and the UNDP/GEF Project 00059042 'Improving the System of Specially Protected Nature Areas of the Komi Republic for Biodiversity Conservation of Primary Forests in the Upper Pechora River'.

ISBN 978-5-89606-543-2

© Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, 2015

ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ
VI Всероссийской научной конференции
по лесному почвоведению с международным участием
«Фундаментальные и прикладные вопросы лесного почвоведения»
(14-19 сентября 2015 г.)

Председатель:

Дёгтева С.В., д.б.н., Институт биологии Коми НЦ УрО РАН (Сыктывкар)

Сопредседатели:

Лукина Н.В., д.б.н., руководитель комиссии по лесному почвоведению Общества почвоведов им. В.В. Докучаева, Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН (Москва)

Шоба С.А., чл.-корр. РАН, президент Общества почвоведов им. В.В. Докучаева, факультет почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова (Москва)

Члены научного комитета:

Бобкова К.С., д.б.н., проф., Институт биологии Коми НЦ УрО РАН (Сыктывкар)

Герасимова М.И., д.б.н., проф., географический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова (Москва)

Горячкин С.В., д.геогр.н., Институт географии РАН (Москва)

Замолодчиков Д.Г., д.б.н., проф., биологический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова (Москва)

Комаров А.С., д.б.н., проф., Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН (Пущино)

Курганова И.Н., д.б.н., Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН (Пущино)

Лапа В.В., чл.-корр. НАН Беларуси, д.с.-х.н., проф., Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси (Минск, Беларусь)

Макаров М.И., д.б.н., факультет почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова (Москва)

Милановский Е.Ю., д.б.н., факультет почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова (Москва)

Очеретенко Д.П., главный эколог, АО «Монди СЛПК» (Сыктывкар)

Полшведкин Р.В., министр природных ресурсов Республики Коми (Сыктывкар)

Сирин А.А., д.б.н., Институт лесоведения РАН (Москва)

Сорокин Н.Д., д.б.н., проф., Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН (Красноярск)

Стриганова Б.Р., чл.-корр. РАН, Институт проблем эволюции и экологии им. А.Н. Северцова РАН (Москва)

Урушадзе Т.Ф., д.б.н., проф., акад., Институт почвоведения, агрохимии и мелиорации им. М. Сабашвили Аграрного университета Грузии (Тбилиси, Грузия)

Федорец Н.Г., д.с.-х.н., проф., Институт леса Карельского НЦ РАН (Петрозаводск)

Чертов О.Г., д.б.н., проф., Бингенский политехнический университет (Бинген, Германия)

Шлямин А.В., руководитель Комитета лесов Республики Коми (Сыктывкар)

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

Председатель:

Лаптева Е.М., к.б.н., Институт биологии Коми НЦ УрО РАН

Сопредседатель:

Безносиков В.А., д.с.-х.н., проф., Институт биологии Коми НЦ УрО РАН

Ответственный секретарь:

Дымов А.А., к.б.н., Институт биологии Коми НЦ УрО РАН

Технические секретари:

Жангуров Е.В., к.с.-х.н., Институт биологии Коми НЦ УрО РАН

Кубик О.С., асп., Институт биологии Коми НЦ УрО РАН

(e-mail: forestsoil2015@gmail.com)

Члены организационного комитета:

Загирова С.В., д.б.н., Институт биологии Коми НЦ УрО РАН

Шамрикова Е.В., д.б.н., Институт биологии Коми НЦ УрО РАН

Панюков А.Н., к.б.н., Институт биологии Коми НЦ УрО РАН

Денева С.В., к.б.н., Институт биологии Коми НЦ УрО РАН

Каверин Д.Н., к.геогр.н., Институт биологии Коми НЦ УрО РАН

Пастухов А.В., к.геогр.н., Институт биологии Коми НЦ УрО РАН

Осипов А.Ф., к.б.н., Институт биологии Коми НЦ УрО РАН

Виноградова Ю.А., к.б.н., Институт биологии Коми НЦ УрО РАН

Лодыгин Е.Д., к.б.н., Институт биологии Коми НЦ УрО РАН

Василевич Р.С., к.б.н., Институт биологии Коми НЦ УрО РАН

Габов Д.Н., к.б.н., Институт биологии Коми НЦ УрО РАН

Яковлева Е.В., к.б.н., Институт биологии Коми НЦ УрО РАН

Кызьбурова Е.В., ведущий инженер-химик, Институт биологии Коми НЦ УрО РАН

Холопов Ю.В., инженер-исследователь, Институт биологии Коми НЦ УрО РАН

Шахтарова О.В., инженер-исследователь, Институт биологии Коми НЦ УрО РАН

Боброва Ю.И., ведущий инженер-химик, Институт биологии Коми НЦ УрО РАН

Низовцев Н.А., старший лаборант-исследователь, Институт биологии Коми НЦ УрО РАН

Глубокоуважаемые коллеги!

У вас в руках сборник материалов VI Всероссийской научной конференции по лесному почвоведению с международным участием «Фундаментальные и прикладные вопросы лесного почвоведения». Конференция проводится 14-19 сентября 2015 г. на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН (г. Сыктывкар). Она продолжает серию научных мероприятий, организуемых в рамках работы секции по лесному почвоведению Общества почвоведов им. В.В. Докучаева.

Конференции по проблемам лесного почвоведения традиционно проводятся один раз в два года. Они вызывают значительный интерес как со стороны ведущих специалистов в этой области, так и молодых ученых, занимающихся вопросами классификации, генезиса и функционирования почв в природных и антропогенно нарушенных лесных экосистемах. В организации конференций, посвященных вопросам формирования, функционирования и эволюции почв в лесных сообществах, принимали участие ведущие научно-исследовательские учреждения Российской академии наук: Институт леса Карельского НЦ РАН (Петрозаводск, 2005, 2009 гг.), Институт проблем промышленной экологии Севера Кольского НЦ РАН (Апатиты, 2011 г.), Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН (Пущино, 2013 г.). Институт биологии Коми НЦ УрО РАН проводит такую конференцию второй раз. В 2007 г. в Сыктывкаре состоялась Международная конференция «Лесное почвоведение: итоги, проблемы, перспективы», которая собрала более 100 ученых из семи стран мира. В 2015 г. проводится конференция «Фундаментальные и прикладные вопросы лесного почвоведения», посвященная широкому кругу теоретических и прикладных проблем лесного почвоведения. На участие в этой конференции поступили заявки из различных регионов Российской Федерации, стран СНГ, Германии, Чешской Республики, Финляндии, Австрии и Пакистана. С учетом очного и заочного представления материалов своих исследований в ее работе принимают участие 247 научных сотрудников, включая аспирантов и магистрантов.

В программу конференции включены доклады о современных достижениях в области изучения генезиса лесных почв, их классификации и диагностики, математического моделирования процессов почвообразования. Данное мероприятие призвано подвести итоги изучения процессов и механизмов функционирования почв в лесных экосистемах, особенностей их трансформации под влиянием антропогенного факто-

ра, оценки условий и факторов устойчивости лесных почв к техногенному, агрогенному и постагрогенному воздействию, исследованию роли почвенного органического вещества в устойчивом функционировании и развитии лесных экосистем. Особое внимание обращено на обсуждение вопросов взаимосвязи почв и почвенных свойств со спецификой формирования и функционирования в них блока почвенной биоты – основных деструкторов растительного опада, участвующих в процессах минерализации, гумификации и трансформации почвенного органического вещества. Тематика конференции представлена пятью тематическими секциями:

1. Классификационная диагностика лесных почв: генезис, процессы, морфология;
2. Биогеохимические циклы и устойчивость лесных экосистем: натурные исследования и моделирование;
3. Структура и функции почвенной биоты в лесных экосистемах;
4. Органическое вещество лесных почв;
5. Антропогенные изменения лесных почв.

Обсуждение широкого спектра вопросов генетического почвоведения, биологии лесных почв, физико-химических и информационных методов исследования, методов математического моделирования в лесном почвоведении и лесной биогеоценологии позволит расширить и укрепить научные контакты между исследователями разных ведомственных организаций, разработать программы возможного сотрудничества в области лесного почвоведения. Эти вопросы рассматриваются в рамках работы двух Круглых столов: «Генетические и экологические классификации почв: методологические подходы, проблемы диагностики, поиски компромиссов» и «Интеграция в исследованиях лесных почв Евро-Арктического региона: методы, подходы, особенности».

На постконференционных научных полевых экскурсиях участники конференции ознакомятся с историей лесопользования и естественной динамикой лесных экосистем в таежной зоне Республики Коми, а также особенностями трансформации в агрогенных и постагрогенных экосистемах подзолистых почв, сформированных на различных почвообразующих породах.

При издании материалов конференции проведено их техническое редактирование. Сущность научных текстов не изменена. Ответственность за научное содержание материалов несут авторы.

Оргкомитет выражает признательность всем участникам конференции за интересные доклады и активное участие в ее работе, а также за финансовую поддержку проведения конференции – Российскому фонду фундаментальных исследований, ПРООН ГЭФ, компании «ЛабИнструментс».

Председатель Программного комитета
д.б.н. С.В. Дегтева
Председатель Организационного комитета
к.б.н. Е.М. Лаптева

Секция 1.**КЛАССИФИКАЦИОННАЯ ДИАГНОСТИКА
ЛЕСНЫХ ПОЧВ: ГЕНЕЗИС, ПРОЦЕССЫ, МОРФОЛОГИЯ****ТЕКСТУРНО-ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫЕ И ОРГАНО-АККУМУЛЯТИВНЫЕ
КРАСНОПРОФИЛЬНЫЕ ПОЧВЫ ЛЕСОВ САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ
И РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН****Е.В. Абакумов^{1,2}, Р.М. Халитов², Р.Р. Сулейманов³, Э.И. Гагарина¹**¹ Башкирский государственный аграрный университет, г. Уфа² Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург³ Институт биологии Уфимского НЦ РАН, г. Уфа

Почвы на красноцветных отложениях широко распространены в Самарской, Оренбургской, Пермской областях, а также в республиках Татарстан и Башкортостан. Ранее эти самобытные почвы автоматически включались в состав зональных типов почв, без особого указания на наличие своеобразного краснопрофильного горизонта. В субстантивно-профильной классификации почв России (2004 г. [1], с дополнениями в варианте 2008 г.) появилась возможность выделения родов краснопрофильных почв, что, в частности, возможно для черноземов и темно-серых почв. Исследования, проведенные нами в 2009-2014 гг. на территории Самарской области (Высокое Заволжье) и Республики Башкортостан (Предуралье), показали, что род краснопрофильных почв может быть выделен и для дерново-подзолистых почв, а также для карбо-литоземов и карбо-петроземов. При этом существуют эволюционные ряды краснопрофильных почв, включающие в себя карбо-петроземи, карбо-литоземы, карбо-литоземы глинисто-иллювирированные, темно-серые остаточные карбонатные почвы. В Высоком Заволжье также широко распространены серии почв на низко/бескарбонатных породах красноцветного типа. В этом случае эволюционный ряд представлен следующими вариантами красноцветных почв: серогумусовых, серогумусовых глинисто-иллювиальных, темно-серых. Подавляющее большинство краснопрофильных почв приурочено к лесным массивам, хотя неред-

ко встречаются и краснопрофильные черноземы, а в южных частях исследованных регионов – краснопрофильные каштановые почвы. Специфика текстурно-дифференцированного почвообразования заключается не только в формировании красноцветной окраски средней и нижней частей профиля, но и в образовании укороченного профиля в связи с ограничением вертикальной миграции веществ в плотном слое породы. Коэффициент дифференциации почв по илу и физической глине существенно ниже в случае темно-серых почв на красноцветных породах, чем на делювиальных отложениях или отложениях лессовидного типа. От последних они отличаются отсутствием нескольких иллювиальных горизонтов и низкой общей мощностью профиля (до 65 см). Таким образом, лесные почвы Самарской области и Республики Башкортостан представлены как классическими вариантами зональных почв, так и широко распространенными вариантами краснопрофильных почв, что с учетом возможностей новой классификации почв России позволяет учитывать их морфологическую и функциональную специфику. Приведены также результаты исследования эродированных краснопрофильных почв лесных экосистем и агроландшафтов.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант мол-а-вед № 15-34-20844.

ЛИТЕРАТУРА

1. 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.

ПОЛИГЕНЕТИЧЕСКИЕ И ЭКОГЕНЕТИЧЕСКИЕ ВАРИАНТЫ РАЗВИТИЯ ПОЧВ В ЮЖНОМ ПРИЛАДОЖЬЕ

Е.В. Абакумов, Г.А. Шамилишвили

Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург

Почвы Южного Приладожья представляют своеобразный макроареал в структуре почвенного покрова южной тайги в пределах Ленинградской области. Зональное альфегумусовое почвообразование, характерное для районов распространения флювиогляциальных отложений, прерывалось здесь трансгрессионными процессами. Кроме того, ряд береговых валов и террас способствовал формированию серий экогенеза и почвенных хроносерий в прибрежной зоне. Наблюдаются также разновозрастные участ-

ки самозарастания современных озерных террас и дюн. Все это дает богатый материал для изучения быстрой эволюции почв в процессе экогенеза и для анализа условий почвообразования в голоцене. Полигенетические почвы включают один или два профиля погребенных подзолов или тофряно-подзолов (реже – подбуров), что связано с погребением почв супесями Ладожской трансгрессии. Подобные почвы наблюдаются на надпойменных террасах р. Волхов. В береговой зоне Ладожского озера также возможно образование большего числа профилей (до пяти) слабо-развитых подзолов или элювоземов в одном вертикальном разрезе, что обусловлено прерыванием почвообразования в связи с накоплением эолового материала. Исследованы и разновозрастные почвы экогенетической смены, развивающейся на разновозрастных береговых валах. Здесь повторяется одна модель педогенеза (альфегумусовый процесс) с различной степенью развитости профилей с сопутствующими процессами, связанными с переувлажнением почвы из-за прогрессирующего заболачивания. В докладе также приводятся сведения о молодых и эфемерных серогумусовых почвах и эмбриональных подзолах современных дюн береговой части озера. Обсуждается роль геоморфологических и геологических процессов в Южном Приладожье в формировании современного почвенного покрова особо охраняемых территорий федерального и регионального уровней.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант мол-а-вед № 15-34-20844.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА РЕНТГЕНОВСКОЙ МИКРОТОМОГРАФИИ В ИЗУЧЕНИИ ПОРОВОГО ПРОСТРАНСТВА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ

К.Н. Абросимов, С.Ф. Хохлов, Е.Б. Скворцова
Почвенный институт им. В.В. Докучаева ФАНО, г. Москва

По аналогии с почвенным профилем можно говорить о морфологическом профиле порового пространства как базовом генетическом показателе, тесно связанным с почвенной структурой и несущем информацию о различных этапах формирования почвы. Томографический анализ внутреннего строения ненарушенных почвенных образцов (монолитов) дает наиболее полное представление о морфологическом строении почвенных пор и трещин. Морфометрические данные, получаемые этим мето-

дом, могут служить основой для типизации, классификации, диагностики порового пространства на разных иерархических уровнях структурной организации почвы. Известно, что наибольшим разнообразием поровых форм отличаются почвы суглинистого и глинистого гранулометрического составов.

Цель проведенных исследований – получение новых морфометрических данных о строении порового пространства в профиле суглинистых почв.

Объектом исследования являются среднесуглинистые дерново-подзолистые почвы, развитые на покровном суглинке под пологом смешанного березово-елового леса 90-100-летнего возраста. Почвенный разрез заложен в 700 м западнее дер. Дарьино Пушкинского района Московской области. Образцы почвы ненарушенного сложения отбирали из всех основных генетических горизонтов, а также из отдельных морфонов горизонта **EL (EL палевый и EL белый)** и на контакте горизонтов **EL и ВТ**. Образцы отбирали в пластиковые цилиндры диаметром 3 см и высотой 4 см. Исследование образцов проводили на микротомографе SkyScan 1172 при разрешении 8.6 мкм/пиксель. На основании микротомографических данных были реконструированы изображения вертикальных срезов, проходящих через центр образцов, и изготовлены фотограммы порового пространства (методом сегментации с порогом 128). Анализ порового пространства на фотограм-

Распределение пор по форме и ориентации в профиле дерново-подзолистой почвы (вертикальные срезы)

Горизонт, глубина (см)	Содержание пор различной формы (% от общего количества пор)					Содержание пор с различной ориентацией (% от общего количества пор)		
	1	2	3	4	5	6	7	8
Генетические горизонты профиля								
AY, 0-5(7)	0	10	44	39	7	36	30	34
EL, 5(7)-25	0	14	43	34	9	22	23	55
ELB, 25-45	0	16	38	30	16	28	30	43
BT1, 45-60	6	29	35	19	11	27	25	48
BT2, 60-100	0	11	29	40	24	24	25	51
BC, >100	7	14	32	24	23	20	20	60
Морфоны горизонта EL								
EL палевый	1	16	39	32	12	21	29	50
EL белый	0	11	40	32	17	29	27	44
EL белый/ВТ	0	13	49	32	6	33	32	35

Примечания. Форма пор: 1 – трещиновидная, 2 – вытянутая изрезанная, 3 – изометричная изрезанная, 4 – изометричная слабоизрезанная, 5 – округлая. Ориентация пор: 6 – вертикальная и субвертикальная, 7 – наклонная, 8 – горизонтальная и субгоризонтальная.

мах проводили с помощью программы **Image-Pro Plus 6**. В пределах изображения измеряли все поры, имеющие площадь более 40 пикселей. Для каждой поры определяли следующие морфометрические параметры: площадь (S), периметр (P), продольный (L) и поперечный (D) габариты, угол отклонения длинной оси поры от вертикали (показатель ориентации). Общее количество измеренных пор для разных образцов варьировало от 134 до 594 шт.

Томографические исследования показали, что отдельные морфоны ЕL по строению порового пространства отличаются от основной массы элювиальной толщи почвы. Важно отметить, что при анализе 2D изображений высокое содержание пор с округлыми срезами наблюдается как в морфонах ЕL, так и в нижних горизонтах профиля (ВТ2, ВС). С помощью анализа 3D изображений ранее было показано, что в ЕL присутствуют истинные пузырьковые поры, а округлые срезы в ВС принадлежат многочисленным тонким каналам [1, 2].

Исследования проведены при поддержке РФФИ, проект № 13-04-00409а.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сквицова Е.Б., Абросимов К.Н., Хохлов С.Ф., Ключева В.В. Микротомографический профиль порового пространства дерново-подзолистой почвы // Практическая микротомография – 2014: Матер. конф. СПб., 2014. С. 151-154.

2. Сквицова Е.Б., Герке К. М., Корост Д.В., Абросимов К.Н. Строеие порового пространства в подзолистых горизонтах суглинистых почв (анализ 2D и 3D изображений) // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева, 2013. Вып. 71. С. 65-79.

РАСТИТЕЛЬНЫЙ И ПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ ПРИРОДНОГО ПАРКА «КОНДИНСКИЕ ОЗЕРА»

И.И. Алексеев

Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург

Охрана природы и рациональное использование природных ресурсов – одна из актуальнейших проблем современности. От ее правильного решения во многом зависит успешное развитие экономики, благосостояние нынешних и будущих поколений. Особое внимание следует уделить сохранению природных комплексов охраняемых природных территорий в условиях ограниченного природопользования. Для разработки комплексного монито-

ринга, с целью оптимизации ограниченного природопользования на особо охраняемой природной территории, необходимо иметь данные о пространственной дифференциации почвенно-растительного покрова, основным источником которого является картографический материал.

Территория природного парка «Кондинские озера» принадлежит Кондинской физико-географической провинции лесной равнинной широтно-зональной области Западно-Сибирской равнины [4]. Природный парк располагается на озерно-аллювиальной, плоско-волнистой, заболоченной равнине в подзоне средней тайги в верховьях р. Конда и занимает часть поймы.

Территория природного парка расположена в Западносибирской провинции Циркумпольной области Бореального подцарства Голарктического царства (по флористическому районированию). По геоботаническому районированию территория относится к участку среднетаежных Обь-Иртышских формаций Урало-Сибирской фратрии классов формаций.

Особенностью природного парка является наличие на его территории лицензионного участка нефтедобычи (Тальниковое месторождение). При этом наибольшее техногенное воздействие на экосистемы территории оказывают строительство и функционирование площадных объектов нефтяного месторождения.

В ходе полевых работ изучался растительный и почвенный покров территории природного парка. Закладывались профили, где нами были описаны характерные растительные сообщества и заложены почвенные разрезы. Соответственно, отбирались гербарные и почвенные образцы. Делались предварительные оценки и давались первичные названия почвенным разностям и гербарным образцам. Затем в ходе камеральной обработки данных проводилось дальнейшее определение отобранных образцов, производилась их корреляция и делались определенные выводы.

В результате проведенного анализа сделаны следующие выводы: 1) на территории природного парка преобладают почвы песчаного и супесчаного гранулометрического составов; 2) повсеместно развит болотообразовательный процесс (болота занимают более 50% территории природного парка); 3) на водоразделах произрастают в основном сосновые леса, что связано с преобладанием там почв песчаного механического состава; 4) в почвах водоразделов в той или иной степени развиты процессы вымывания, что обуславливает наличие горизонтов E и EL; 5) наиболее часто встречаемым типом почвы на территории водоразделов является подзол иллювиально-железистый, хотя также встречаются и различные его вариации [3]; 6) несмотря на отсутствие мно-

голетней мерзлоты, нами не исключается возможность присутствия в почвенном покрове светлосемов (отдел Криометаморфических почв), характерных как раз для территорий с современной многолетней мерзлотой; 7) как в почвенном, так и в растительном покрове (точнее в их преобразовании) заметна роль антропогенного фактора. Она проявляется в вытаптывании (что ведет к изменению плотности, сложения почвы и пр.) и рубках лесов, и в загрязнении водоемов [1]; 8) в структуре почвенного покрова достаточно четко прослеживаются некоторые тенденции, характеризующие почвообразовательный процесс в средней тайге Западной Сибири [5].

Выполненная работа и собранные материалы позволяют продолжить изучение особенностей растительного и почвенного покрова территории природного парка «Кондинские озера», их пространственной дифференциации. Планируется создание крупномасштабной карты на исследованную территорию.

ЛИТЕРАТУРА

1. Добровольский Г.В., Никитин Д.В. Экология почв. М.: Изд-во МГУ, 2012.
2. Иванова Е.Н. Классификация почв СССР. М.: Наука, 1976. 227 с.
3. Шишов Л.Л., Тонконогов В.Д., Лебедева И.И., Герасимова М.И. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
4. Павлова Н.Н., Роднянская Э.Е., Севастьянов Д.В. Физическая география России. СПб.: Изд-во СПбГУ, 1999. 264 с.
5. Фридланд В.М. Структура почвенного покрова. М.: Мысль, 1972. 336 с.

ФОРМИРОВАНИЕ ПОЧВЫ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ (РОЛЬ БИОЛОГИЧЕСКОГО ФАКТОРА)

И.Б. Арчегова, А.Н. Панюков, Е.Г. Кузнецова
Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

Рассмотрено изменение субстрата в процессе самовосстановительной сукцессии на этапе функционирования двух типов растительного сообщества – многолетнего злаково-разнотравного и ольшаника хвощево-разнотравного. Оба растительных сообщества развивались «с нуля» на одной и той же породе – покровный пылеватый суглинок, оставленной после реконструкции автотрассы Сыктывкар–Киров. Постоянные площадки (ПП) для исследования расположены по обе стороны автотрассы: ПП1 (мно-

голетнее травяное сообщество) на выровненном участке вдоль реконструированной дороги; по другую сторону на вершине и склоне придорожного увала вдоль реконструированной автотрассы – ПП2 (ольшаник).

Теоретический подход проведенного исследования опирался на принцип системности. Почва рассматривается как компонент экосистемы, которая представляет собой целостное образование взаимообусловленных компонентов – растительного сообщества, фаунистически-микробного комплекса, трансформирующего отмирающую фитомассу, и субстрата, ею осваиваемого (почвы). С этих позиций были выявлены качественно-количественные характеристики состава, свойств растительности, пула микроорганизмов, отличия продуктов трансформации, состав водорастворимых веществ, мигрирующих в субстрат в разных типах биотического компонента. Обобщение полученных результатов позволило установить связь между исследованными типами растительного сообщества и формированием особенностей морфологического строения, свойств типов новообразованных субстратных компонентов, т.е. новообразованных почв как закономерного результата воздействия биологического фактора.

Общим признаком новообразованных почв при своеобразии их морфологического строения является сформированный слой биогенно-орган-аккумулятивного типа, обеспечивающий устойчивое воспроизводство растительного сообщества как главного фактора устойчивости функционирования экосистемы в целом. При этом минеральная порода под биогенно-аккумулятивным слоем остается без заметных преобразований в обоих типах новообразованных почв.

Таким образом, почва формируется и функционирует как эволюционно развивающийся фактор устойчивости растительности на суше Земли. В условиях выраженной вертикальной миграции влаги водорастворимые органические (кислотной природы) продукты трансформации фитомассы взаимодействуют с минеральной породой под почвой, преобразуя ее определенным образом.

Нижняя граница почвы (до сих пор дискуссионно обсуждается) определяется вертикальным резким снижением аккумуляции элементов-биогенов под почвой. Иными словами, минеральный профиль почвы является результатом воздействия растворимых органических кислот, мигрирующих из почвы, взаимодействующих с минеральной породой и оседающих на некоторой глубине продуктов взаимодействия. Разнообразие почв связано с географическим разнообразием природно-климатических условий и из-

менением типов растительности. Почва и преобразованная подпочвенная порода являются разными образованиями, связанными причинно-следственными отношениями.

Итак, любая наука в своем развитии проходит этапы осмысления накопленных данных об объекте исследования, когда осознается недостаточность теоретической базы в связи с возрастающим объемом знания о предмете науки. Эти этапы можно определять как критические (кризисные) моменты в научном познании, разрешаемые через обогащение ранее созданной теоретической базы (системы взглядов, принципов). Иначе говоря, без периодического переосмысления новых данных не может быть развития науки. На этих критических узловых этапах ранее формирующейся системы принципов происходит осмысление возросшего объема знания.

Именно такая критическая ситуация наблюдается в почвоведении, науке, прошедшей более чем 100-летний период активного накопления знаний о своеобразном природном объекте – почве – с момента становления почвоведения как науки.

Обновление некоторых положений даст толчок развитию связанного с почвоведением сельскохозяйственного направления использования земельного ресурса, а также решению проблем охраны природной среды, восстановлению лесных ресурсов.

АНАЛИЗ ГЕОГРАФИИ И ЭКОЛОГИИ СЕРОГУМУСОВОГО ГОРИЗОНТА (АУ) В РАМКАХ «КЛАССИФИКАЦИИ И ДИАГНОСТИКИ ПОЧВ», 2004

Н.И. Белоусова

Почвенный институт им. В.В. Докучаева, г. Москва

«Классификация и диагностика почв России» (2004) (далее Кл-04) [1] содержит принципиально новые положения. Самым важным представляется разделение минеральных гумусовых горизонтов на несколько *качественных категорий*. Один из таких горизонтов – серогумусовый (АУ).

Цель работы – на основе информации и принципов Кл-04 выявить сложности и противоречия, наметить пути дальнейшего исследования горизонта и разработки его диагностики.

Следуя Кл-04, серогумусовый горизонт свойственен 14 типам почв, распространенным от западных границ России до восточных. На этой территории развит гумидный, пери- и семигумидный, умеренно-холодный и умеренно-теплый, умеренно-кон-

тинентальный, континентальный и резко континентальный климат, распространена и отсутствует многолетняя мерзлота. Горизонт не формируется в экстраконтинентальных, холодных, аридных и семиаридных условиях независимо от наличия или отсутствия при этом многолетней мерзлоты.

Горизонт АУ формируется под разной растительностью. В названных пределах развиты хвойные леса (еловые, сосновые, лиственничные, смешанные), мелколиственные (берзовые, осиновые, ольховые, смешанные), широколиственные (главным образом, дубовые) и разнообразные хвойно-лиственные; наземный покров может быть травянистым, злаковым, папоротниковым и т.д.

Из сказанного следуют выводы:

1. По версии Кл-04, почвы с серогумусовым горизонтом охватывают огромную и разнообразную территорию и являются, по-видимому, самыми распространенными в средних широтах России и, вероятно, всего Северного полушария Земли.

2. Горизонт АУ занимает несоизмеримо большее пространство и более широкую экологическую нишу, чем любой тип почвы или даже группа родственных типов почв с этим горизонтом (например, все почвы с горизонтом АУ **текстурно-дифференцированного** отдела).

3. Формирование горизонта АУ под разными типами леса резко противоречит представлениям, господствующим в лесном почвоведении, о тесной связи гумусового горизонта с типом леса [2-3, 5 и др.].

4. Серогумусовый горизонт АУ не дифференцирует почвы в географическом и экологическом пространстве.

5. В целом, горизонт АУ **менее сенсорный к изменению факторов почвообразования**, чем отдельно взятый генетический тип почвы.

6. Соотношение трех обязательных процессов-гумусообразователей: 1) поступление на поверхность и в тело почвы отмершей биомассы; 2) ее минерализация и гумификация и 3) превращение **in situ гумифицированных органических соединений в органино-минеральные** – не дифференцированы в очерченном диапазоне экологических условий.

Первые два названных процесса достаточно легко контролируются и исследуются на многочисленных стационарах в сфере лесного почвоведения, лесотипологии и экологии растений [3-5 и др.]; установлена их связь с экологическими (в частности, растительными) условиями. Третий процесс практически не изучен.

Из сказанного следуют два направления дальнейшей работы: 1) поиск признаков или количественных параметров уже известных свойств и/или признаков, разделяющих ныне единый горизонт АУ; 2) поиск (осознание) процессов, которые превращают существенно разные исходные продукты в качественно единый гумусовый горизонт.

ЛИТЕРАТУРА

1. Классификация и диагностика почв России / Л.Л. Шишов и др. Смоленск: Ойкумена, 2004. 341 с.
2. Константинов В.Д. Место и роль почвы в лесных экосистемах // Генезис, эволюция и география почв Западной Сибири. Новосибирск: Наука, 1988. С. 98-115.
3. Ремезов Н.П. О роли леса в почвообразовании // Почвоведение, 1953. № 12. С. 74-84.
4. Чагина Е.Г., Ведрова Э.Ф. Роль живого древесного полога и его опада в современных почвенных процессах под сосняками // Проблемы почвоведения. М.: Наука, 1978. С. 230-236.
5. Чертов О.Г. Экология лесных земель. Л.: Наука, 1981. 190 с.

МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЧЕРНОЗЕМОВ АГРОЛЕСОМЕЛИОРАТИВНОГО КОМПЛЕКСА КАМЕННОЙ СТЕПИ

В.А. Беспалов, Ю.И. Чевердин, Т.В. Титова

Научно-исследовательский институт сельского хозяйства
Центрально-Черноземной полосы им. В.В. Докучаева, Воронежская обл.

С момента создания В.В. Докучаевым агролесомелиоративного комплекса в Каменной Степи прошло 120 лет. Его почвенный покров претерпевал значительные изменения после распашки степи и высадки лесных полос. Черноземы Каменной Степи характеризуются значительным внутрипольным варьированием основных показателей плодородия. Изначально почвы отличались высоким содержанием гумуса в пахотном горизонте и мощностью гумусового слоя в целом. Под влиянием антропогенных и естественных факторов мощность гумусового горизонта с каждым годом изменяется. Для проведения длительных мониторинговых исследований, изучения современного состояния почвенного плодородия назрела необходимость проведения картографирования почвенного покрова на основе закладки отдельных ключевых участков как на пашне, так и в лесной полосе.

Цель наших исследований – изучение пространственного варьирования основных морфометрических показателей черноземных почв агролесомелиоративного комплекса Каменной Степи.

В 2014 г. были заложены мониторинговые участки площадью в пределах 1 га, на которых нанесена регулярная сеть скважин ручного бурения через каждые 25 м. Скважины привязаны с помощью GPS. В процессе бурения устанавливались глубина залегания и мощность горизонтов, определялись подтипы черноземов. В качестве объектов изучения выбраны следующие участки плоского водораздела: а) залежь косимая 1882 г.; б) лесополоса № 40; в) пашня 1952 г. распахки.

С учетом особенностей структуры почвенного покрова получены статистические характеристики варьирования морфометрических показателей черноземов Каменной Степи, отражающих мощность и глубину залегания границ генетических горизонтов (см. таблицу). Данные о пространственной изменчивости свойств почв необходимы для решения разнообразных задач, связанных с изучением изменения свойств почв во времени.

Статистической обработке была подвергнута глубина нижней границы переходного горизонта АВ, численно этот показатель совпадает с общей мощностью гумусового слоя Апах+А+АВ. Результаты статистической обработки данных показывают, что коэффициент вариации мощности гумусового слоя изменяется на исследуемых участках от 14 до 25% (см. таблицу). Минимальным этот показатель оказался в лесной полосе, где за 100-летний период условия почвообразования стабилизировались и значения мощности гумусового горизонта начали выравниваться.

Мощность гумусового слоя в целом, характеризуемая глубиной нижней границы горизонта АВ, лежит в пределах: на пашне – 48-90 см, лесополосе – 60-100 см. Максимум отмечен на залежи, где мощность горизонта АВ достигала 130 см. Для залежи был отмечен и максимальный коэффициент вариации мощности гумусового слоя – 25%, что больше почти в два раза по сравнению с другими объектами.

Статистика распределения показателя мощности гумусового горизонта

Показатели статистики	Залежь	ЛП-40	Пашня
Среднее, см	78.7	73.9	64.4
Стандартная ошибка	4.3	1.6	2.6
Медиана	75	73.5	65
Мода	68	70	70
Стандартное отклонение	19.5	10.4	10.1
Интервал, см	80	40	42
Минимум, см	50	60	48
Максимум, см	130	100	90
Уровень надежности (95.0%)	8.9	3.3	5.6
Коэффициент вариации, %	24.8	14.0	15.6

Высокие средние значения этого показателя для залежи обусловлены повышенной зоогенной активностью мезо- и макрофауны. В результате антропогенеза зоогенная деятельность существенно снизилась. Вследствие этого на пашне и в лесной полосе уменьшилась мощность гумусового горизонта.

Характерной особенностью почв Каменной Степи является значительное варьирование мощности гумусового горизонта. Хотя в целом они остались в градации, характерной для средне-мощных видов. Исключением стали лишь перерывы черноземы залежи, которые в некоторых случаях можно отнести к мощным. При сравнении средних величин нижней границы горизонта АВ (по t-критерию Стьюдента) получены достоверные отличия этого показателя на пашне ($t_{\text{расч.}} = 2.83 > t_{\text{таб.}} = 2.04$) и ЛП-40 ($t_{\text{расч.}} = 5.53 > t_{\text{таб.}} = 2.04$) по сравнению с косимой залежью.

Таким образом, проведенные исследования морфогенетических особенностей почв Каменной Степи под лесными полосами установили тенденцию сохранения мощности гумусового горизонта на уровне степных залежных аналогов.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТЕКСТУРНО-ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫХ ПОЧВ ЮЖНОЙ ЧАСТИ ЛЕСНОЙ ЗОНЫ ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ И ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ РАВНИН

М.В. Бобровский¹, С.В. Лойко², Г.И. Истигечев²

¹ Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,
г. Пушкино

² Томский государственный университет, г. Томск

Крупнейшие ареалы текстурно-дифференцированных почв (ТДП) в Евразии располагаются на Восточно-Европейской и Западно-Сибирской равнинах. Работ по сравнительному анализу различий строения этих почв не так много: наиболее полно в литературе освещены вопросы, связанные с различиями в химических и физико-химических параметрах, компонентном составе почвенного покрова, строении катен. Менее всего изучено разнообразие строения ТДП на морфонном, горизонтном и профильном уровнях организации и его причины.

Цель данной работы – выявить почвенные морфологические элементы, которые можно использовать для сравнительного анализа ТДП двух регионов, включая анализ причин различий (реконструкции истории профилей).

Под морфологическим элементом почвы мы понимаем любой видимый при выбранном способе рассмотрения объект, отделяющийся от вмещающей массы по своим свойствам. Морфологический элемент может иметь разные масштабы в пределах размерности почвенного профиля (горизонт, морфон, кутана) или элементарной почвенной структуры (горизонт, единый для различных почвенных ареалов; крупный полиморфон).

Почвы изучали на юге лесной зоны Восточно-Европейской (ВЕР) (зона широколиственных лесов) и Западно-Сибирской равнин (ЗСР). В пределах этих регионов выбраны районы с близкими условиями почвообразования – возвышенные хорошо дренированные равнины с покровными лессовидными тяжелыми суглинками и глинами. Почвенный покров схож по компонентному составу: преобладающие площади приходятся на дерново-подзолистые и светло-серые почвы, подчиненное положение по площади, а в Западной Сибири – и по рельефу, занимают серые, темно-серые и темногумусовые почвы. Почвы изучали путем заложения разрезов и траншей, а также привлекали опубликованные материалы. В целом, использованы данные более чем по 300 разрезам и 11 траншеям.

Сравнительный анализ проведен по следующим критериям: 1) наличие в профилях следов глубоких ветровалов (западина глубже 80-90 см); 2) наличие темногумусовых морфонов в нижней части элювиальных горизонтов дерново-подзолистых и светло-серых почв; 3) наличие темногумусовых морфонов в срединных горизонтах; 4) форма верхней границы остаточно-гумусового горизонта (второго гумусового горизонта); 5) форма и параметры нижней границы элювиального и субэлювиального горизонтов (верхней границы текстурного горизонта); 6) комки (пятна) ветровальной отсыпки в элювиальных и гумусово-элювиальных горизонтах; 7) останцы текстурного горизонта в элювиальных и гумусово-элювиальных горизонтах; 8) мощность элювиальных и гумусово-элювиальных горизонтов; 9) морфология и частота встречаемости древесных углей в почвенном профиле; 10) количество ходов дождевых червей в гумусово-элювиальных горизонтах; 11) слоистость кутан в средней части текстурного горизонта, покрытие глинистых кутан скелетанами или их переслаивание; 12) степень изменения текстурного горизонта разнообразными процессами (иллювиирование ила, партлювация, турбированность и погребение морфонов вышележащих горизонтов, биогенные поры); 13) совпадение средних максимальных глубин ветровалов с глубиной верхней границы текстурного горизонта; 14) характерный тип морфонно-горизонтного строения профиля

(морфонно-мозаичный, горизонтно-морфонно-мозаичный, монотонно-горизонтный).

Полученные данные значительно расширили описательную базу и позволили перейти к детальному анализу морфогенеза ТДП на этих территориях. Выполненный сравнительный морфологический анализ почв широколиственных лесов ВЕР и почв подтайги и черновой тайги ЗСР показал принципиальную общность морфологических элементов исследованных почв и высокое сходство путей их морфогенеза. При этом показаны различия в частоте встречаемости элементов одного типа в почвах разных регионов, определяющие особенности их современного строения, которые заключаются в частоте встречаемости, количественных и геометрических параметрах почвенных морфологических элементов в почвах разных регионов.

Основные различия между рассмотренными почвами связаны с особенностями их ветровального морфогенеза и разной историей районов исследований в голоцене. Следы ветровалов в фоновых почвах юга лесной зоны ВЕР и ЗСР имеют широкое распространение и были обнаружены во всех исследованных траншеях, а также наблюдались в подавляющем большинстве почв, вскрытых стандартными почвенными разрезами. При этом ареал ТДП Восточно-Европейской равнины испытывал комплексное воздействие человека большей интенсивности, чем западносибирский аналог. Периодическое вовлечение почв в распашку приводило к активизации денудационно-аккумулятивных процессов, а также усилению процессов тонкодисперсной миграции по профилю. Формирование текстурно-дифференцированного профиля влияло и на параметры ветровалов. В результате сопряженного природно-антропогенного генезиса почв во второй половине голоцена были сформированы выявленные различия в строении ТДП юга лесной зоны Восточно-Европейской и Западно-Сибирской равнин.

Исследования частично поддержаны проектами РФФИ № 14-34-50140, № 15-04-03170.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА МЕТОДИК ИЗМЕРЕНИЯ ОБМЕННОЙ КИСЛОТНОСТИ ПОЧВ

Е.В. Ванчикова, Е.В. Кызьюрова, Е.В. Шамрикова, Г.А. Забоева,
Ю.И. Боброва

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

В настоящее время серьезной проблемой почвоведения является отсутствие унифицированных методов определения тех или иных характеристик почв. Среди них – обменная кислотность почв, оцениваемая при решении вопросов химии почв, агрохимии, при инженерно-экологических изысканиях. Республика Коми характеризуется высоким разнообразием таежных почв с кислой и сильнокислой реакцией верхних горизонтов. Поэтому поиск соответствия отечественных методов исследования почв с мировыми стандартами весьма актуален. Сравнительная оценка результатов измерений, полученных по разным методикам, может быть одним из путей решения данной задачи.

В России определение обменной кислотности почв проводят раствором хлорида калия ($c = 1$ моль/дм³) [1, 2]. Измерение общей обменной кислотности почв и ее компонентов регламентирует также методика, используемая зарубежными коллегами (зарубежная методика) [3], согласно которой извлечение обменных ионов из почв проводят раствором хлорида бария ($c = 0.1$ моль/дм³). В прописях различны: отношение массы почвы к объему экстрагента, молярная концентрация и природа катионов в экстрагенте; при титровании – разная молярная концентрация гидроксид-ионов в титранте и рН конечной точки титрования. Приблизительно одинаково в обеих методиках лишь отношение количества эквивалентов ионов K^+ и Ba^{2+} к массе почвы.

Цель работы – выполнение сравнительного анализа результатов измерений показателей обменной кислотности и ее компонентов, полученных с помощью российской и зарубежной методик.

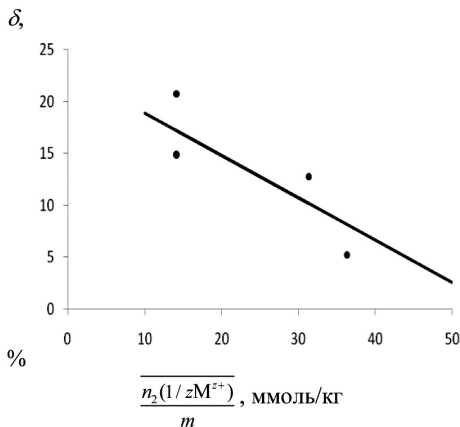
Объекты исследования – четыре смешанных образца минеральных горизонтов почв Республики Коми.

В ходе исследований показано, что потенциометрическое титрование по сравнению с атомно-эмиссионным методом обеспечивает завышение результатов определения кислотности почв, обусловленной обменными ионами металлов, в KCl-вытяжках, и отклонение тем выше, чем ниже кислотность почв (см. рисунок). Данную закономерность можно объяснить тем, что молярная концентрация ионов алюминия в солевом растворе мала (от 1.5×10^{-3} до 5×10^{-3} моль/дм³), а титрование выполняют разбавлен-

ным раствором гидроксида натрия ($c(\text{OH}^-) = 0.02$ моль/дм³). Вследствие этого, чем меньше концентрация ионов алюминия в растворе, тем больший избыток ионов OH^- требуется для полного осаждения гидроксида алюминия.

Содержание обменного Al (III), определенного в KCl-вытяжке, достоверно превышает аналогичный показатель, полученный при экстракции раствором BaCl_2 . Эти различия объясняются более высокой селективностью глинистых минералов к ионам калия (I) по сравнению с ионами бария (II), а также повышенной концентрацией экстрагента при использовании первой методики.

Результаты измерений общей обменной кислотности почв и кислотности, обусловленной H^+ , полученные по отечественной методике, достоверно выше, чем по зарубежной. Вследствие малого содержания ионов H^+ , переходящих из почвы в раствор хлорида бария, погрешность оценки данного показателя равна 100%, что позволяет лишь качественно описывать данную составляющую кислотности почв. Погрешность оценки этого показателя при использовании отечественной методики составляет 50%.



Зависимость относительного отклонения кислотности почв (δ , %), обусловленной ионами металлов, от измеренного по отечественной методике показателя $\frac{n_2(1/zM^{2+})}{m}$.

Относительное отклонение рассчитывали в отношении показателя, измеренного по отечественной методике, от значения, полученного по зарубежной.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 26484-85. Метод определения обменной кислотности почв. М.: Изд-во стандартов, 1985. 10 с.
2. ФР.1.31.2013.16382 Почвы. Методика измерений № 88-17641-094-2013 обменной кислотности потенциометрическим титриметрическим методом / Е.В. Ванчикова, Б.М. Кондратенко, Е.В. Шамрикова, Н.В. Беспярых, Е.В. Кызьюрова, Ю.И. Боброва. Дата выдачи свидетельства 31 октября 2013 г. 23 с.
3. Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forest

// United Nations Economic Commission for Europe Convention on Long-range Transboundary Air Pollution, International Co-operative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests (ICP Forests). Part X. Sampling and Analysis of Soil, 2010. 130 p.

МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА ЛЕСНЫХ ПОЧВ В КЛАССИФИКАЦИИ ПОЧВ РОССИИ

М.И. Герасимова

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва

Приоритет полевой диагностики является основой современных классификаций, что требует полноценного описания профиля. Трудности классифицирования почв в рамках классификации почв России (КПР) [1] при обработке натуральных наблюдений могут быть связаны либо с излишней краткостью описания, либо недостаточным вниманием к тем почвенным свойствам, которые важны для идентификации генетических признаков, следовательно, подтипов, простых или сложных. С диагностикой горизонтов бывает меньше проблем, поскольку их описания в КПР подробнее, хотя и требуют уточнений. Руководство по описанию почв ФАО [5] решает обратную задачу по сравнению с КПР: дается классификационная интерпретация параметров отдельных свойств (окраски, структуры и пр.). Такой подход имеет большое значение для лесных почв, где традиционное в российском почвоведении обращение к процессам не всегда находит адекватное классификационное отражение. Хорошо известно, что почвы таежно-лесной зоны имеют достаточно сложные генетические профили, сохраняющие память не только о событиях в голоцене, но и недавних сменах фитоценозов и других явлениях, и они могут быть отражены в КПР на уровне ниже типа. Анализ публикаций и обращений по диагностике почв позволили выделить таксономически значимые свойства для основных групп почвенных горизонтов.

Верхние горизонты: органо- и гумусово-аккумулятивные. Для органогенных горизонтов оценка степени разложения органических остатков, их соотношений и мощности отдельных слоев служат типовыми и подтиповыми критериями. Формы гумуса, часто отмечаемые в лесных почвах, не имеют пока классификационного выражения. Гумусовый горизонт таежно-лесных почв обычно диагностируется как серогумусовый (АУ), хотя диапазон его свойств весьма широк, и для выявления модификаций учитывается примесь разных растительных остатков, обилие ко-

пролитов, угольков, а также сложение, цвет, формы границ, наличие скелетан, грибной микрофлоры; полезными могли бы быть формы гумуса в недавних разработках.

В элювиальных горизонтах (EL) описываются плитчатые структуры, иногда с дифференциацией граней плиток неясной природы, не учитываемой как генетический признак. Учитываются свойства, связанные с перераспределением соединений железа, в самом ярком выражении – микропрофиль подзола; гумусовые пятна (пропитка или ВГГ); следы прежней распахки или оглеения – результата заболачивания вырубок.

В субэлювиальных горизонтах (BEL) основное внимание уделяется формам деградации текстурной толщи: наличию белесых языков, проникающих в горизонт ВТ, где они приобретают сизоватый оттенок, либо постепенному переходу к горизонту ВТ с нарастающим книзу количеством бурых морфонов ВТ в белесой массе EL. Оба варианта могут заменяться относительно однородными слабооглеенными морфонами на контакте горизонтов EL и ВТ или сочетаться с ними. В субэлювиальных горизонтах могут сохраняться агрогенные признаки в структуре и форме границ.

При описании срединных горизонтов суглинистых почв, помимо указания гранулометрического состава в сравнении с выше- и нижележащими горизонтами (расчет Кд), отмечаются обилие и локализация кутан. Оба свойства подтверждают диагностику горизонта как текстурного ВТ, хотя в дальнейшем их количественные проявления не учитываются. Особое внимание к структуре имеет значение для выделения других срединных горизонтов: криометаморфического CRM или структурно-метаморфического ВМ. Для первого имеет значение форма агрегатов, для второго – соотношение почвенных и породных структур. Альфегумусовый (ВНГ) горизонт и его варианты легко диагностируются в подзолах; сложными оказываются случаи его совмещения с текстурным, нередкие в Северном Предуралье, когда приходится оценивать соотношение свойств каждого горизонта [4].

К общим для таежно-лесных почв свойствам относятся признаки оглеения и их место в профиле, оцениваемые по прописи КПР, которые индицируют современные и недавние режимы увлажнения и коррелируют с типами леса; морфометрия горизонтов, нужная для оценки степени смытости почвы, механические нарушения – результаты ветровалов, криогенеза или антропогенные факторы, которые могут сопровождаться артефактами. Свойства не всегда приурочены к определенным горизонтам, что не ограничивает введение генетических признаков – подтипов.

В итоге, при детальном описании профиля для лесных почв на суглинках набирается около 25 генетических признаков, для лесных почв на песках – до 15. Большая часть их имеется в КПР, предлагается ввести и дополнительные. Комбинаторика признаков дает много сложных подтипов, что позволяет максимально полно представить генезис почв и разнообразие почвенного покрова.

ЛИТЕРАТУРА

1. Герасимова М.И., Лебедева И.И. Классификация почв России: направления развития // VI Съезд об-ва почвоведов им. В.В. Докучаева: Матер. докл. Петрозаводск-М., 2012. Кн. 3. С. 50-52.
2. Классификация и диагностика почв России / Л.Л. Шишов и др. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
3. *Острикова К.Т. Полевой определитель почв России. М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева, 2008. 182 с.*
4. Почвы и почвенный покров Печоро-Илычского заповедника (Северный Урал) / Под ред. С.В. Дегтевой, Е.М. Лаптевой. Сыктывкар, 2013, 328 с.
5. Guidelines for soil description. Fourth edition. FAO UN. Rome, 2006. 97 p.

ГЕНЕЗИС И ГЕОГРАФИЯ ТАЕЖНЫХ СЛАБОДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫХ ПОЧВ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Ю.А. Головлева

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва

До настоящего времени не выработана единая точка зрения на генезис и классификацию слабодифференцированных мезоморфных почв подзоны средней тайги Западной Сибири из-за разногласия в их происхождении и неопределенности классификационного положения. В связи с этим задача данной работы – выявление их основных почвообразовательных процессов.

Слабодифференцированные мезоморфные почвы сформировались на пологих холмах древней террасы р. Обь. Материнская порода исследованных почв имеет древне-морское и аллювиальное происхождение. Климат района исследования континентальный, со среднегодовой температурой $-4...-2^{\circ}\text{C}$; в январе средняя температура составляет -20°C , в июне $+18^{\circ}\text{C}$. Годовое количество осадков – 580 мм, с интенсивными дождями с июля по сентябрь. Район исследования относится к зоне островной вечной мерзлоты, однако конкретные участки исследования не имеют признаков вечной мерзлоты вниз до 2 м. В профилях поч-

вы нет гумусово-аккумулятивного горизонта или он очень мало-мощный (2-5 см). Окраска профиля светло-буроватых тонов. Некоторые почвы имеют свидетельства застоя влаги в верхней части профиля, а в двух из исследованных профилей – грунтового оглеения. Почвы имеют небольшие железистые конкреции по всему профилю. Структура почвы в горизонтах ВС и С комковатая, а в горизонте В – прочная гранулированная (так называемая «икряная структура»). 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 сильнокислые, рН в водной вытяжке от 4.0 до 6.1. Минералогический состав глин характеризуется наличием смектита, иллита и каолинита. В горизонтах В есть признаки присутствия вермикулита. Почвы были изучены нами с помощью следующих анализов: микроморфологического исследования в проходящем и отраженном свете, субмикроморфологического исследования под сканирующим электронным микроскопом, анализа глинистой минералогии, а также ряда физических и химических исследований. Кроме обычного описания почв было сделано описание подстилок, которое показало, что все изученные подстилки относятся к одной большой группе инкрустированных, ферментативного типа. По классификации WRB почвы были названы Cambisol и Alisol в зависимости от содержания ила в профиле.

Наши работы позволили выделить ведущие педогенетические процессы на макро-, микро-, субмикроуровнях 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 генезис почв нельзя объяснить лишь процессами иллювиирования 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 указывает на процессы 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.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Богатырев Л.Г.* О классификации лесных подстилок // Почвоведение, 1990. № 3. С. 118-127.
2. *Василевская В.Д.* Почвообразование в тундрах Средней Сибири. М.: Наука, 1980. 236 с.
3. *Гаджиев И.М., Овчинников С.М.* Почвы средней тайги Западной Сибири. Новосибирск: Наука, 1977. 152 с.
4. *Герасимова М.И., Губин С.В., Шоба С.А.* Микроморфология почв природных зон СССР. Пущино: Изд-во ОНТИ Пущинского НЦ РАН, 1992. 200 с.
5. *Соколова Т.А., Дронова Т.Я., Толпешта И.И.* Глинистые минералы в почвах. Тула: Изд-во «Гриф и К», 2005. 336 с.
6. *Таргульян В.О.* Почвообразование и выветривание в холодных гумидных областях. М.: Наука, 1971. 226 с.
7. *Тонконогов В.Д.* О генезисе почв с осветленным элювиальным горизонтом // Почвоведение, 1996. № 5. С. 564-569.

О НОВЫХ ТИПАХ ПОЧВ В ПЕРМСКОМ КРАЕ

О.З. Еремченко, И.Е. Шестаков, С.Е. Максимова

Пермский государственный национальный исследовательский университет,
г. Пермь

Псаммоземы и дерново-элювоземы в Пермском крае ранее не выделялись, их ареалы отсутствуют на почвенных картах [3]. С появлением новой классификации (2004) эти типы почв были диагностированы в пределах Вятско-Камской провинции.

Псаммоземы гумусовые распространены под сосновыми борами на нижних террасах р. Камы, покрытых песчаным аллювием плейстоценового возраста. Формула их профиля: We-(WC)-C(ff)-C(g) [1]. Гумусовый слабо развитый оподзоленный горизонт залегает под лесной подстилкой толщиной в 2-3 см. Мощность горизонта около 4-5 см, представляет собой смесь песка, полуразложившихся древесных остатков и хвойно-мохового подстилочного материала. При его высыхании проявлялась «седоватость», нередко в нижней части горизонта выделялся тонкий (1-2 см) белесый слой. В отдельных разрезах присутствовал переходный горизонт мощностью около 10-12 см, коричневато-бурой окраски, песчаный, бесструктурный, рассыпчатый. Почвообразующая порода – бурый, светло-бурый или рыжевато-бурый песок; на глубинах свыше 0.8-0.9 м обнаруживали псевдофибры толщиной 1-2 мм, более 1 м – слабые признаки глееватости. Псаммоземы имеют сильно кислую реакцию. Содержание гумуса в слабо развитом гумусовом горизонте составляло 4-5%, под ним снижалось до 1.5-2%.

Основной горизонтообразующий процесс [2] в профиле псаммоземов – это формирование грубогумусовых аккумуляций. Кроме того, развивается селективное оподзоливание, приводящее к «седоватости» или появлению тонкой светлой прослойки.

Оцифровка схематической карты лесов М 1:500 000 позволила установить участки сосновых боров на берегах Камского и Воткинского водохранилищ. В почвенном покрове боров доминируют псаммоземы на общей площади около 913 км².

На второй и третьей надпойменных террасах р. Камы под смешанными лесами в пределах абсолютных высот 108-119 м сформировались дерново-элювоземы, у которых верхняя супесчаная толща мощностью 60-70 см резко сменяется слоистыми глинами. Обобщенная формула профиля дерново-элювоземов – АУ-ЕL-Del(g)-D. Серогумусовые горизонты мощностью около 10-11 см имеют буровато-серую окраску и непрочную комковато-пылеватую структуру. Элювиальный горизонт мощностью около 50-60 см, буровато-палевой (в сыром состоянии) окраски, рыхлый, преимущественно бесструктурный, иногда с намечающейся пластинчатостью. В его нижней части отмечается скопление железистых конкреций размером до 2-3 см. Подстилающая глина в верхнем 20-сантиметровом слое на общем буром фоне содержит светлые фрагменты. Иногда присутствуют признаки глееватости. Ниже залегает красновато-бурая глина, бесструктурная, уплотненная, которая переслаивается супесью, изредка встречается мелкая галька.

Дерново-элювоземы характеризуются сильнокислой реакцией, высокой гидролитической кислотностью. Степень насыщенности основаниями составляла всего около 14% в гумусовом горизонте и 7-10% – элювиальном. Содержание гумуса в серогумусовом горизонте находилось в пределах 4-6% и становилось менее 1% в элювиальном горизонте.

Основные горизонтообразующие процессы [2] в дерново-элювоземах – это формирование серогумусовых аккумуляций и селективное оподзоливание. Селективному оподзоливанню подвержена и верхняя часть подстилающей породы, в которой присутствуют осветленные участки мобилизации и выноса железа. В формировании почвенного профиля нельзя исключить процесс редокс-альфегумусовой дифференциации.

Для оценки распространенности дерново-элювоземов была создана цифровая модель рельефа берегов Камского водохранилища с размером пикселя 200 м. С помощью инструмента «Калькулятор растра» ArcGIS 10.1 выделены участки с отметками высот 108-119 м, из них исключены площади, занимаемые псаммо-

земами под сосновыми лесами и болотными почвами [3]. Оставшаяся территория общей площадью 555 км² отнесена к ареалу возможного распространения дерново-элювоземов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Классификация и диагностика почв России / Л.Л. Шишов и др. Смоленск: Ойкумена, 2004. 341 с.
2. Почвообразовательные процессы / Под ред. М.С. Симаковой, В.Д. Тонконогова. М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева, 2006. С. 13-37.
3. Филькин Т.Г., Еремченко О.З., Максимова С.Е., Шестаков И.Е. База геоданных «Почвы. Пермский край». РИНИПИ РАО, 2014. Свидетельство о регистрации электронного ресурса № 19863.

МИКРОБИОМОРФНЫЕ ПРОФИЛИ АВТОМОРФНЫХ СЕВЕРОТАЕЖНЫХ ПОЧВ СРЕДНЕГО ТИМАНА (НА МАССИВНО-КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ПОРОДАХ)

Е.В. Жангуров¹, А.А. Гольева², И.В. Забоева¹

¹Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

²Институт географии РАН, г. Москва

Микробиоморфный анализ представляет собой исследование микроскопических частиц биогенной природы (фитолитов, спикул губок, диатомовых водрослей, пыльцы и спор и др.), имеющих характерную морфологию. Каждая из этих частиц формируется в определенных ландшафтно-климатических условиях, поэтому изучение всей совокупности частиц в образце (микробиоморфного комплекса) позволяет определить специфику генезиса образца. Последовательный анализ колонки образцов (микробиоморфного профиля) делает возможным реконструировать динамику и направленность эволюции природно-ландшафтных условий формирования участка исследований за определенный временной интервал [1].

Цель работы – дать сравнительный анализ содержания и распределения диагностических групп фитолитов в основных типах профилей почв Среднего Тимана, формирующихся на различных почвообразующих породах.

Объектами исследований были выбраны три профиля почв, формирующихся на мелкоземисто-щебнистых продуктах выветривания коренных горных пород (магматических, метаморфических, плотных осадочных) в условиях сглаженно-увалистого и грядово-холмистого рельефа Среднего Тимана. Район исследова-

ний охватывает северотаежную подзону тайги (бассейн верхнего течения р. Вымь). В основе работы были использованы сравнительно-географический и биоморфный методы исследований. Ниже охарактеризованы особенности микробиоморфных профилей различных типов почв Среднего Тимана.

1. Подзол иллювиально-гумусово-железистый. Строение профиля: О-Е-BHF-BC-C. Почвообразующие породы – алевролитовые сланцы. Распределение фитолитов в целом типичное для подзолов – максимум в подзолистом горизонте (Е) при резком уменьшении вниз по профилю (см. таблицу). Присутствие диатомовых водорослей и спикул губок в подзолистом горизонте указывает на периодический застой влаги в весенне-осенний период, что способствует развитию гидрофильной биоты.

2. Ржавозем грубогумусированный. Строение профиля: О-АУ-BFM-BC-C. Почвообразующие породы – базальты, долериты. Распределение фитолитов имеет элювиально-иллювиальный характер (см. таблицу). В нижних горизонтах наблюдается преобладание лесных форм, выше резко возрастает доля луговых злаков, а в верхнем горизонте вновь несколько увеличивается доля лесных злаков при уменьшении луговых. Эти различия отражают следующие изменения растительного покрова в период функционирования почвы: на начальных этапах почва развивалась под хвойно-лиственным лесом, в последствии лес заместился на луг, на

**Общее количество кремниевых микробиоморф, шт./%,
и распределение диагностических групп фитолитов, %**

Горизонт	Глубина, см	Всего	Диатомовые водоросли// Спиккулы губок	Фитолиты, шт./%	1	2	3	4	5	6
Разрез 3-Ж. Почва: подзол иллювиально-гумусово-железистый										
Е	8-16	56/100	3/5//1/2	52/100	68	6	12	12	2	—
BHF	16-20	—	—	—	—	—	—	—	—	—
BC	20-30	2/100	—	2/100	50	50	—	—	—	—
C	30-38	5/100	—	5/100	80	20	—	—	—	—
Разрез 11-Ж. Почва: ржавозем грубогумусированный										
АУ	6-8	57/100	—	57/100	45	21	19	9	3	3
BFM ₁	8-16	95/100	1/1//1/1	93/98	40	22	15	18	3	1
BFM ₂	20-35	21/100	1/5//1/5	19/90	37	21	32	5	—	5
Разрез 21-06. Почва: карбо-литозем темногомусовый										
AU	9-20	1/100	—	1/100	—	—	—	100		
BCca	20-35	2/100	1/50//—	1/50	—	—	100			

Примечание. Цифрами показаны основные группы фитолитов: 1 – двудольные травы; 2 – иглы хвойных; 3 – лесные злаки; 4 – луговые злаки; 5 – осоки; 6 – неизвестные формы.

современном – можно говорить о некотором увеличении лесистости исследуемого участка. На глубине 20-30 см есть спикеры гудок и панцири диатомовых водорослей, что указывает на периодическое переувлажнение почвы над щебнисто-глыбистой толщей коренных горных пород.

3. Карболитозем темногумусовый. Строение профиля: O-AU-BS_{Ca}-C_{Ca}. Почвообразующие породы – известняки. Почва формируется на крутом приречном склоне (20-25°). Содержание всех частиц мало (см. таблицу). В верхнем гумусовом горизонте единично встречаются пыльцевые зерна березы. Фитолитов практически нет, что может быть связано с повышенной порозностью почвы и, как следствие, с высокой миграционной способностью пылеватых частиц, в число которых входят фитолиты. Также малое количество фитолитов может быть связано с молодостью почвы, когда на переотложенном наносе гумусовый горизонт успел сформироваться, а фитолитный профиль – нет.

Полученные результаты могут быть использованы для дополнения информационной базы данных по особенностям распределения микробиомов в основных типах почв европейской территории России и в качестве сравнительного индикатора при решении проблем, связанных с современным и прошлым антропогенным преобразованием ландшафтов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гольева А.А. Микробиомные комплексы природных и антропогенных ландшафтов: генезис, география, информационная роль. М., 2008. 240 с.

ОРГАНО-АККУМУЛЯТИВНЫЕ ЛЕСНЫЕ ПОЧВЫ НА ВОСТОКЕ КОСТРОМСКОЙ ОБЛАСТИ

А.В. Иванов

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва

На востоке Костромской области в пределах части Ветлужско-Унженского междуречья, прилегающей к Северным Увалам, наряду с альфегумусовыми песчаными почвами под сосняками наблюдаются массивы неоподзоленных почв под пологом продуктивных разнотравных ельников. По характеру профиля почвы могут быть отнесены к органо-аккумулятивным (темно-гумусовым и перегнойно-темно-гумусовым). Их образование связано с выходом на поверхность глин триаса. По гранулометрическому составу все почвы относятся к легким опесчаненным суглинкам

с прослоями песка, что обеспечивает их дренаж. Минеральная основа почв – продукт смешивания глин триаса и флювиогляциальных песков. Это подтверждается результатом минералогического анализа илистой фракции, согласно которому в суглинистых горизонтах, включая гумусовые, наблюдается абсолютное доминирование смектитового компонента глин триаса, тогда как в песчаных горизонтах преобладают гидрослюды. Присутствие смектитового компонента определяет богатство почв основаниями, что препятствует морфологическому проявлению подзолообразования. В то же время это обеспечивает продуктивность почв, развитие разнотравного напочвенного покрова, способствует процессу гумусообразования. Все перечисленное определяет хорошие лесорастительные свойства изученных почв.

ПОЧВЫ ГОРНЫХ ПЛАТО КРЫМА ПОД ИСКУССТВЕННЫМИ ЛЕСНЫМИ НАСАЖДЕНИЯМИ

И.В. Костенко

Никитский ботанический сад, г. Ялта

Лесная растительность практически полностью покрывает склоны Главной гряды крымских гор, за исключением селитебной и сельскохозяйственной зон южного берега Крыма, и в то же время довольно слабо развита на горных плато или яйлах [4]. Основными причинами безлесия крымских яйл считаются неблагоприятные погодные явления – обильные снегопады, гололеды и сильные ветры. К примеру, на Ай-Петри наблюдается около 85 дней в году с ветрами более 15 м/с [2], что приводит к сильным повреждениям лесных культур на открытых, не защищенных от ветров участках яйл.

Опыт облесения крымских нагорий, которое наиболее интенсивно проводилось в период с 1957 по 1970 г. [1], подтвердил ключевую роль климата в успехе этого процесса. Многие лесопосадки наиболее распространенной в таких насаждениях сосны крючковатой в настоящее время характеризуются сильной поврежденностью деревьев обильными снегопадами, наличием большого количества сухостоя и ветровала, что является подтверждением исходной безлесости большей части крымских яйл и свидетельствует о необходимости избирательного подхода к размещению лесных насаждений с учетом рельефа территории. В то же время наличие больших массивов искусственных лесных насаждений различных древесных пород представляет собой

неоценимую экспериментальную базу по изучению влияния леса на свойства исходных горно-луговых черноземовидных почв в условиях избыточного увлажнения крымских нагорий, на которых выпадает от 1 тыс. до 1200 мм осадков в год. Подобные исследования, массово проводившиеся в степной и лесостепной зонах равнин [3], свидетельствовали, как правило, о положительном влиянии лесных насаждений на черноземы, что привело даже к появлению в литературе термина «чернозем лесоулучшенный» [5].

Наши исследования проводились на целинных участках горно-луговых черноземовидных почв и под искусственными лесными насаждениями на луговых почвах сосны крючковатой, лиственницы, березы, клена и фундука. Изучалось влияние облесения на макроструктуру почв, кислотность и состав обменных катионов.

Результаты изучения макроструктуры показали, что под влиянием лесной растительности, прежде всего сосны, произошла трансформация комковато-зернистой структуры, свойственной почвам дернового типа, в глыбисто-крупноореховатую. Причем такие изменения прослеживались по всему профилю почв, начиная с горизонта Ad, хотя в лесных почвах Горного Крыма – буроземах, ореховатая структура приурочена, как правило, к центральным частям профиля. В результате почвы под сосновыми насаждениями содержали в слое 0-20 см 89% агрегатов крупнее 10 см, а под лугом – 41%. Под лиственными культурами заметных изменений почвенной макроструктуры не выявлено.

Показатели кислотности почв под всеми лесными насаждениями в той или иной степени превышали величины соответствующих показателей под лугом. Наиболее сильный подкисляющий эффект наблюдался под лиственницей, где уровень pH_{KCl} в пределах профиля колебался от 3.86 до 4.07, а гидролитическая кислотность – от 10.0 до 15.9 смоль(+)/кг, тогда как вблизи этих насаждений под луговой растительностью величины pH_{KCl} находились в пределах 4.32-5.46, а гидролитической кислотности – 2.0-7.1 смоль(+)/кг. Пропорционально увеличению кислотности наблюдалось уменьшение общего содержания оснований и снижение их удельного веса в составе поглощенных катионов, поэтому в почве под лиственницей по сравнению с почвой под луговой растительностью такие изменения были выражены наиболее сильно. Среднее по профилю содержание оснований под лесом составило 16.5 смоль(+)/кг, а насыщенность – 57%, тогда как под лугом – 24.0 смоль(+)/кг и 86% соответственно.

Согласно полученным результатам, явные признаки трансформации исходной комковато-зернистой структуры в комковато-ореховатую и резкое увеличение кислотности под искусственными лесными насаждениями на горно-луговых почвах крымских яйл наблюдаются уже через несколько десятков лет после высадки древесных культур. Из этого следует, что горно-луговые почвы, распространенные на большей части нагорий, изначально формировались под травянистой растительностью, подтверждая тем самым исходную безлесость яйл, обусловленную их особым климатическим режимом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вагрова Л.А., Гаркуша Л.Я. Искусственные лесонасаждения в Крыму // Экосистемы, их оптимизация и охрана, 2009. Вып. 20. С. 134-145.
2. Климат и опасные гидрометеорологические явления Крыма / Под ред. К.Т. Логвинова, М.Б. Барабаш. Л.: Гидрометеиздат, 1982. 318 с.
3. Костенко І.В. Вплив штучних лісових насаджень на властивості гірсько-лучних чорноземовидних ґрунтів Ай-Петринської яйли // Ґрунтознавство, 2010. Т. 11. № 3-4(17). С. 46-54.
4. Подгородецкий П.Д. Крым: природа. Симферополь: Таврия, 1988. 192 с.
5. Травлев А.П. Лес как фактор почвообразования // Ґрунтознавство, 2008. Т. 9. № 3-4. С. 6-26.

ТЕМНОГУМУСОВЫЕ ГИДРОГЕННО-АККУМУЛЯТИВНЫЕ МЕРЗЛОТНЫЕ ПОЧВЫ ПОДТАЕЖНЫХ ЛЕСОВ МОНГОЛИИ

Ю.Н. Краснощеков

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

В нижних частях склонов теневых экспозиций на контакте с луговой степью в условиях подтаежных лиственничных, березово-лиственничных и березовых лесов с хорошо развитым травяным покровом формируются своеобразные почвы с повышенной увлажненностью нижней части почвенного профиля. Напочвенный покров, представленный лугово-лесным разнотравьем, способствует интенсивному развитию гумусово-аккумулятивного процесса и образованию с поверхности относительно мощного темноокрашенного гумусового горизонта. Местообитания этих почв отличаются повышенным увлажнением за счет близкого залегания многолетней мерзлоты, бокового подтока по уклону местности, а также относительно тяжелым гранулометрическим составом почвообразующих пород. Повышенная влажность ниж-

ней части профиля в течение всего теплого периода года – одно из условий для развития глеевого процесса. Однако в большинстве случаев в рассматриваемых почвах оглеенность отсутствует. Развитие гумусово-аккумулятивного процесса в сочетании с воздействием пресных грунтовых вод на нижнюю часть почвенного профиля при хорошем дренаже приводит к повышению увлажненности почвы без ее заболачивания и формированию современного гидрогенно-аккумулятивного профиля.

В более суровых местообитаниях, на контакте с пойменными лугами, под гумусово-аккумулятивной частью профиля, почвообразующая порода часто несет признаки глееватости в виде сырых и ржавых пятен.

Для морфологического строения почв характерно присутствие маломощной лесной подстилки (1-2 см), под которой расположен темnogумусовый горизонт AU мощностью 20-35 см. Он имеет черную, черно- или темно-бурую окраску. За ним часто следует горизонт AUC буровато-коричневого или серовато-бурого цвета, постепенно переходящий в материнскую породу. Общая мощность аккумулятивной части (AU+AUC) профиля составляет 25-45 см. Строение профиля типа: O–AU–AUC–C (Cg). Почвенный профиль имеет признаки длительного воздействия криогенных процессов, что проявляется в слоисто-мелкозернистой структуре горизонтов AU и AUC. Глубина оттаивания почв, по данным стационарных исследований, составляет 140-200 см [2].

Гранулометрический состав изученных почв средне- и тяжело-лусуглинистый с довольно равномерным распределением фракций по профилю. Во всех почвах присутствует скелетная фракция, содержание которой в нижних горизонтах достигает 70-80%. Увеличение каменистости в нижней части профилей связано с поступлением обломков с делювиальными потоками с верхних частей склона.

Верхние горизонты неоглеенных почв имеют слабокислую реакцию среды, а нижние минеральные – слабощелочную и щелочную. Глееватые – отличаются кислой и сильнокислой реакцией нижних минеральных горизонтов. Почвы характеризуются высоким содержанием гумуса в поверхностном гумусово-аккумулятивном горизонте AU (11.9-15.0%). С глубиной его количество заметно уменьшается. В составе гумуса преобладают гуминовые кислоты ($C_{г.к.}/C_{ф.к.} = 1.18-1.96$). Отношение C/N составляет 11-13, что указывает на высокую степень гумификации органического вещества. В составе поглощенных катионов преобладают кальций и магний при незначительной доле водорода. Показатели гидролитической кислотности для данных почв невысокие при максимуме в органогенных горизонтах.

Таким образом, формирование профилей изученных почв происходит при проявлении следующих элементарных почвообразовательных процессов: подстилкообразование; гумусообразование – образование относительно мощного гумусового горизонта с высоким содержанием гумуса гуматного и фульватно-гуматного составов; гидрогенно-аккумулятивный – связанный с воздействием пресных грунтовых вод на нижнюю часть профиля; выщелачивание; развитие почвенного криогенеза и проявление с ним оглеения. В соответствии с вышеизложенным, почвы, согласно новой классификации почв России [1, 3], относятся к отделу органо-аккумулятивных, к типу темногоhumусовых, подтипу гидрогенно-аккумулятивных мерзлотных почв, который предлагаем ввести в классификацию. В зависимости от выраженности криогенных процессов и характера влагообеспеченности выделены типичные и глееватые подтипы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Классификация и диагностика почв России / Под ред. Г.В. Добровольского. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
2. Краснощеков Ю.Н., Гомбосурэн Н. Изменение лесорастительных условий под влиянием рубок главного пользования и лесных пожаров в подтаежных лиственничниках // Леса МНР. М.: Наука, 1988. С. 16-49.
3. Острикова К.Т. Полевой определитель почв России. М., 2008. 182 с.

ЗОЛОВЫЕ И ПИРОГЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ В ПОЧВАХ СЕВЕРНОЙ ТАЙГИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

И.В. Крицков, Л.И. Герасько

Национальный исследовательский Томский государственный университет,
г. Томск

Для почвообразующих пород севера Западной Сибири (ЗС) характерны песчаные отложения различного генезиса: флювиогляциальные, аллювиальные, озерно-аллювиальные, эоловые. Они слагают формы рельефа различного возраста: плейстоценовые и современные. Эоловые формы рельефа, представленные древними материковыми дюнами, характерны для Пур-Тазовского междуречья. Установлено [1], что в послеледниковое время был период активизации эоловых процессов, когда в короткую ксеротермическую фазу формировались различные формы рельефа, в том числе и дюны.

Современные эоловые процессы протекают с меньшей интенсивностью. Однако, при ликвидации органогенных горизонтов

(в силу различных причин) идет чрезвычайно быстрое разрушение профиля. В северной тайге (СТ) ЗС дефлированные и эолово-аккумулятивные почвы занимают значительные территории и образуют сложные полосчатые ареалы вдоль берегов обрывов рек, вокруг озерных котловин. Они также широко распространены в лесоболотной зоне в бассейнах Пура, Надыма, Пякопура, Сургутском полесье [2]. На площадке в 1 тыс. км² было обнаружено три раздува площадью более 1 км² и 27 участков, площадь которых варьирует от 0.2 до 0.5 км². Раздувание песка сопровождается образованием специфических эоловых форм рельефа (эоловые гряды, дюны, холмы) с погребением уже сформированных почв. При проведении мезоморфологического анализа торфов обнаружено большое количество минеральных примесей в органических горизонтах, наличие которых обусловлено эоловым переносом частиц. Их распределение неравномерно по всей мощности торфяной залежи, что свидетельствует о периодах с различной степенью активности эоловых процессов. Снижению активности дефляции способствует наличие сцементированных иллювиально-железистых горизонтов, присутствие в почве фракций крупного песка, близкое стояние грунтовых вод.

Практически все рыхлопесчаные почвы СТ ЗС неоднократно испытывали периоды интенсивной дефляции, что отчетливо фиксируется в профиле современных почв в виде прослоек окатанного крупнопесчаного материала, их образование связано с выдуванием, в первую очередь, мелко- и среднезернистых песков, при этом более крупные частицы, отлагаясь в небольшую прослойку, образуют защитный противодефляционный экран, который минимизирует дальнейшее раздувание. Скелетность в таких прослойках составляет порядка 10%, в то время как во вмещающих горизонтах она не превышает 1%.

Одним из ведущих процессов, приводящих к дефляции, является пирогенез, который приводит к деструкции растительного напочвенного покрова и повреждению или уничтожению древесного яруса, снижающих силу и скорость ветра. Процессы пирогенеза довольно широко развиты в таежной зоне, они оказывают прямое (усиление минерализации органического вещества, понижение почвенной кислотности и т.д.) и косвенное действие на почвообразование (обнажение верхних горизонтов, изменение альbedo поверхности почвы и т.д.). А.П. Чевычелов [3] предложил рассматривать пирогенез как самостоятельный фактор почвообразования, так как он оказывает огромное влияние на изменение состава, свойств и режимов лесных почв. Следы пожаров были обнаружены нами во всех исследованных почвах в виде

включений угольков, а иногда и углистых прослоек мощностью до 2 см, что указывает на полное выгорание органогенных горизонтов и образование пирогенных.

В настоящее время важным ландшафтным процессом в СТ, отвечающим за формирование СПП, являются сопряженные процессы дефляции, переноса и аккумуляции песчаных наносов. При анализе снимков 1960 г. и современных было установлено, что существовавшие в 1960-е гг. песчаные раздувы до сегодняшнего дня практически не изменили свою форму и площадь, что говорит об их достаточно стабильном существовании. В местах линейных сооружений отчетливо наблюдается увеличение площадей нарушенных территорий, которые могут быть подвержены дефляции. Причем зарастание растительностью дефлированных пустырей практически не происходит, что связано с низкой способностью к самовозобновлению нарушенных участков.

Таким образом, в формировании почвенного покрова СТ ЗС важную роль занимает эоловый перенос, активизирующийся вследствие ряда причин: пирогенез, техногенные нарушения, подрезание склонов водотоками и т.д. При этом происходит формирование погребенных и наложенных профилей почв, разрушение верхних горизонтов сформированных почв, что требует изменения в подходах к определению их классификационной принадлежности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Земцов А.А. Перевывание песков на севере Западно-Сибирской равнины // Вопросы географии Сибири. Томск, 1962. № 4. С. 81-91.
2. Земцов А.А. Геоморфология Западно-Сибирской равнины (северная и центральная части). Томск: Изд-во Томского ун-та, 1976. 344 с.
3. Чевычелов А.П. Пирогенез и горно-таежное континентальное гумидное автоморфное почвообразование на Северо-Востоке Азии (на примере Южной Якутии). Новосибирск: СО РАН, 1997. 34 с.

НЕКОТОРЫЕ МЕХАНИЗМЫ ФОРМИРОВАНИЯ МОРФОНОВ В СЕВЕРОТАЕЖНЫХ ПОДЗОЛАХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Д.М. Кузьмина¹, С.В. Лойко¹, М.В. Бобровский², Г.И. Истигечев¹,
И.В. Крицков¹

¹Томский государственный университет, г. Томск

²Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,
г. Пушкино

В таежной зоне Западно-Сибирской и Восточно-Европейской равнин встречаются языковатые и карманистые подзолы. Их отличительной чертой является морфология нижней границы элю-

виального горизонта. На вертикальном срезе она выглядит как слабоволнистая линия, перемежаемая внедрениями материала горизонта Е в гор. ВF/ВНF в виде языков или карманов. Существует несколько гипотез происхождения этих морфонов:

1). Засыпка материала элювиального горизонта по ходам корней деревьев по мере разложения корня.

2). Морозобойное растрескивание и засыпание в трещины материала элювиального горизонта.

3). Кριοконвективная деформация по механизму Артюшкова (1965), когда вышележащая более плотная порода под действием силы тяжести вытесняет легкую, при условии разницы в объемном весе в пределах $0.1-0.3 \text{ см}^3$.

4). Вывалы деревьев и последующее нивелирование ветровальных западин и бугров. Дерево вместе с выдергиваемыми корнями захватывает массу горизонта ВF, на место которой засыпается материал гор. Е.

Нами предпринята попытка соотнесения описанных механизмов формирования и морфонов на примере западносибирских северотаежных иллювиально-железистых подзолов, которые и выступили объектами исследования. Район работ расположен на северных отрогах Сибирских увалов в бассейне р. Пякуপুর.

В изучаемых почвах присутствуют все перечисленные образования (языки, карманы, парцеллярные и вихревые мозаики, извилистые языки). При разделении языков и карманов использованы следующие критерии. На вертикальном срезе языки имеют вытянутую форму, медленно сужаются книзу, на горизонтальном срезе – округлую. Отношение длины к ширине составляет 20-30. Имеют глубину до 130-160 см, ширина в средней части 5-7 см. У карманов отношение длины к ширине меньше 10, глубина в среднем около 35-45 см, редко до 1 м, ширина в средней части больше 7 см.

Очевидно, что все перечисленные механизмы: морозобойное растрескивание, ветровалы и их последующее нивелирование, ризотектоника и конвективные деформации протекают в природе, и для каждого почвенного ареала можно установить набор преобладающих механизмов. Так, отмечено, что при более глубоко залегании грунтовых вод лучше развиты языки, что, по мнению авторов, связано с различным возрастом геоморфологических уровней и разным проявлением конвекции.

Проведенные исследования подтвердили, что в зависимости от условий рельефа преобладают одни или другие текстуры.

Собственно языковатые подзолы встречены на ограниченной площади, и формирование языков в них связано с отмыванием и

переносом соединений железа под воздействием фильтрующихся вдоль корневых систем вод.

Отсутствуют языки и карманы в подзолах с гор. BF/Ort на террасах с близким залеганием грунтовых вод. Вместо карманной границы формируется размыто-пыльчатая. Близкое залегание УГВ и ортзанда играют роль упора и не дают корням проникать вглубь, поэтому при вывале граница нарушается незначительно.

Горизонтальные срезы показали, что карманы и языки не являются засыпками по морозобойным трещинам, так как имеют форму «лунок», которые могут соединяться в верхних частях, что на мелких срезах создает впечатление трещины. Однако такая форма соответствует скорее крупному горизонтальному корню сосны с отходящими вглубь вертикальными корнями,лости от которых засыпаются материалом гор. Е после ветровала. Крюконвективный механизм также не участвует в формировании карманов, так как для этого нет физических условий. Этот механизм приводит к формированию вихревых мозаик в подзолах понижений.

Единственный механизм, адекватно описывающий формирование карманов в подзолах междуречий, – ветровалы, когда отдельные корни при вывале затрагивают гор. BF, после чего образуются карманы. Согласно проведенным измерениям, их глубины сопоставимы с глубинами выдернутых корней с налипшим гор. BF на современных ветровалах.

На ключевом участке в сосняке лишайниковом и кустарничково-лишайниковом ветровальные почвенные комплексы занимают около 0.7% от площади участка. При такой плотности за 9 тыс. лет примерно до 50% территории могло быть пройдено вывалами. Это соотносится с тем, что не все изученные подзолы имеют карманы. На месте ветровальных западин, у которых дно заложено в толще гор. BF, после зарастания формируются не карманистые подзолы, а имеющие в срединном горизонте мозаику из материала гор. E+BF.

О МЕТОДИКЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЯ И МОНИТОРИНГА ЛЕСНЫХ ПОЧВ БЕЛАРУСИ

В.В. Лапа¹, А.Ф. Черныш¹, Ю.П. Качков²

¹ Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси, г. Минск

² Белорусский государственный университет, г. Минск

Лесные почвы Беларуси весьма разнообразны и отличаются происхождением, условиями увлажнения, гранулометрическим составом почвообразующих пород, физическими и химическими свойствами, определяющими продуктивность произрастающих древостоев. Полевая съемка лесных почв в масштабе 1:10 000 на основе аэрофотоснимков или копии планшетов лесоустройства выполнена практически на всей лесопокрытой площади территории Беларуси. Особую роль при дешифрировании аэрофотоснимков и диагностике различий почвенных контуров играет наличие древесных пород с избирательной требовательностью к почвенным условиям (ель, ясень, дуб, липа, граб, клен, ольха). Наличие их на фоне доминирующих в Беларуси сосновых и березовых лесов служит хорошим дешифровочным признаком для выделения контуров на разных почвах. Различия в признаках почв определяются косвенно на снимках на основе различий признаков древостоев. На каждый отдешифрированный контур переносят основную характеристику древостоя: состав, тип леса, бонитет. На подготовительном этапе осуществляется также промер квартальных просек и окружных границ с разбивкой в натуре пикетажа через 100 или 200 м, благодаря которым осуществляется более точная привязка закладываемых разрезов, полуюм и прикопок.

В местах закладки разрезов кроме традиционного детального описания почв по горизонтам, особенностей рельефа и местоположения участка подробно характеризуют все ярусы растительности: наземный покров, подлесок, древостой. Для древостоя определяют состав, возраст, бонитет, высоту, диаметр и тип леса. Это позволяет определить лесорастительный эффект каждой почвенной разновидности, коренной для нее тип леса, перспективную породу, средний состав формирующихся древостоев, направление смены пород. Каждый участок оценивается также по количественным и качественным показателям. При качественной оценке выявляют типологическую структуру, состав древостоев, а при количественной – анализируют структуру бонитетов. Как правило, в пределах одной разновидности почв доминирует один тип леса. Однако если разновидность характеризует условия пе-

рехода от одного типа леса к соседнему в экологическом ряду, на ней могут располагаться два типа леса.

Конечной целью картографирования лесных почв, помимо составления почвенной карты, является правильное определение и оценка условий местопроизрастания лесотипологических групп и использование надежной экологической основы для осуществления комплекса лесохозяйственных мероприятий. В процессе картографирования подбирают и характеризуют лучшие эталонные древостои для всех почвенных лесотипологических групп.

В настоящее время ведение лесного хозяйства Беларуси осуществляется на почвенно-типологической основе, т.е. с учетом почвенно-типологических групп (ПТГ). Они объединяют почвенные разновидности с однородным или близким лесорастительным эффектом, определяемым климатическими условиями, генезисом почвообразующих пород, плодородием почв, орографическими и гидрографическими условиями, и соответствующими им типами леса и лесными ассоциациями. На территории республики выделено 56 почвенно-типологических групп, для каждой из которых определены перспективные (целевые) древесные породы. ПТГ являются экологической единицей условий местопроизрастания и одновременно хозяйственной единицей с однородным целевым направлением комплекса хозяйственных мероприятий. С учетом выделенных ПТГ составляется карта рационального размещения древесных пород, позволяющая на основе экологических, экономических и хозяйственных факторов выбрать перспективные главные и сопутствующие породы.

Завершение почвенной съемки лесных почв республики позволяет организовать мониторинговые наблюдения за их состоянием с целью выявления изменений состава, строения и свойств почв, влияющих на условия произрастания лесных насаждений. Пункты наблюдений мониторинга земель располагаются равномерно по всей лесопокрытой территории с учетом распространения формаций леса и лесорастительных условий. Как правило, они территориально совмещаются с постоянными пунктами наблюдений регулярной сети мониторинга лесов. Количество пунктов наблюдений мониторинга земель определяется исходя из особенностей почвенного покрова и породного состава лесных насаждений. При этом пункт наблюдений должен располагаться в пределах элементарного выдела с условиями, характерными для произрастания конкретного типа леса, и занимать площадь не менее 1 га. Изучение почвенного профиля и отбор проб почвы производится на пробных площадках квадратной конфигурации с площадью 0.25 га. Привязка пробных площадок осуществля-

ется с использованием спутниковых навигационных систем. Наблюдения за состоянием лесных почв Беларуси проводятся с периодичностью один раз в 10 лет.

ВЕТРОВАЛЬНЫЙ МОРФОГЕНЕЗ ПОЧВ ЧЕРНЕВОЙ ТАЙГИ ЮГО-ВОСТОКА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

С.В. Лойко¹, Г.И. Истигечев¹, М.В. Бобровский², Т.А. Новокрещенных¹

¹Томский государственный университет, г. Томск

²Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,
г. Пущино

Черневая тайга входит в гумидный спектр высотных зон гор юга Сибири и представляет собой осиново-пихтовые высокотравные леса, произрастающие в основном на глубокоподзоленных почвах. В черневой тайге нормальная модель педогенеза значительно модифицирована латеральной и турбационной составляющими. Сравнение почв черневой тайги предгорий и низкогорий показывает, что почвы (элювиальные + текстурные горизонты) в среднем более мощные, чем в менее гумидных районах этих же горных систем и на прилегающих равнинах. Считается, что для почв черневой тайги характерны мощные элювиальные и гумусово-элювиальные горизонты, отличающиеся относительно монотонным строением. Морфологический анализ показывает, что на однородном фоне в горизонтах встречается значительное количество почвенных морфологических элементов (морфонов) с различной контрастностью относительно вмещающего материала (бурые останцы и более крупные морфоны; белесые морфоны («плавающие комки»); локальные ожелезненные либо оглеенные зоны; микрослоистые текстуры перемыва; крупные угольки; язычки (заклинки) в текстурном горизонте; области осветления и др.). Формирование этих морфонов сложно объяснить протеканием «классических» фронтально действующих процессов. Они имеют различный масштаб, от мельчайших элементов, связанных с обломками различных горизонтов в нижней части элювиальных горизонтов, до полиморфонов, формирующих предельные структурные элементы почвенного покрова, которые могут объединяться в элементарные почвенные ареалы. В почвах иных регионов подобные признаки описаны как диагностические для ветровальных явлений. В связи с этим проведено изучение подобных морфологических признаков, с дальнейшей целью определения вклада ветровального морфогенеза в облик почв и почвенного покрова черневых экосистем.

Исследования проводили в черневой тайге Томь-Яйского междуречья, где изучено около 60 разрезов и три траншеи. Также анализировали материалы из черневых лесов Салаира и Кузнецкого Алатау. Оказалось, что признаки ветровалов встречаются практически во всех изученных почвах. Они распределены в диапазоне глубин 0-70 см, иногда и глубже, т.е. в пределах элювиальных и гумусово-элювиальных горизонтов. Такая картина свидетельствует о том, что значительная площадь почвенного покрова подвергалась ветровальным воздействиям, во многих случаях неоднократно, а, следовательно, турбационная модификация нормальной модели педогенеза является фоновой составляющей морфогенеза почв черневых экосистем.

Гранулометрический анализ показал увеличение содержания илистой фракции на несколько процентов в иллювиальных горизонтах под вывалами. Учитывая данные Cornu et al. (2014), а также наши опыты с наночастицами, показавшими возможность протекания лессиважа, полученные результаты являются закономерными и иллюстрируют роль ветровального морфогенеза в формировании текстурно-дифференцированных почв в основном как модуляторов глубины осветления, в меньшей роли – как причин осветления. В ходе работ на траншеях установлена миграция тонкодисперсной фазы по латерали на 4 м. В связи с этим можно сделать вывод, что благодаря вывалам осуществляется связь между латеральной и радиальной модификациями педогенеза, так как вывалы поставляют в первые годы тонкодисперсную взвесь в поток внутрипочвенной верховодки.

Эволюция почв элювиального ряда южной тайги Западной Сибири в субатлантическом периоде голоцена характеризуется усилением выраженности в почвах признаков подзолистого процесса и увеличением доли почв в почвенном покрове с деградировавшим остаточно-гумусовым горизонтом. В изученных микрокатенах от микроводоразделов через склоны ложбин к их тальвегам эволюционно происходит «отступление» почв с остаточно-гумусовыми горизонтами от бортов к центрам ложбин. Как показали полученные при изучении траншей данные, процесс эволюционного «отступления» остаточно-гумусовых горизонтов (для которых характерно и большее содержание илистой фракции) может ускоряться при активизации ветровального морфогенеза. Он приводит к усилению обезыливания, перемещению более осветленных верхних горизонтов вглубь профиля, формированию белесых морфонов и морфем, которые в дальнейшем биотурбационными процессами включаются во вмещающую массу, приводя к общему уменьшению содержания илистой фракции в осветленных горизонтах.

ПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ ЕЛЬНИКА ЧЕРНИЧНОГО В ОКРЕСТНОСТЯХ ГОРОДА АРХАНГЕЛЬСКА

Н.В. Любова, С.В. Любова

Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова,
г. Архангельск

Территория Архангельской области – это волнистая равнина, расчлененная реками Северная Двина, Онега и Мезень и их притоками. Территория в геологическом аспекте представляет фундамент, покрытый четвертичными отложениями, представленными ледниковыми моренами, флювиогляциальными отложениями, элювиальными наносами. Четвертичные отложения сформировали современный рельеф области как совокупность слаборасчлененных моренных равнин, конечно-моренных холмов, приречных и приозерных впадин водно-ледникового и аллювиального происхождения. Почвенный покров области, развившийся под влиянием местных факторов почвообразования: климатических условий, рельефа, растительности с доминированием хвойных лесов, почвообразующих пород, характеризуется разнообразием, но преобладают зональные подзолистые почвы (41.28 %) (табл. 1).

Исследования проводились с целью изучения почвенного покрова моренных холмов. Исследуемый участок площадью 2.5 га в окрестностях г. Архангельска имеет типичный для территории холмисто-моренный рельеф. Вершины холмов плоской или выпуклой формы, склоны преимущественно прямой и вогнутой, высота холмов варьирует от 12 до 20 м, крутизна склонов от 8 до

Таблица 1

**Распределение типов почв в почвенно-земельном фонде
Архангельской области
(материковая часть без НАО и арктических островов) [1]**

Почвы	Площадь	
	тыс. га	%
Подзолистые и подзолы	8718	30.48
Глееподзолистые	3100	10.80
Болотно-подзолистые	6483	22.70
Торфяные болотные верховые	4012	14.18
Торфяные болотные переходные	1507	5.20
Пойменные (аллювиальные)	1379	4.80
Прочие	3409	11.84
Общая площадь	28608	100.00

28°. Гранулометрический состав в разных частях холма неоднородный с включением валунов, в верхней части – это пески и супеси, в нижней – суглинки.

Растительность на вершине холма представлена ельником черничным с моховым покровом. Почвы – типичные подзолистые с отсутствием переувлажнения и низким уровнем грунтовых вод имеют легкий гранулометрический состав, мощность подзолистого горизонта A_2 в почвенных профилях варьировала в интервале 8-20 см, выделялся иллювиально-железистый горизонт B_f разной интенсивности окраски от охристого до ржаво-красного.

На склоне – ельник черничный с небольшой долей проективного покрытия травянистой растительности (10-15%). В этой части холма почва подвергается эрозионным процессам, здесь осуществляется перенос почвенного материала делювиальными водами. На склонах, сложенных суглинистыми почвообразующими породами, сформировались дерново-подзолистые и дерново-литогенные почвы с мощностью гумусового горизонта A_1 в интервале 6-10 см, а также дерново-поверхностно-глееватые с мощностью A_1 в интервале 12-23 см. В нижней части профиля последних отмечали признаки оглеения на глубине более 40 см.

Растительность подножья холма представлена ельником чернично-разнотравным, проективное покрытие травянистого покрова составляет 60-70%. Подножье холма характеризуется формированием почв в условиях периодического или постоянного избыточного увлажнения, в почвенном профиле которых отмечается развитие восстановительных процессов. В ниж-

ней части холма исследуемой территории сформировались дерново-грунтово-глееватые и перегнойно-грунтово-глеевые почвы с признаками оглеения в иллювиальном горизонте на глубине от 30 до 62 см. В понижениях, подстилаемых тяжелыми суглинками, развиты болотные почвы с мощностью торфяного горизонта от 15 до 70 см. Соотношение долевого участия различных типов и подтипов почв на исследуемом участке представлено в табл. 2.

Таблица 2
Распределение типов и подтипов почв на исследуемом участке

Тип	Доля, %
Подзолистые	52.0
в том числе подзолистая	38.7
глееподзолистая	8.3
дерново-подзолистая	5.0
Дерново-литогенные	12.5
Дерново-глеевые	10.0
Болотно-подзолистые	14.6
Болотные низинные	7.6
Болотные верховые	3.3

ЛИТЕРАТУРА

1. Варфоломеев Л.А., Цимбалюк Г.А. Почвенно-земельный фонд Архангельской области как составляющая землепользования // Почва как природный ресурс Севера. Архангельск: Изд-во АГТУ, 2005. С. 34-40.

**ПОЧВЫ НИЗКОГОРНЫХ ЛАНДШАФТОВ
СЕВЕРОТАЕЖНОЙ ПОДЗОНЫ КАРЕЛИИ**

М.В. Медведева, Г.В. Ахметова

Институт леса Карельского НЦ РАН, г. Петрозаводск

Почвы Республики Карелия детально изучаются начиная с 20-х гг. прошлого столетия. Однако почвенный покров низкогорных территорий северной части региона, для которых характерна вертикальная поясность природных условий, остается практически не изученным.

В связи с этим цель данной работы – изучение особенностей почвообразования в градиенте высотной поясности.

Комплексные исследования проводились на территории национального парка «Паанаярви». Данная ООПТ расположена в северотаежной подзоне Карелии в лесах Пяозерского лесничества Пяозерского лесхоза. Площадь охранной зоны составляет 6860 га. Геологические особенности территории определили специфические особенности морфоструктуры региона, для которого характерен денудационно-тектонический с низкогорными комплексами тип ландшафта [1]. На территории парка располагаются несколько низких гор, представляющих собой интрузии как ультраосновных перидотит-габброноритовых пород (горы Кивакка и Пяйнур), так и молодых гранитов (гора Нуорунен) [2]. Природные условия района исследований характеризуются низкими температурами, сильными ветрами, непродолжительным периодом безморозного периода, коротким вегетационным периодом, долгосохраняющимся снежным покровом и высокой влажностью.

Для изучения влияния высотной поясности на особенности формирования почвенного покрова на склоне горы Кивакка (высота 499.5 м) были заложены четыре пробные площади (ПП). На каждом участке закладывались почвенные разрезы, а также прикопки для более детального анализа почвенного покрова. Таксономическая принадлежность почв устанавливалась в соответствии с региональной классификацией [3]. Для определения физико-химических свойств образцы почв отбирали из почвенных разрезов по генетическим горизонтам. Лабораторно-ана-

литические исследования выполняли по общепринятым методикам. Данные были получены с использованием оборудования ЦКП «Аналитическая лаборатория» ИЛ Карельского НЦ РАН.

Природные условия нижней части горы соответствуют северо-таежной подзоне, здесь произрастают ельники черничные влажные, V класса бонитета. Установлено, что для подножья (ПП2) и нижней пологой части склона (ПП1) горы характерно развитие типичных зональных почв – подзолов, в основном оглеенных, в сочетаниях с полу- и гидроморфными почвами – оторфованными оглееными подзолами и торфяно-глееватыми почвами. В большинстве случаев профиль почв укорочен (не более 50 см), почвообразующие породы представлены песчаной силезавалуненной мореной.

Выше по склону подзона северной тайги сменяется лесотундрой (ПП3). Здесь произрастают низкобонитетные ельники черничные. Часто встречаются выходы на поверхность коренных кристаллических пород, на которых развиваются примитивные почвы (корковые, органогенные, щебнистые). В почвенном покрове из-за смены химического состава почвообразующих пород, представленного породами основного химического состава, наиболее распространены подбуры, почвы подзолистого типа почвообразования встречаются реже. Для изученных почв характерен укороченный профиль, почвенная толща имеет мощность не более 25-40 см. Из-за обилия осадков и затрудненного стока, вследствие близкого залегания коренных пород, лесная подстилка почв часто оторфована и в верхней части профиля проявляются следы оглеения.

Для верхней части склона характерны условия тундровой зоны (ПП4). Растительность представлена единичными соснами и елями тундровой формы, зарослями карликовой березы и ивы, кустарничками. В почвенном покрове в основном преобладают примитивные почвы, которые формируются на выходах кристаллических горных пород. На маломощном слое рыхлых отложений и в распадах между камнями встречаются горные подбуры и горные подзолы. Почвенная толща данных почв не превышает 20-30 см.

В результате исследований были изучены особенности почв в градиенте высотной поясности, принадлежащие к разным природным подзонам – северной тайги, лесотундры и тундры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Волков А.Д., Громцев А.Н., Еруков Г.В. Экосистемы ландшафтов запада северной тайги (структура, динамика). Петрозаводск, 1995. 194 с.

2. Лавров М.М. Гипербазиты и расслоение перидотит-габро-норитовые интрузии докембрия Северной Карелии. Л.: Наука, 1979. С. 51-101.
3. Морозова Р.М. Лесные почвы Карелии. Л., 1991. 184 с.

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ИЛИ ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ПОЧВ – ПОИСКИ КОМПРОМИССА

М.А. Надпорожская¹, О.Г. Чертов²

¹ Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург

² Бингенский политехнический университет, г. Бинген на Рейне, Германия

Важный и еще недостаточно разработанный аспект классификации почв России – детальность оценки качества и профильной локализации органического вещества лесных почв. Генетические классификации анализируют результаты действия среднескоростных и медленных почвенных процессов, приводящих к образованию ясно выраженных диагностических признаков. Это преимущественно срединные органоминеральные и минеральные горизонты. При таких временных масштабах органогенные горизонты, наиболее лабильная часть почвенной системы, рассматриваются обобщенно. Но для экологических исследований лесных почв важно детальное изучение органопрофиля с акцентом на качество органических горизонтов. Рассмотрим историю классификационных определений поверхностных органогенных горизонтов. В классификации почв СССР 1977 г. выделено два типа органогенных горизонтов. Первый – лесные подстилки (с подгоризонтами Ao', Ao'', Ao'''), формирующиеся в условиях нормального увлажнения, мощностью 2-10 см (только морфологические характеристики: цвет, сохранность первичных элементов опада, степень разложения). Второй тип, включающий торфянистый (10-30 см) и торфяный (30-50 см) горизонты – выделяли для переувлажненных почв. В классификации почв России 2004 г. выделено уже семь видов диагностических органогенных горизонтов, но по тому же принципу: три для условий нормального увлажнения, и четыре – для избыточного. Из количественных критериев оставлены мощность, содержание органического вещества и степень разложения опада. Разнообразие органогенных горизонтов лучше отражено в классификации форм (типов) гумуса лесных почв, учитывающей направленность процессов минерализации и гумификации опада, интенсивность биологического круговорота и плодородие лесных почв. Главным количественным критерием принято отношение валовых C/N. Классификация типов гумуса была использована при картировании почв ле-

сов Ленинградской области, а в настоящее время – как концептуальная основа для математических моделей динамики органического вещества почв. Поскольку эта классификация разработана на основе факторной концепции, сейчас она нуждается в доработке и уточнении. Например, по результатам изучения влияния литогенного фактора предлагалось выделить в отдельную классификационную группу подзолы на кварцевых песках. Это предложение не было отражено в классификации почв России. В наших исследованиях обнаружены дополнительные аргументы, подтверждающие особый статус подзолов на кварцевых песках. В генетическом почвоведении лесная подстилка рассматривается только как источник органических кислот для минеральной части профиля почв, а процессы в самой подстилке не принимаются во внимание. Зависимость зольного состава лесных подстилок от свойств почвообразующих пород известна, но до сих пор не исследованы взаимодействия между растворимыми органическими и минеральными компонентами в самих органогенных горизонтах. По классической концепции в процессе гумификации растительных остатков должно происходить относительное накопление азота. В ходе изучения подбуров и подзолов лесов Ленинградской области было достоверно установлено, что для подзолов на кварцевых песках (SiO_2 – 96.0%, Fe_2O_3 – 0.4, Al_2O_3 – 1.7, CaO – 0.1%, MgO – следы) накопление азота по подгоризонтам лесной подстилки, как стадиям трансформации опада, не выражено. Сходные данные для подзолов на кварцевых песках получены голландскими учеными, но не были ими обсуждены. Полагаем, что влияние литогенного фактора на лесные подстилки является опосредованным. Чем меньше полуторных оксидов в почвообразующей породе, тем меньше их в зольном составе органогенных горизонтов. Дефицит соединений алюминия и железа в органогенных горизонтах задерживает проявление процессов адсорбции и соосаждения новообразованных гумусовых веществ на материале лесной подстилки, вследствие этого не происходит относительного накопления азота, т.е. аккумуляция гумусовых веществ и азота в их составе в почвах на кварцевых песках менее выражена не только в иллювиальных горизонтах, но и в органогенных. Роль соединений железа и алюминия в стабилизации азота в органогенных горизонтах еще требует изучения. Полагаем, что найденное нами явление имеет значимое отличие на процессном уровне, и почвы сосновых лесов на кварцевых песках можно выделить как особый вид – подзолы грубогумусные олиготрофные. Этот факт указывает на необходимость более детального классификационного учета свойств системы органогенных и

гумусовых горизонтов (форм гумуса лесных почв), отражающих и генетические различия, и специфику современных процессов («почва момент»).

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке гранта РФФИ 15-04-08707.

ИНТЕНСИВНОСТЬ АЛЬФЕГУМУСОВОГО ПРОЦЕССА В ПОЧВАХ НА ДВУЧЛЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ (НА ПРИМЕРЕ АВТОМОРФНЫХ ПОЧВ УСТЬЯНСКОГО РАЙОНА АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ)

О.А. Никитина

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва

Проведенный анализ интенсивности альфегумусового процесса в почвах на двучленных отложениях позволил сформировать упрощенный подход к диагностике данных почв, занимающих спорное положение в классификации.

По «Классификации и диагностике почв России» [1], почвы на двучленных отложениях Устьянского района представлены в текстурно-дифференцированном отделе, типе подзолистых почв палеоподзолистыми и подзолистыми контактно-осветленными почвами, а также в альфегумусовом отделе, типе подзолов подзолами литобарьерными глинисто-иллювирированными.

Альфегумусовый процесс, под которым понимаем мобилизацию, миграцию и аккумуляцию железа и алюминия преимущественно в виде комплексных соединений с подвижными фульватными фракциями гумуса [2], в почвах на двучленных отложениях, идентифицируется морфологически и с помощью химико-аналитических методов.

Морфологическая диагностика элювиального горизонта с признаками ожелезнения E_lf и срединного горизонта B_f, B_hf указывает на альфегумусовый процесс. В палеоподзолистых и подзолистых контактно-осветленных почвах распространен горизонт E_lf с характерным палевым оттенком, плитчатой или листоватой структурой, легкосуглинистым гранулометрическим составом. Горизонт B_f в подзолах глинисто-иллювирированных литобарьерных может отличаться от классического горизонта в подзолах иллювиально-железистых ярким проявлением горизонтальной делимости и палево-охристым цветом, при этом гранулометрический состав не тяжелее супесчаного. Так как качествен-

ные методы диагностики (определение цвета, гранулометрического состава, структуры) носят субъективный характер и могут быть трудно сопоставимыми с данными других исследователей, применялись химико-аналитические методы диагностики.

Количественный метод полевой диагностики – определение интенсивности альфегумусового процесса как результата взаимодействия миграционных форм железа почв с фенолфталеином и спиртовым раствором Na (метод Филдса и Перротта [3]) – позволил выделить горизонты, в которых происходит накопление миграционных форм железа – BF и E_{Lf}.

Данные химико-аналитической диагностики позволили построить ряды почв на двучленных отложениях по интенсивности альфегумусового процесса через дифференциацию по профилю и количественным значениям параметров железа несиликатных соединений и гумуса; по коэффициенту дифференциации Fe_2O_3 и Al_2O_3 и показателю внутрипрофильной дифференциации Al_2O_3 по отношению к дифференциации Fe_2O_3 .

По дифференциации по профилю и количественным значениям параметров несиликатного железа и гумуса выявлено, что ряд корректно строить по дифференциации железа несиликатных соединений с поправкой на содержание железа и гумуса в почвенных горизонтах. Ряд представлен следующими почвами: подзол иллювиально-железисто-гумусовый (анализировался как эталон процесса) – подзол контактно-осветленный литобарьерный глинисто-иллювиированный – палеоподзолистая – подзолистая контактно-осветленная.

По коэффициентам дифференциации Fe_2O_3 и Al_2O_3 и показателю внутрипрофильной дифференциации Al_2O_3 по отношению к дифференциации Fe_2O_3 построен ряд: подзол литобарьерный глинисто-иллювиированный–подзол контактно-осветленный литобарьерный глинисто-иллювиированный–подзол иллювиально-железистый–палеоподзолистая–подзолистая контактно-осветленная почва.

В обоих рядах палеоподзолистые и подзолистые контактно-осветленные почвы характеризуются наибольшей интенсивностью процесса, что можно объяснить наложением дифференциации по валовому составу и несиликатных форм железа, за счет чего происходит усиление признака в почвах текстурно-дифференцированного ряда.

ЛИТЕРАТУРА

1. Классификация и диагностика почв России / Л.Л. Шишов и др. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.

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

3. *Fields M., Perrott K.W.* The nature of allophane soils: 3. Rapid field and laboratory test for allophane // *New Zealand Journal of Science*, 1966. Vol. 9. P. 623-629.

ФУНКЦИОНАЛЬНО-ДИНАМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ КЛАССИФИКАЦИИ ПОЧВ ЛЕСНОЙ ЗОНЫ

О.Г. Никитин, Е.Д. Никитин

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва

Классификационная проблема в почвоведении является одной из злободневных. К сожалению, ее разработанность недостаточна. Особую дискуссионность вызывает тот факт, что главным объектом классификации являются почвенно-генетические профили, фиксирующие результат почвообразовательного процесса на момент их изучения. Однако нередко случаи, когда почвы со сходными профилями испытывают разнонаправленные изменения во времени. С этим обстоятельством пришлось столкнуться при изучении таежных почв Западной Сибири [2 и др.]. Это побудило нас обратить особое внимание на необходимость специальной разработки функционально-динамических аспектов почвенной классификации, которые бы равноправно отражали текущую жизнь почвы («почва-момент»), наряду с доминирующим описанием по фиксированным признакам почвенных профилей («почва-память» по В.О. Таргульяну). В тени оставался третий аспект – процессуальный, отображающий переход от «почва-памяти» к «почва-моменту».

В этой связи нами использовался новый процессуальный подход к изучению почв [2, 3]. Этот подход к исследованию почвы («почва-процесс») заставил нас обратить внимание на то, что почвенная влага – существенный компонент гидросферы Земли: по М.И. Львовичу [1], ее количество на планете Земля в 70 раз превышает совокупное количество воды во всех реках. При этом оказалось, что новая гидробиологическая методика оценки и регулирования процесса биотического очищения водной среды, или трансформации органического вещества в водных объектах, – биоэстимация – применима и для контроля процесса трансформации органических веществ в почвенной влаге [3]. Биоэстимация помогает выявить нюансы жизнеобеспечения обитающих в почве основных редуцентов, нарушающие воздействия

на них конкретных факторов, и сразу же предложить восстановительные рекомендации, которые входят в биоэстимацию как составная часть. Иногда получаются неожиданные результаты. Так, в пробе почвы, отобранной в 1.5 м от оживленного шоссе, биоэстимация не выявила токсического воздействия. «Благополучие» по токсичности было подтверждено с помощью биотестирования двумя методами: по смертности цериодафний и снижению численности клеток микроводоросли сценедесмус. Оба метода констатировали отсутствие токсичности. Это не означает, что вещественный состав не содержит токсичных веществ, а лишь то, что эти вещества хелатированы молекулами гумуса и не оказывают на основных редуцентов токсического воздействия, как и на тест-объекты. Зато биоэстиматоры выявили неудовлетворительное динамическое обеспечение жизнедеятельности основных редуцентов (требовалось дренирование).

Иногда биоэстимация помогает определить токсичность в неожиданных местах. Так, на территории частного владения огурцы росли на одной грядке искривленными и урожай был ниже, чем на соседнем, хотя агротехника и семенной материал ничем не отличались. Выявлено превышение численности биоэстиматора токсического воздействия на основных редуцентов. Позднее выяснилось, что именно в этом месте в начале освоения данного участка из почвы было извлечено около 300 медных немецких гильз и патронов в магазинах. Известно, что здесь в 1942 г. шли жестокие бои за Москву. На этом клочке земли нельзя выращивать овощи, поэтому рекомендовано разбивать цветники.

При проведении классификации лесных почв по традиционным показателям выявляются идентичные участки, которые могут существенно отличаться по биоэстимационным параметрам, свидетельствующим, в частности, о значительных различиях в трансформации органического вещества. Биоэстимация здесь помогает не ограничиваться констатацией факта нарушения процесса трансформации органического вещества в почвенной влаге, а указать его причину и предложить восстановительные рекомендации, на основе которых разрабатываются мероприятия в соответствии с выявленными нарушениями.

Вышесказанное свидетельствует о том, что классификация лесных почв не должна ограничиваться традиционными параметрами, характеризующими дискретную составляющую, а дополняться классификацией по динамическим параметрам, характеризующим процессуальную составляющую жизни почв с элементами прогноза. Это сделает классификацию лесных почв более точной и содержательной, располагающей функционально-дина-

мической информацией, весьма важной для охраны, рационального использования и рекультивации земель.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Львович М.И.* Мировые водные ресурсы и их будущее. М.: Мысль, 1987. 448 с.
2. *Никитин Е.Д.* Функционально-динамическое почвоведение и земледелие: таежно-лесное почвообразование. М.: МАКС-Пресс, 2013. 575 с.
3. *Никитина О.Г.* Биоэстимация: контроль процесса биологической очистки и самоочищения воды. М.: МАКС-Пресс, МГУ, 2010. 287 с.

ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ АВТОМОРФНЫХ СУГЛИНИСТЫХ ПОЧВ СЕВЕРНОЙ ЛЕСОТУНДРЫ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРО-ВОСТОКА

А.В. Пастухов, Д.А. Каверин

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

Исследования температурного режима автоморфных суглинистых почв проводились в 2008-2011 гг. в подзоне северной лесотундры на двух ключевых участках в окрестностях железнодорожных станций Сейда ($67^{\circ}02'$ с.ш., $63^{\circ}03'$ в.д.) и Пышор ($66^{\circ}53'$ с.ш., $62^{\circ}49'$ в.д.). В лесотундре экологические факторы (соляная и ветровая экспозиция, мощность снежного покрова, наличие/отсутствие многолетней мерзлоты) определяют строение и состав растительных группировок. Территория характеризуется значительно большим разнообразием автоморфных почв, в непосредственном соседстве здесь функционируют таежные подзолистые и тундровые глеевые почвы. На каждом из ключевых участков подробно рассмотрена сезонная динамика температурных показателей для автоморфных почв, формирующихся под тундровым и редколесными сообществами. Почвы развиты на водораздельных пространствах, сложенных с поверхности пылеватыми легкими суглинками.

Летние температурные показатели в верхних горизонтах (0-20 см) лесных и тундровых почв относительно выровнены. Сумма положительных температур на поверхности почв составляет около 900-1000 °С-дней. Однако к глубине 1 м в тундровых почвах суммы положительных температур значительно снижаются (до 300-400 °С-дней). Это объясняется более выраженным охлаждением подстилающих пород в тундровых ландшафтах, где в наветренных позициях возникают условия для формирования многолетнемерзлых пород с разной глубиной положения их кровли.

Почвы тундровых и лесных фитоценозов существенно отличаются по зимним и среднегодовым температурным показателям на фоне выраженной дифференциации снегонакопления.

Почвы редколесий под более мощным снеговым покровом промерзают до глубины 20-30 см, минимальные температуры на глубине 20 см не опускались ниже -0.4°C . В средней части профиля (криометаморфический горизонт) зафиксированы так называемые «нулевые завесы» – субположительные температуры ($0...+0.1^{\circ}\text{C}$), сохраняющиеся до конца января. Минимальные температуры ($-1...-4^{\circ}\text{C}$) в профиле почв редколесий фиксируются в феврале. Оттаивание почв редколесий начинается со сходом снежного покрова (конец апреля–начало мая), в начале июня сезонно-мерзлый слой уже отсутствует. Среднегодовые температуры почв редколесных формаций в интервале глубин 20-100 см составили около $+2^{\circ}\text{C}$.

Промерзание тундровых почв начинается в первой половине ноября, нулевые завесы на глубине 20-50 см сохраняются в течение 1-2 мес. Вся верхняя метровая толща тундровых почв характеризуется существенным зимним охлаждением и промерзанием. Минимальные температуры на поверхности почв обнаруживались в феврале и достигали значений ниже -15°C . Протаивание тундровых почв начинается в мае, средняя часть профиля полностью оттаивает только в июле. Среднегодовые температуры тундровых немерзлотных почв на глубине 20 см варьировали в интервале $1.0-1.7^{\circ}\text{C}$, на 50 см – $0.9-1.4$, на 100 см – $0.7-1.2^{\circ}\text{C}$.

Таким образом, зимний температурный режим обуславливает существенные различия в промерзании почв. Экотонные почвы лесотундры, несмотря на то, что могут находиться на расстоянии десятков метров друг от друга, могут характеризоваться контрастными температурными режимами. Почвы под тундровыми фитоценозами лесотундры сходны с таковыми подзоны южной тундры, а почвы редколесных фитоценозов – с северотаежными. В экотонах наблюдается прямая зависимость между мощностью снежного покрова и температурами почвы, а также глубиной промерзания.

Исследуемые почвы являются важнейшим звеном температурного ряда почв в экотоне «тундра–тайга», где отмечается уменьшение мощности сезонно-мерзлого слоя (СМС) с севера на юг. В южной кустарничковой тундре и кустарничково-лишайниковой лесотундре происходит отрыв СМС от толщи многолетнемерзлых пород; в редколесных ценозах лесотундры происходит постепенное уменьшение его мощности. Кроме того, глубина сезонного промерзания конкретного года определяется степенью

холодности зимы и зависит от температуры воздуха зимнего периода, а также сроков установления снежного покрова.

Исследования выполнены при частичной поддержке проекта TSP «Thermal State of Permafrost».

ЛЕСОТИПОЛОГИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА ПЕСЧАНЫХ ПОЧВ УКРАИНЫ

С.П. Распопина

Харьковский национальный аграрный университет им. В.В. Докучаева,
г. Харьков, Украина

Чрезмерно высокий уровень распаханности территории Украины (в среднем 80%) стал причиной истощения и хронической деградации ее земельных ресурсов. Одним из наиболее эффективных средств, способствующих приостановлению этих негативных процессов, является оптимизация соотношения пашни и экологически стабилизирующих угодий, которая достигается изъятием из сельскохозяйственной эксплуатации деградированных и малопродуктивных земель с последующей их консервацией и трансформацией в лесные и естественные кормовые угодья.

Лесистость территории Украины – 16%, что ниже среднеевропейского уровня. С 2010 г. в стране действует Государственная целевая программа «Леса Украины», в которой предусмотрено в течение шести лет создание 415 тыс. га лесных культур на малопродуктивных землях, выведенных из сельскохозяйственного оборота. Ее реализация позволит, с одной стороны, увеличить лесистость страны (ее нормативный уровень в среднем должен составить 20%), а с другой – оптимизировать структуру земельного фонда Украины. По данным Гослесагентства Украины, на протяжении 2010-2013 гг. для облесения было принято около 210 тыс. га малопродуктивных земель и неудобий, среди которых широкое распространение имеют песчаные местообитания. Основным эдификатором песчаных земель является типичный олиготроф – сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.).

Для оценки лесорастительного потенциала земель на Украине широко применяется метод фитоиндикации (по видовому составу и продуктивности лесных фитоценозов), суть которого выразительно отражает классификационная модель лесов и лесных местообитаний – эдафическая сетка Алексеева-Погребняка. В основу данной двухмерной классификации положены эдафические факторы – трофность (обеспеченность элементами питания) и влажность, в соответствии с которыми она разделена на два ря-

да: трофогенный (включает в себя трофотопы – А, В, С, D) и гигрогенный (гигротопы – 1, 2, 3, 4, 5). Пересечение этих рядов определяет тип лесного участка (эда топ). Эдафическая сетка является основой лесного кадастра Украины и широко используется в практике для экологической оценки почвенно-грунтовых условий лесных местообитаний. В то же время, оценить таким способом нелесные земли довольно сложно, поскольку лесная растительность (как основной индикатор) отсутствует, а ряды сетки количественно не охарактеризованы.

Результаты изучения разных типов песчаных почв (дерновых оподзоленных (дерновых боровых) на древнеаллювиальных песках, дерново-подзолистых на флювиогляциальных и гляциальных песках) показали, что в условиях достаточного уровня увлажнения (свежеватые (1-2) и свежие (2) типы) основными индикаторами их лесорастительного потенциала являются: содержание физической глины (ФГ) и общего калия, а также мощность гумусовой части профиля (см. таблицу).

Количественное увеличение этих почвенных показателей трансформируется в качественный переход от менее к более продуктивному типу сосновых местообитаний в ряду трофотопов: бор-субор-сугруд (и их переходных типов) (см. таблицу). Таким образом, данный ряд эдафической сетки Алексеева-Погребняка охарактеризован количественно, что дает возможность оценить тип лесорастительных условий, а значит, и уровень лесопроductивности нелесных местообитаний. Следует отметить, что простота определения (уже на этапе полевых исследований) одного из показателей – мощности гумусовой части профиля, делает его особо ценным индикатором лесорастительного потенциала

**Диагностические показатели* для определения уровня трофности
песчаных земель Украины (Полесье, Лесостепь, Северная Степь)**

Трофотоп	Параметры диагностических показателей				K ₂ O, %***	Бонитет древостоя (гигротопы 1-2; 2)
	ФГ, %		Мощность гумусовой части профиля**, см			
	Диапазон	Среднее	Диапазон	Среднее		
A	<5	5.1±0.39	<15	12±1.9	<0.03	III-II
AB	≈5		10-15			
B	5-7	6.6±0.27	15-35	21±1.6	0.03-0.06	I-II
BC	≈7		25-35			
C	7-12	9.2±0.77	>35	42±9.3	0.06-0.15	I ^a - I ^b

* Уровень достоверности значений – 95%.

** Мощность гумусовой части профиля включает в себя горизонты с заметным содержанием гумуса.

*** Содержание K₂O по методу Гинзбург.

песчаных почв. Однако подчеркнем, что при достоверной информативности отдельных маркеров их системное использование для лесорастительной оценки местообитаний является более перспективным, а эффективность практического внедрения данной оценки достигается ее проведением на типологической основе.

СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ТЕОРИИ И МЕТОДАХ КЛАССИФИКАЦИИ ПОЧВ

В.А. Рожков

Почвенный институт им. В.В. Докучаева, г. Москва

Почвоведов не учат правильно понимать, что такое классификация, и тем более, в чем разница теории и методов классификации. Дефект образования скрывается потоком правильных слов и намерений. Больше всего это касается *цели, предмета* и соответствующего им набора оснований деления – почвенных показателей (*признаков*). Нельзя совмещать противоречивые аспекты анализа данных: генезис, плодородие, экономику и др. Каждая отдельная тема должна быть представлена конкретно и четко. В этом аспекте для генетической классификации одних генетических горизонтов недостаточно. Необходимо раскрывать их индексы значениями почвенных признаков. В прежних классификациях горизонт A_1 есть у всех почв, а значит, он неинформативен для разделения таксонов. Это относится ко многим другим горизонтам.

Остается актуальным не обсуждение существующих и вновь появляющихся авторских классификаций, а разработка *принципов* их создания [1]. Иными словами, необходима теория создания классификаций. Теория классификации является предметом *классиологии* [3]. *Информационная база* классификации [6], выделение в понятии классификации *таксономии* и *мерономии*, соответственно, вводя определение *экстенсиональных* и *интенсиональных* классификаций, обобщающих смысл широко используемых *искусственных* и *естественных* [2]. Наконец, фундаментальным вкладом в теорию вносит концепция классификации перечисления Ю.А. Воронина [3]. Она положена в основу генератора исчерпывающих интенциональных (естественных) классификаций и имеет аналитическое выражение. Составлена компьютерная программа для кодирования по этой формуле вектора описания представительного образа почвы и, наоборот, развертки кода в такое описание.

В приведенных источниках обсуждается вклад отечественных ученых в теорию вопроса. В зарубежной методологии теория

постепенно заменялась обсуждением методов анализа данных – многомерной статистики и кластеризации. Ряд выдающихся мыслителей (Декарт, Ландау) считали, что *метод* важнее открытия, потому что одним методом можно сделать много открытий.

Формальный аппарат классификаций всех видов [5] включает средства многомерной статистики, кластер-анализа, распознавания образов. Разработан соответствующий пакет компьютерных программ для реализации необходимых расчетов. Более того, длительный опыт практического использования этих программ позволяет утверждать, что классификация – не место для дискуссий [4]. Авторские классификации должны включать оценку информативности выбранных признаков, критерии качества группировок объектов, завершать работу формализацией правил распознаваний новых почв (по сходству, с помощью дискриминантных функций).

Достаточно обширный курс математики на факультетах почвоведения должен быть ориентирован на совершенствование всей парадигмы почвоведения, внедрение информационных технологий, на решение задач моделирования, анализа данных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зольников В.Г. Об основных методологических принципах генетической классификации почв // Почвоведение, 1955. № 11. С. 70-79.
2. Рожков В.А. Дуализм основных понятий классификации почв // Почвоведение, 2014. № 1. С. 3-9.
3. Рожков В.А. Классификация и классификация почв // Почвоведение, 2012. № 3. С. 259-269.
4. Рожков В.А. Классификация почв – не место для дискуссий // Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева, 2013. Вып. 72. С. 47-63.
5. Рожков В.А. Формальный аппарат классификации почв // Почвоведение, 2011. № 12. С. 1411-1424.
6. Шишов Л.Л., Рожков В.А., Столбовой В.С. Информационная база классификации почв // Почвоведение, 1985. № 9. С. 9-20.

ПОЧВЫ ЛЕСНЫХ ФОРМАЦИЙ ВОСТОЧНОЕВРОПЕЙСКИХ ТУНДР

Г.В. Русанова, С.В. Денева, О.В. Шахтарова
Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

Формирование и динамика почвенного покрова восточноевропейских тундр были предопределены общим ходом эволюции природной среды и, прежде всего, лито-педогенной основы вследствие флуктуаций климата и изменения растительности.

Вся площадь исследуемой территории расположена в зоне прерывистого распространения многолетнемерзлых пород с широким развитием сквозных и несквозных таликов, получивших развитие в пределах ландшафта аллювиальных террас. Это дало возможность соседствовать на территории типично тундровым участкам с ерниковыми сообществами и кустарничковыми тундрами и реликтовым еловым редколесьем, сохранившимся со времен голоценового оптимума.

Острова елового леса сохраняются вплоть до побережья Баренцева моря (бассейн р. Море-ю) на защищенных от ветра и хорошо дренированных террасах, сложенных песками и рыхлыми пылевато-суглинистыми отложениями. О реликтовом характере лесов свидетельствует преобладание в них бореальных видов растений. Высота елей – от 20 см (стланиковая форма) до 6 м. В средней части бассейна р. Море-ю на песчаных породах преобладают еловые хвощево-лишайниковые леса с можжевельником и ерником, под которыми формируются подбурь. К северу в подобных условиях доминируют низкорослые куртины, стланиковые формы ели с участием мхов в напочвенном покрове, произрастающие также на подбурях. На суглинистых отложениях с развитыми глееземами криометаморфическими формируются еловые зеленомошные сообщества с ивой в подлеске. В пойме на аллювиальных глееватых почвах произрастают хвощево-зеленомошные ельники.

Следует выделить почвы, формирующиеся на песчаных отложениях, голоценовая история развития которых запечатлена в двухъярусности профиля. Подобные двухъярусные почвы не отражены в почвенных классификациях, хотя описаны еще в 1930-х гг. [1]. Согласно исследованиям [3, 4], в отложениях верхнего яруса сформированы подбурь, имеющие слабодифференцированный профиль с доминирующим процессом аккумулятивного внутрипрофильного распределения полуторных оксидов и гумуса. Погребенными под ними почвами являются подзолы, дерново-подзолы или также подбурь. Различия температур, усиление суровости климата и влияния криогенных процессов к северу затормаживают интенсивность педогенеза при одинаковом наборе почвообразующих процессов по сравнению с почвами лесотундры. В почвах под бореальными островками (*Picea obovata*, *Betula tortuosa*) наблюдается ослабление криогенных процессов, составляющих специфику тундровых почв. Растительные сообщества характеризуются интегральным составом. Причиной формирования подбуря под сохранившимися островками леса в тундровой зоне стало, по-видимому, изменение климата в сто-

рону похолодания после атлантического оптимума. Направление почвообразования от элювиально-иллювиального трансформировалось в сторону аккумулятивно-иллювиального. Гумусовый горизонт погребенной почвы выделяется часто интенсивно-черным цветом, аккумуляцией в различной степени разложившихся растительных остатков. Система горизонтов имеет характерные для дерново-подзолов, подзолов либо подбуров признаки. Почвы кислые, ненасыщены основаниями. Профильное распределение обменных оснований характеризуется слабоэлювиальным типом. Элювиальные процессы, если и имеют место в настоящее время, чрезвычайно ослаблены, намечаются лишь их тенденции.

Ожидаемые климатические изменения могут вызвать динамику как границы криолитозоны, так и естественных ботанико-географических зон. Температурные флуктуации, обусловленные долго- и краткосрочными климатическими циклами наряду с текущей производственной деятельностью, достаточно велики в высоких широтах [2, 5]. Реакция экосистем на данные колебания лучше заметна в переходных зонах и на пределе распространения популяций и сообществ, существование которых находится в зависимости от климатических факторов. Поскольку реликтовые островки леса в тундре являются наиболее чувствительными индикаторами глобальных процессов, так как они существуют на пределе выживания, экосистемы этих полос являются наиболее уязвимыми к любым климатическим изменениям и внешним воздействиям, отвечая трансформацией структурно-функциональной организации.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ливеровский Ю.А.* Почвы тундр северного края // Труды Полярной комиссии. Л., 1934. Вып. 19. 112 с.
2. *Павлов А.В.* Мониторинг мерзлоты: методология, результаты наблюдений, прогноз // Криосфера Земли, 1997. № 1. С. 47-58.
3. *Русанова Г.В.* Позднеголоценовые погребенные почвы бассейна реки Воркута (Большеземельская тундра) // Почвоведение, 2008. № 1. С. 27-33.
4. *Русанова Г.В., Денева С.В.* Почвы реликтовых островков ели на северо-западе Большеземельской тундры // Лесоведение, 2006. № 2. С. 21-25.
5. *Nelson F.E., Anisimiv O.A.* Permafrost zonation in Russia under anthropogenic climate change // Permafrost and Periglacial Processes, 1993. № 4. P. 137-148.

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И КЛАССИФИКАЦИЯ ПОЧВ НА ГОРЕ ХОМГИ-НЁЛ (ХРЕБЕТ МОЛЕБНЫЙ КАМЕНЬ, СЕВЕРНЫЙ УРАЛ)

И.А. Самофалова

Пермская государственная сельскохозяйственная академия, г. Пермь

Морфологическое описание помогает в определении классификационной принадлежности горных почв, и особенно в горных условиях, так как различия почв ярко выражены в цвете, структуре, мощности и наличии диагностических горизонтов. Мезоморфологический облик каждой почвы индивидуален, что обусловлено как геоморфологическими условиями, так и растительными сообществами.

Цель исследований – изучить морфолого-генетические особенности почв на горе Хомги-Нёл в пределах западного макросклона Северного Урала и определить их классификационную принадлежность по «Классификации и диагностике почв России» (2004). Объект исследований – горные почвы на территории заповедника «Вишерский». Территория находится в пределах горной страны с перепадами высот 800-1200 м и фрагментами центральных осевых хребтов Урала. Почвенное обследование проведено в 2014 г., используя катенарный метод. Заложено восемь разрезов с отбором почвенных образцов на горе Хомги-Нёл, хребет Молебный Камень на Северном Урале. По морфологическим особенностям определено классификационное положение горных почв по субстантивно-генетической классификации почв 2004 г. Северный Урал характеризуется наличием высотных поясов: холодные гольцовые пустыни, горные тундры, подгольцовый и горно-лесной пояса.

Горно-тундровый пояс растительности распространен на высотах 850-1200 м и представлен разными типами открытых безлесных сообществ: травяно-моховыми, кустарничковыми, каменистыми, лишайниковыми тундрами, зарослями карликовой березки. В суровых условиях формируются маломощные почвы 8-9...30-31 см, по строению которых можно диагностировать первичное почвообразование. На разных участках горной тундры сочетание агентов-почвообразователей приводит к формированию *подбуров* и *петроземов*. Так, в разрезе 8-14 морфологически выражена иллювиальная аккумуляция железогумусовых соединений, формирующих специфический хемогенный альфегумусовый горизонт, который диагностирует альфегумусовые почвы, в частности, – *подбур*. Кроме диагностических горизонтов выделя-

ются переходный (g) и процессный признаки (ox). Кроме того, в горно-тундровом поясе в местах скопления мелкозема между россыпями камней развиваются почвы со слаборазвитым гумусовым горизонтом на плотной породе.

В подгольцовом поясе формируются почвы с маломощным профилем, отчетливо дифференцированы на генетические горизонты по структуре или окраске. Так, на мезофильном лугу разнотравно-вейниковом с фрагментами низкотравно-зверобоевого среди паркового редколесья-криволесья образовалась органо-аккумулятивная серо-гумусовая почва, представляющая собой растянутый гумусовый профиль с постепенно изменяющейся окраской от серо-черной до коричневой, с хорошо выраженной прочной структурой. Серо-гумусовый горизонт имеет переходные признаки элювиирования (el) и метоморфизации (m). В березово-еловом черничнике в подпоясе горных криволесий на крутой части склона формируются почвы с альфегумусовым горизонтом, который диагностирует *подбуры*. В разреженных парковых лесах с высокотравными луговыми полянами на покатых, пологих склонах в профиле почв морфологически выделяется железисто-метаморфический горизонт, занимающий более половины профиля, который диагностирует почвы типа *ржавоземы*. В диагностическом горизонте *BFM* выделяется процессный признак *gr*, который проявляется в гранулированной структуре.

Подпояс горных елово-пихтовых лесов занимает высоты 400-600 м.

Классификационное положение почв на горе Хомги-Нёл

Таксономические единицы			
Стол	Отделы	Типы	Подтипы
Первичного почвообразования	Слаборазвитых почв	Петрозем	Гумусовый Метаморфизированный
	Литоземы	Серогумусовые	Глееватый
			Потечно-гумусовый
Постлитогенного почвообразования	Железисто-метаморфические	Ржавоземы	Железисто-гранулированный
	Органо-аккумулятивные	Серогумусовые	Элювируванный
			Метаморфизированный
	Альфегумусовые	Подбуры глеевые	Окисленно-глеевый
		Литодерново-подбур	Оподзоленный

С подъемом в горы пихтово-еловая тайга постепенно превращается в елово-пихтовую. С редкостойностью горных лесов связано развитие в них густого, богатого видами травяного яруса. В горно-лесном поясе под елово-пихтовыми лесами формируются почвы различной мощности: от 20 до 75 см. На склонах с крутизной более 5° большей частью образуются почвы с маломощным профилем – литоземы. На более пологих склонах в нижней части горно-лесного пояса под пихтово-еловой тайгой сформировалась дерново-подзолистая иллювиально-железистая почва с признаками глееватости. Профиль достаточно мощный для горной местности – 75 см. Его верхняя часть отчетливо дифференцирована на генетические горизонты.

На основании морфогенетической характеристики почв выделены отделы, типы и подтипы почв, развивающиеся на горе Хомги-Нёл (см. таблицу).

ПОЧВЫ ЛЕСНОГО ФОНДА В СИСТЕМЕ ЕДИНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО РЕЕСТРА ПОЧВЕННЫХ РЕСУРСОВ РОССИИ

В.С. Столбовой

Почвенный институт им. В.В. Докучаева РАН, г. Москва

Передача части полномочий субъектам РФ в отношении владения, пользования и распоряжения землей, недрами, водными и другими природными ресурсами, охраны окружающей среды, экологической безопасности, кадастровой оценки, назначения земельных платежей и др. должна сопровождаться совершенствованием почвенно-информационного обеспечения. Такой подход обязателен для соблюдения общности принципов, научно-методических подходов и решений по управлению почвенными ресурсами страны в целях их охраны и рационального использования. Единый государственный реестр почвенных ресурсов России (ЕГРПР) [1] принят МСХ РФ в качестве государственного почвенного информационного ресурса для обеспечения отмеченных выше задач. ЕГРПР полностью отвечает требованиям к государственной почвенной информации [2], таких как использование информационных технологий, ГИС, множества конкретных морфологических и аналитических параметров состояния плодородия почв и др.

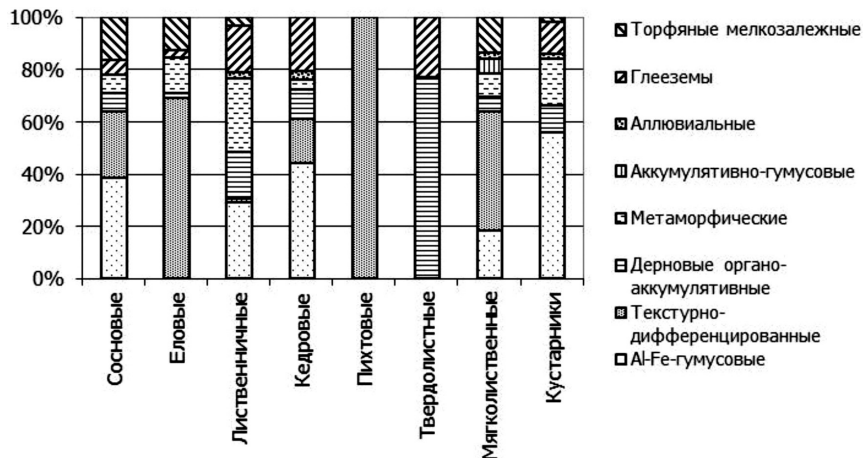
ЕГРПР состоит из четырех разделов, включая: 1) почвы; 2) почвенные ресурсы субъектов РФ; 3) почвенно-экологическое

районирование; 4) цифровую модель описания почвенных данных.

Раздел почвы выступает системообразующим для ЕГРПР и построен на принципах цифровых почвенно-географических баз данных (ГИС). Номенклатурно-таксономическое разнообразие почв ЕГРПР основано на традициях государственной почвенной карты и включает полное профилльно-генетическое диагностическое описание и аналитическую характеристику. Географо-генетическое разнообразие почв России, наряду с отечественными, представлено названиями почв FAO и WRB. ЕГРПР оперирует на ГИС MapInfo и других совместимых платформах (ArcGIS, ArcView и др.), что позволяет воспроизвести характеристики почв любого участка территории страны.

Земли лесного фонда России не имеют сплошного почвенного обследования и картографирования. Это затрудняет обобщение экосистемных представлений о лесах страны. ЕГРПР существенно облегчает решение этой фундаментальной задачи путем использования ГИС-технологий. В результате цифровые пространственно-распределенные данные лесного фонда получают унифицированную характеристику почв. При этом характеристики почв лесного фонда полностью интегрированы в единую почвенно-географическую систему страны и, тем самым, они приобретают государственный нормативно-правовой статус.

ГИС анализ цифровых пространственно-распределенных баз данных о почвах и лесах позволяет изучать общие и региональ-



Распределение направлений почвообразования в лесах России.

ные закономерности лесного почвообразования, а также выявить особенности формирования почв под различными древостоями (см. рисунок). Так, разные древостои часто могут характеризоваться одинаковым спектром направлений почвообразования, но соотношение последних для отдельных древостоев всегда отличается. Эти данные не только подтверждают представления о сложных взаимодействиях в системе «лес–почва», но также демонстрируют достаточную детальность ЕГРПР для целей изучения почв лесного фонда.

ЕГРПР открывает принципиально новые перспективы научного познания почв лесного фонда на основе инновационных информационных технологий и моделирования. Внедрение ЕГРПР также решает многие практические вопросы лесопользования с учетом нормативно-правового разнообразия почв.

ЛИТЕРАТУРА

1. Единый государственный реестр почвенных ресурсов России. Версия 1.0. М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии, 2014. 768 с. (В свободном доступе на сайте: <http://egrpr.esoil.ru>).

2. Концепция развития государственного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения и земель, используемых для ведения сельского хозяйства в составе земель иных категорий, и формирования государственных информационных ресурсов об этих землях на период до 2020 г. // Распоряжение Правительства РФ от 30.07.2010 № 1292-р.

ОСОБЕННОСТИ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ В СЕВЕРО- И СРЕДНЕТАЕЖНОЙ ПОДЗОНАХ КАРЕЛИИ

Н.Г. Федорец, О.Н. Бахмет, Ю.Н. Ткаченко
Институт леса Карельского НЦ РАН, г. Петрозаводск

В настоящее время при большом интересе к проблеме сохранения почв как незаменимого компонента биосферы разработка представлений о почвообразовательных процессах особенно актуальна. Более того, новые подходы к оценке почвообразовательных процессов отдельных регионов недостаточно разработаны и не вполне отвечают современным требованиям. По сочетанию природных условий и характеру почвообразования на территории Карелии выделили две почвенные зоны: северную и южную, граница между которыми проходит около 63° с.ш. и соответствует условной границе между *северной* и *среднетаежной подзонами*. Северная почвенная зона отличается менее благоприятными климатическими условиями по сравнению с южной. На-

ряду с песчаными подзолами, составляющими основной фон, значительны площади гидроморфных почв. На побережье Белого моря распространены маршевые почвы. Почвенный покров среднетаежной подзоны более сложный. Здесь подзолистые почвы занимают 2/3 территории: наиболее распространены подзолы иллювиально-железистые и иллювиально-гумусово-железистые. В южной части среднетаежной подзоны распространены азональные для Карелии грубогумусные буроземы, формирование которых связано с богатством некоторых почвообразующих пород соединениями железа, кальция и магния. В районе Заонежья на элювии шунгитовых сланцев или морене с их участием развиваются буроземные шунгитовые почвы. В среднетаежной подзоне автоморфные почвы занимают значительно большие площади, чем в северной тайге, а болотно-подзолистые и болотные – почти в два раза меньшие.

В рамках международного проекта «ICP-Forests» на 100 пробных площадях проведены исследования гранулометрического, валового составов автоморфных почв, а также кислотно-щелочных свойств, зольности подстилок и запасов общего азота. Установлено, что по содержанию песчаной фракции исследованные подзолы обеих подзон близки: в северотаежной содержание песка по профилю колеблется от 56 до 92%, в среднетаежной – от 56 до 94%. Однако в подзолах северной тайги содержание песчаной фракции высокое по всему профилю, а в подзолах средней тайги оно уменьшается с глубиной. Значительные различия прослеживаются по содержанию илистой фракции: в подзолах северной тайги – 0.1-1.9, средней – 1.9-6.0%. Содержание физической глины в почвах северотаежной подзоны также меньше, чем в среднетаежной. Проведенный статистический анализ с использованием критерия Стьюдента свидетельствует, что при уровне значимости 95% различия в содержании фракции пыли и физической глины в почвенном иллювиальном горизонте северо- и среднетаежной подзон статистически достоверны, с преобладанием в подзолах средней тайги. Проведенные исследования и статистическая обработка данных позволили выявить различия в валовом содержании элементов почвообразователей в разных генетических горизонтах исследованных почв и установить значимость их различий для почв северной и среднетаежной подзон Карелии. Среднее арифметическое значение содержания оксида железа и оксида калия в подподстилочном горизонте A2 (A1A2, A2B, A1B) выше для почв среднетаежной подзоны и составляет соответственно 3.39 и 2.56, а для северной тайги – 2.44 и 2.32%. Полученные результаты показали, что разница средних ариф-

метических значений для этих показателей значима при уровне ошибки 5%. Информативным явился статистический анализ показателей валового содержания элементов в горизонте В2 подзона северной и средней тайги. Значимыми оказались показатели содержания титана, магния, кальция, калия, натрия и фосфора. Наибольшие показатели содержания важных для плодородия почв элементов установлены для почв среднетаежной подзоны – это магний (1.5), калий (2.58) и фосфор (0.22%). Проведенный статистический анализ величины pH солевой вытяжки из почвы показал, что среднее арифметическое значение для лесных подстилок среднетаежной подзоны ниже, чем в северотаежной (3.37) и составляет 3.67. Различие, оцененное по критерию Стьюдента, значимо при уровне ошибки 5%.

При помощи статистического анализа не удалось установить существенных различий показателей мощности лесных подстилок и элювиальных горизонтов северо- и среднетаежной подзон Карелии.

Сравнивая зольность подстилок почв одного таксономического уровня в аналогичных типах леса северной и среднетаежной подзон, выявили, что в средней тайге она значительно выше. Статистическая обработка данных по запасам азота в 25-сантиметровом слое почв, включая подстилку, обеих подзон показала, что среднее арифметическое значение запасов азота в северотаежной подзоне составляет 1.12 т/га, а в среднетаежной – 1.65. Оценка по критерию Стьюдента свидетельствует о значимости различий между данными показателями при уровне ошибки 1%.

КЛАССИФИКАЦИОННОЕ ПОЛОЖЕНИЕ ГОРНО-ЛЕСНЫХ ПОЧВ ЮЖНОГО УРАЛА

Р.М. Халитов¹, Е.В. Абакумов²

¹ Башкирский государственный аграрный университет, г. Уфа

² Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург

Классификация – общенаучное и общеметодологическое понятие, означающее такую форму систематизации знания, когда вся область изучаемых объектов представлена в виде системы классов, или групп, по которым эти объекты распределены на основании их сходства в определенных свойствах. Первая классификация почв Башкортостана была предложена в середине прошлого века Д.В. Богомоловым, в ней автор пытался отразить все многообразие почв республики и местные особенно-

сти почвенного покрова. В структуре классификации выделялись два класса почв: междуречий и пойменных долин. К первым относились следующие типы: подзолистые, серые лесные дерново-оподзоленные, черноземы, солонцы и солоды, солончаки и болотные. В почвах пойменных долин выделялся ряд нормального и повышенного увлажнения. Классификация горных почв не была создана из-за слабой изученности. Современная классификация почв Башкортостана предложена Ф.Х. Хазиевым и соавторами. Она основана на методологии классификации почв СССР 1977 г. Почвы в новой классификации подразделяются на четыре группы: почвы равнин, гор, пойм и техногенных ландшафтов.

Цель наших исследований – описание таксономического разнообразия почв горно-лесной зоны Южного Урала с использованием аппарата Классификации и диагностики почв России 2004 г.

Исследованы почвы горно-лесной зоны Южного Урала. Маршрутные исследования проходили по горным массивам (горный массив Талы, хребты Ямантау, Кибиз, Олотау, горный массив Иремель) Южного Урала. Морфогенетический анализ почвенных профилей проводился с помощью Классификации и диагностики почв России 2004 г. и полевого определителя почв России 2008 г. На территории Южного Урала горно-лесные серые почвы доминируют в почвенном покрове. Они наиболее распространены под березовыми, сосновыми, березово-сосновыми фитоценозами, а также березовыми лесами с примесью широколиственных пород.

Первая верификация Классификации и диагностики почв России 2004 г. на территории горно-лесной зоны Южного Урала была проведена на примере горных почв Национального парка «Башкирия». Затем с помощью катенарного метода исследования описаны закономерности географического распространения почв. В результате выяснилось, что дифференциация почв в пределах низко- и среднегорных хребтов горно-лесной зоны Южного Урала связана не столько с высотной зональностью, а обусловлена пространственной динамикой литологического фактора почвообразования. По результатам исследований установлено, что в верхних частях склонов и на вершинах хребтов на карбонатных породах в автоморфных условиях распространены: (карбо)литоземы темногумусовые и перегнойно-темногумусовые, а также (карбо)петроземы гумусовые. На долинных террасах распространены темно-серые почвы, которые формируются на мощных делювиальных плотных суглинках. Особые почвы характерны для участков распространения красноцветных почвообразующих

пород в Предуралье – темно-серые краснопрофильные почвы, отличающиеся от почв, которые формируются на лессоидах и делювиальных породах, укороченным профилем и наличием одного текстурного горизонта.

Использование новой Классификации и диагностики почв России 2004 г. позволило диагностировать почвы горно-лесной зоны, охарактеризовать их географическое распространение, изучить происхождение и историю развития. Возможность использования субстантивного подхода к диагностике почв позволила описать почвы, которые ранее не относились к другим типам, подтипам и родам.

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПОЧВ В ГРАДИЕНТЕ ВЛАЖНОСТИ СЕВЕРОТАЕЖНЫХ ЕЛОВЫХ ЛЕСОВ

Ю.А. Холопов, Е.М. Лаптева

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

Почвенный покров Республики Коми представлен значительным разнообразием почв [1]. Он отличается четко выраженной зональностью в распределении почв [4], а также пестротой и мелкоконтурностью, обусловленными особенностями мезо- и микро-рельефа водораздельных территорий [2]. Настоящая работа посвящена выявлению закономерностей формирования северотаежных почв, развитых на пылеватых суглинистых и супесчаных четвертичных отложениях водно-ледникового происхождения, в различных условиях увлажнения.

Исследования проводили на территории Республики Коми (северная тайга, междуречье Печоры и Чикшина – ее притока второго порядка, Печорский район). Почвенные разрезы закладывали на водораздельных увалах с абсолютными высотами 200-225 м в различных условиях поверхностного увлажнения – автоморфных, полу- и гидроморфных. На вершинах увалов почвы формируются под пологом ельников зеленомошных, ниже по склонам – в ельниках черничных зеленомошно-долгомошных, в западинах склонов – ельниках сфагновых. В составе древостоя во всех фитоценозах присутствуют пихта и единично береза.

Согласно имеющимся картографическим материалам [3], на данной территории автоморфные позиции занимают глееподзолистые почвы, которые образуют сочетания с торфянисто-подзолисто-глееватыми и торфяно-подзолисто-глеевыми. Традиционно глееподзолистые почвы рассматриваются в качестве подтипа под-

золистых почв, распространение которых приурочено к подзонам крайнесеверной и северной тайги [4].

Как показали проведенные нами исследования, на водоразделе рек Печора и Чикшина на приручьевых увалах, в хорошо дренированных условиях, на легких суглинках и супесях, подстилаемых суглинками, формируются почвы, которые по своему морфологическому строению, в свете принципов «Классификации и диагностики почв России» (2004), относятся к отделу криометаморфических почв, типу светлосемов иллювиально-железистых. Об этом свидетельствуют отсутствие текстурно-дифференцированного горизонта ВТ в нижней части профиля, наличие четко выраженного криометаморфического горизонта CRM со специфичной угловато-крупитчатой структурой в срединной части профиля и микропрофиля подзола [e–hf] – в верхней. Такие почвы ранее описывались в подзоне северной тайги на территории Республики Коми, и отмечалась их приуроченность к почвообразующим породам относительно облегченного гранулометрического состава – преимущественно, легким суглинкам [6]. В полу- и гидроморфных условиях рассматриваемого водораздела развиты почвы, профиль которых формируется под влиянием процессов торфообразования и торфонакопления (образование торфянисто-подстилочного горизонта мощностью от 10 до 30 см), подзоло- и глееобразования, криометаморфического оструктурирования при отсутствии или слабой выраженности морфологических признаков текстурной дифференциации срединной части профиля.

По своим физико-химическим свойствам исследованные нами почвы близки к типичным подзолистым и болотно-подзолистым, описанным ранее для подзоны северной и крайнесеверной тайги Республики Коми [1, 2, 4]. Они отличаются повышенной кислотностью, низким содержанием органического углерода в минеральной части профиля, выщелоченностью от оснований. Для автоморфных почв характерно элювиально-иллювиальное распределение органического углерода и несиликатных форм соединений железа с максимумом их накопления в иллювиально-железистом подгоризонте микропрофиля подзола. В профиле полу- и гидроморфных почв отмечено повышенное содержание органического вещества в верхней части профиля (в подзолистом оглеенном горизонте с признаками потечного гумуса) за счет активной миграции подвижных гумусовых веществ, образующихся в оторфованной подстилке.

Следует отметить, что полу- и гидроморфные почвы оказались более теплообеспеченными. В минеральной части профиля этих почв менее выражены перепады суточных температур, а их

мощный оторфованный органогенный горизонт характеризуется более стабильным температурным режимом по сравнению с горизонтом лесной подстилки автоморфной почвы, занимающей вершины увалов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Атлас почв Республики Коми / Под ред. Г.В. Добровольского, А.И. Таскаева, И.В. Забоевой. Сыктывкар, 2010. 356 с.
2. Втюрин Г.М. Структура почвенного покрова таежной зоны европейского Северо-Востока. Л.: Наука, 1991. 152 с.
3. Государственная почвенная карта СССР (М 1:1 000 000). Лист Q-40 (Печора) / Сост. И.В. Забоева, С.В. Беляев, В.А. Попов, В.Г. Казаков, И.В. Игнатенко. М.: ГУТК, 1982.
4. Забоева И.В. Почвы и земельные ресурсы Коми АССР. Сыктывкар, 1975. 343 с.
5. Классификация и диагностика почв России / Сост. Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева, М.И. Герасимова. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
6. 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.

БИОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЛЕСНЫХ ЛАНДШАФТОВ

М.А. Хрусталева

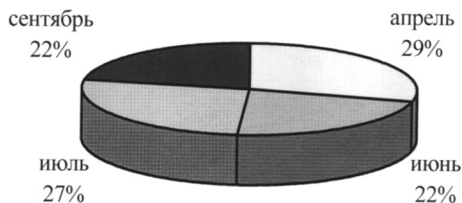
Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва

Биогеохимические исследования лесных ландшафтов проводились автором в Центральном Нечерноземье. Литогенная основа их сформировалась под воздействием трех оледенений. Четвертичные отложения подстилаются известняками, доломитами, мергелями карбона. Преобладающий рельеф — грядовый и волнисто-холмистый.

Лесные ландшафты занимают водораздельные позиции. Биогеохимической особенностью их растительности является продолжительное задержание элементов в живой фитомассе. Много элементов концентрирует надземная фитомасса в сравнении с подстилкой. Содержание химических элементов в растениях претерпевает существенные изменения и зависит от концентрации их в почвах. В пределах лесных ландшафтов произрастают еловые, широколиственно-еловые леса, под которыми сформировались дерново-средне-, дерново-сильнопodzольные почвы. Изучение лесных почв проводилось по ландшафтно-геохимическим профилям в направлении от автономных позиций к под-

чиненным. Формирование почвенного профиля происходит при непрерывной миграции и биогенной аккумуляции. В гумусовых горизонтах дерново-среднеподзолистых лесных почв отмечается кислая реакция среды по всему профилю. рН водный составлял 4.48-5.51 с тенденцией увеличения с глубиной, а рН солевой изменялся от 3.57 до 4.44. Уменьшение кислотности в подзолистом горизонте почв объясняется, по-видимому, минерализацией и физико-химическими свойствами горизонта, сильно обогащенного кварцевой пылью. Максимальные (287 т/га) запасы гумуса в слое (0-50 см) выявлены весной. Распределение гумуса (%) по месяцам приводится на рисунке, где наглядно отражена тенденция уменьшения содержания органического вещества в почвах лесных катен в осенний период года.

В лесных почвах миграция железа происходит в соединениях с подвижным органическим веществом, продуцируемым лесной подстилкой, и с гумусовыми кислотами, окрашивающими почвенный профиль в бурый цвет. Поглощая органическое вещество из раствора, железо теряет подвижность и осаждается в гумусовых горизонтах почв. Много (до 11%) органических форм железа обнаружено в горизонте A_1 . Повышенные значения гумуса относятся к почвам, приуроченным к моренным суглинкам по сравнению с покровными. Почвы в морфологическом отношении имеют хорошо дифференцированный профиль. Дерновый процесс способствует аккумуляции в почве азота, фосфора, калия, железа, кальция, марганца, а подзолообразовательный, наоборот, – выносу их из верхней части почвенного профиля и закреплению в иллювиальном горизонте. Максимум азота в почвах выявлен в верхней и средней частях профилей лесной катены ельника разнотравно-зеленчукового в отличие от таких ельника разнотравно-кисличного. Следовательно, ландшафтно-биогеохимические условия, дерновый и подзолообразовательный процессы определяют интенсивность миграции элементов в лесных ландшафтах.



Распределение гумуса по месяцам (%) в лесных ландшафтах в слое почв 0-50 см.

ДОКУЧАЕВСКИЙ АГРОЛЕСОМЕЛИОРАТИВНЫЙ КОМПЛЕКС: СОСТОЯНИЕ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА

Ю.И. Чевердин^{1,2}

¹ Научно-исследовательский институт сельского хозяйства
Центрально-Черноземной полосы им. В.В. Докучаева РАН, Воронежская обл.

² Каменно-Степное опытное лесничество РАН, Воронежская обл.

Каменная Степь является уникальным научным объектом, где на протяжении уже более чем 120-летнего периода осуществляется широкомасштабный научный эксперимент по испытанию приемов лесной мелиорации в условиях сухих степей. Основной целью экспедиции В.В. Докучаева являлась разработка почвоохранных мероприятий, направленных на повышение плодородия и продуктивности черноземных почв в условиях часто повторяющихся засух. В НИИСХ ЦЧП им. В.В. Докучаева проводятся систематические наблюдения за трансформацией почвенного покрова некогда девственных степей. Мощным фактором, способствующим изменению почвенного покрова, оказалось воздействие не свойственной для условий степей древесной растительности.

Проведенные исследования за морфометрическими показателями мощности генетических горизонтов позволяют констатировать высокие значения, характерные для черноземных почв. Нижняя граница гумусового горизонта (AU+AUb) под 112-летней лесной полосой № 40 соответствовала значениям 73.9 ± 1.6 см. На залежном аналоге черноземной почвы (с 1882 г.) мощность гумусового горизонта была несколько выше и составила 78.7 ± 4.3 см. Повышенное значение гумусовой толщи в этом случае связано, по нашему мнению, не только с характером и особенностями растительных и древесных формаций. Различия обусловлены увеличением доли зоогеннотурбированных разновидностей черноземных почв на степном участке из-за сохранившейся высокой активности землероющих животных. Отличительной особенностью почв под лесной полосой является уменьшение доли чернозема перерытого и увеличение чернозема обыкновенного.

Искусственные лесные насаждения – мощный фактор регулирования водных свойств почв и связанных с этим процессом физико-химических и химических показателей. Дискутируемая в научных кругах проблема выщелачивания степных почв при посадке искусственных древесных насаждений не нашла отражения в наших исследованиях. Глубина вскипания почв под лесом от 10%-ной соляной кислоты составила 66.4 ± 3.1 см, в пахотном аналоге – 63.6 ± 2.58 см. Таким образом, на данном этапе разви-

тия почв в рассматриваемом сопряженном ряду необходимо отметить лишь тенденцию изменения морфометрических показателей под влиянием лесных насаждений.

Лесные полосы оказывают значительное влияние на реакцию среды. Наблюдения показали, что они не только подкисляют почву непосредственно под пологом лесонасаждения, но и оказывают влияние на пространственную изменчивость pH на прилегающих полях. Вероятно, это обусловлено разной продуктивностью растений в зависимости от степени влияния лесополосы.

На изучение нами была поставлена проблема изменения солевых характеристик степных почв под влиянием древесной растительности. В верхних горизонтах почвы наблюдается тенденция активизации процессов засоления черноземов под искусственными древесными насаждениями, и эта разница составляет двух-трехкратную величину. Аналогичная картина по закономерности распределения активности натрия сохраняется до глубины 120 см. В нижележащих горизонтах почвы характер засоления резко изменяется. Отмечается увеличение засоленности почв под лесной полосой. В черноземе под лесом на глубине 120-150 см она возрастает до 6.6 ± 1.50 ммоль/л, достигая максимальных значений 30.1 ± 4.51 на глубине 170-200 см.

В противоположность лесным почвам на пашне значения активности натрия были ниже, и в карбонатно-аккумулятивном горизонте она не превышала в среднем 0.94 ± 0.31 ммоль/л (слой почвы 170-200 см). Анализ топоизоплет пространственного распределения указывает на локализацию повышения значений рNa с западной наветренной стороны лесной полосы. На западной опушке и до центра лесной полосы активность иона натрия по всему исследуемому профилю почвы 0-200 см превышала на порядок аналогичный показатель на восточной опушке и поле, прилежащем к этой части насаждения. Так, в верхних гумусовых горизонтах почвы (0-50 см) на западной опушке активность иона натрия варьировала в пределах 0.56-0.87 ммоль/л, на восточной – заметно ниже и равнялась 0.38-0.43, на смежном участке пахотного поля была еще ниже – 0.12-0.25 ммоль/л.

Профильное распределение солей с максимальным накоплением в нижних горизонтах в почвах лесных полос показывает, что они могут поступать на этих почвах в значительной степени и из нижележащих горизонтов.

Увеличение солей в нижних горизонтах черноземов отмечается строго под лесополосами с максимумом в осевой их линии и резким переходом к незасоленным фоновым черноземам прилегающей пашни.

ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ ЗАПАСОВ ПОЧВЕННОЙ ВЛАГИ В ЛЕСОЗАЩИЩЕННОМ АГРОЦЕНОЗЕ

А.С. Чеканышкин

Научно-исследовательский институт сельского хозяйства
Центрально-Черноземной полосы им. В.В. Докучаева РАН, Воронежская обл.

В условиях Центрально-Черноземной зоны среди основных факторов внешней среды, обеспечивающих продуктивность сельскохозяйственных культур, является почвенная влага.

Изучение влияния полезащитных лесных полос с различной конструкцией структурных параметров на вариабельность запасов почвенной влаги на прилегающих полях проводилось в ФГУП «Знамя Октября» Таловского района Воронежской области в 2012-2014 гг. Почва опытных участков – чернозем обыкновенный. Лесные полосы четырехрядные, шириной 10.0 м. Варианты посадки – сплошная рядовая и прерывистая рядовая. Насаждение сплошной рядовой посадки имеет защитную высоту 20.4 м, схема смещения: Т-Д-Д-Ко+Лп. На варианте прерывистой рядовой посадки с защитной высотой 19.9 м блоки из долговечной породы (дуба черешчатого) величиной 10.0×10.0 м чередуются с идентичными по размерам блоками из быстрорастущей древесной породы – тополя бальзамического. Наблюдения велись на наветренной (восточной) и подветренной (западной) сторонах от лесных полос на расстоянии 10, 30, 50, 100, 150, 200 и 350 м (центр поля) от лесонасаждений. Методическая часть исследований базируется на применении общепринятых методик [1, 2].

Полевые исследования показали, что наибольшие значения содержания продуктивной влаги в начале вегетации были характерны для почвы под лесными полосами и на прилегающих к ним полевых участках, наименьшие – в центральной части полевых участков – 350 м (см. таблицу).

Запасы продуктивной влаги в слое почвы 0-100 см на заветренной стороне от сплошной лесной полосы в зоне 0-200 м превышали на 7.1 мм запасы влаги в центре поля, на наветренной – 9.6 мм. Влагообеспеченность территории заветренной стороны выше наветренной на 18.0 мм. За прерывистыми лесными полосами в зоне 0-200 м запасы влаги превышали таковые в центральной части поля на заветренной стороне на 14.4 мм, на наветренной – 11.8 мм. Содержание влаги на заветренной стороне выше на 6.2 мм, чем на наветренной.

Во время вегетации сельскохозяйственных культур происходило значительное снижение запасов влаги в наветренной и заветренной частях полей, что обусловлено естественным испарени-

**Запасы продуктивной влаги в слое почвы 0-100 см
в зоне влияния опытных лесных полос, мм
(ФГУП «Знамя Октября», 2012-2014 гг.)**

Вариант посадки	Период вегетации	Лесная полоса	Расстояние от лесной полосы, м						
			10	30	50	100	150	200	350
Сплошная лесная полоса	Начало	190.2	<u>158.1</u> 170.7	<u>154.2</u> 167.9	<u>147.3</u> 168.8	<u>150.0</u> 168.0	<u>145.4</u> 166.8	<u>144.8</u> 165.5	<u>140.4</u> 160.8
	Середина	50.6	<u>81.9</u> 87.6	<u>79.8</u> 82.3	<u>76.2</u> 84.4	<u>76.8</u> 77.8	<u>68.9</u> 80.6	<u>71.3</u> 78.4	<u>65.1</u> 77.2
	Конец	30.1	<u>35.4</u> 44.5	<u>35.8</u> 42.2	<u>37.3</u> 40.5	<u>31.7</u> 42.8	<u>34.0</u> 37.9	<u>32.8</u> 42.8	<u>33.7</u> 36.4
Прерывистая лесная полоса	Начало	185.6	<u>184.8</u> 190.3	<u>183.5</u> 184.4	<u>179.4</u> 184.0	<u>176.3</u> 185.1	<u>167.5</u> 175.0	<u>166.4</u> 176.1	<u>164.5</u> 168.1
	Середина	66.3	<u>92.4</u> 105.5	<u>90.2</u> 100.3	<u>93.3</u> 99.5	<u>90.5</u> 99.2	<u>82.4</u> 92.6	<u>78.7</u> 85.1	<u>80.8</u> 82.6
	Конец	40.9	<u>53.5</u> 59.6	<u>48.7</u> 52.8	<u>41.9</u> 43.2	<u>41.6</u> 44.2	<u>39.0</u> 46.3	<u>37.2</u> 42.0	<u>39.3</u> 43.1

Примечания. Числитель – наветренная сторона поля, знаменатель – заветренная.

ем и потреблением ее растениями. По мере удаления от лесных полос сохраняется дифференцированное изменение содержания влаги. Расход влаги в зоне влияния сплошной лесной полосы на наветренной стороне находился в пределах от 110.0 до 122.7 мм (в среднем 115.4), на заветренной – от 125.2 до 128.9 (в среднем 126.2). На варианте с прерывистой лесной полосой расход влаги составлял на наветренной стороне от 128.5 до 137.4 мм (в среднем 132.7), на заветренной – от 128.7 до 140.8 (в среднем 134.5). В лесных насаждениях почвенная влага расходуется растительностью более интенсивно, чем на полевых участках.

Таким образом, полезащитные лесные полосы являются эффективным средством дополнительной влагозарядки почвы и сохранения запасов влаги в течение вегетационного периода на прилегающих к ним полях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Методика системных исследований лесоаграрных ландшафтов // М.: ВАСХНИЛ, 1985. 112 с.

2. Никитин П.Д., Лазарев М.М. Методика по изучению влияния системы полезащитных лесных полос на микроклимат и урожай сельскохозяйственных культур. Волгоград, 1973. 56 с.

Секция 2.
БИОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ЦИКЛЫ
И УСТОЙЧИВОСТЬ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ:
ИССЛЕДОВАНИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЕ

ВЗАИМОСВЯЗИ МЕЖДУ МИКРОМОЗАИКОЙ РАСТИТЕЛЬНОГО
ПОКРОВА И ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ВАРИАБЕЛЬНОСТЬЮ
ВТОРИЧНЫХ МЕТАБОЛИТОВ В СЕВЕРОТАЕЖНЫХ ЕЛОВЫХ ЛЕСАХ

Н.А. Артемкина¹, М.А. Орлова², Н.В. Лукина²

¹ Институт проблем промышленной экологии Севера Кольского НЦ РАН,
г. Апатиты

² Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН, г. Москва

Качество опада является одним из важнейших факторов, определяющих скорость разложения опада и подстилки. В то же время оно относится к диагностическим критериям плодородия почв, характеризующим взаимосвязь между растительным и почвенным покровом [1]. Качество опада (в частности, содержание вторичных метаболитов) существенно зависит от разновидности растений и индивидуальных генотипов [2]. Из этого следует, что уровень поступления вторичных метаболитов с опадом зависит от видового состава растительных сообществ и вклада различных видов растений в состав растительного покрова.

Наша работа направлена на изучение взаимосвязей между микромозаикой растительного покрова и вариабельностью содержания фенольных соединений, в том числе лигнина, в органогенных горизонтах почв (L-подгоризонт подстилки) в еловых лесах центральной части Кольского п-ова (N 67°29', E 34°32'). Количественное определение фенольных соединений и конденсированных таннинов проводили фотоколориметрическими методами, после реакции полученного извлечения с реактивом Фолина-Чокальтеу (730 нм) и с раствором н-бутанол:HCl (95:5 v/v) (555 нм) соответственно. Содержание лигнина находили путем обработки пробы 72%-ной серной кислотой после предварительного кипячения в растворе ЦТАБ.

По данным фитомассы фотосинтезирующей части растений определили вклад (долю) различных видов растений в состав растительного покрова четырех элементарных биогеоареалов (ЭБГА) ельника кустарничково-зеленомошного, произрастающего в окрестностях оз. Умбозеро. Еловый мертвопокровный ЭБГА представлен *Picea abies*×*obovata* (93.3%) и *Vaccinium vitis-idaea* (6.7); еловый кустарничково-зеленомошный ЭБГА – *Picea abies*×*obovata* (83.4%), *Polytrichum* spp. (1.8), *Pleurozium schreberi* (10.2), *Empetrum hermaphroditum* (2.6), *Vaccinium myrtillus* (2.0); ЭБГА подроста ели – *Picea abies*×*obovata* (55.9%), *Polytrichum* spp. (4.7), *Pleurozium schreberi* (27.2), *Empetrum hermaphroditum* (6.9), *Vaccinium myrtillus* (5.3); кустарничково-зеленомошный ЭБГА – *Polytrichum* spp. (6.9%), *Pleurozium schreberi* (47.2), *Empetrum hermaphroditum* (18.2), *Vaccinium vitis-idaea* (8.9), *Vaccinium myrtillus* (4.1), *Deschampsia flexuosa* (13.5) и *Chamaepericlymenum sueticum* (1.2).

Агрегированные на уровне биогеоценоза (БГЦ) содержания фенольных соединений, танинов и лигнина вычислены по формуле [3]:

$$trait_{agg} = \sum_{j=1}^n p_i \times trait_i,$$

где $trait$ (черта/показатель)_{agg} – агрегированное на уровне БГЦ содержание; p_i – относительный вклад вида i в содержание на уровне БГЦ, $trait$ (черта/показатель)_i – содержание для данного вида i .

В результате исследования установили, что с увеличением концентраций фенольных соединений и танинов в исходном растительном опаде происходит их накопление в органогенных горизонтах почв ($R^2 = 0.7575$ и $R^2 = 0.6488$ соответственно). По лигнину обнаруживается два кластера: 1) высокое содержание в органогенных горизонтах при относительно низком содержании в опаде сформированных древесных ЭБГА; 2) относительно низкое содержание в органогенном горизонте при высоком содержании в опаде кустарничково-зеленомошных ЭБГА, в том числе с участием подроста ели. Под кронами старовозрастных деревьев ели существуют условия для накопления лигнинов: 1) незначительное промывание почв в вегетационный период из-за низкого плотного полога, не пропускающего осадки; 2) низкая биомасса микроорганизмов. Под кронами, возможно, также создаются условия для полимеризации, тогда как в межкрупных пространствах более активна фотодеструкция.

Работа поддержана грантом Программы фундаментальных исследований Президиума РАН «Биоразнообразие природных систем» (подпрограмма «Оценка взаимосвязей биоразнообразие – экосистемные функции лесов») и грантом РФФИ 13-04-01644а.

ЛИТЕРАТУРА

1. Орлова М.А., Лукина Н.В., Камаев И.О. и др. Мозаичность лесных биогеоценозов и продуктивность почв // Лесоведение, 2011. № 6. С. 39-48.
2. Hättenschwiler S., Tiunov A.V., Scheu S. Biodiversity and litter decomposition in terrestrial ecosystems // Annual Review of Ecology Evolution and Systematics, 2005. Vol. 36. P. 191-218.
3. Garnier E., Lavorel S., Ansquer P. et al. Assessing the effects of land-use change on plant traits, communities and ecosystem functioning in grasslands: A standardized methodology and lessons from an application to 11 European sites // Annals of Botany, 2007. Vol. 99. P. 967-985.

ОБМЕН ВЕЩЕСТВА И ЭНЕРГИИ В СИСТЕМЕ ПОЧВА–ФИТОЦЕНОЗ В ХВОЙНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРО-ВОСТОКА

К.С. Бобкова, Э.П. Галенко, И.В. Забоева
Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

Лес, как сложная многокомпонентная система, участвует во многих процессах, протекающих в биосфере, обеспечивая за счет трансформации потоков энергии и биогенного круговорота элементов относительную стабильность в газовом составе атмосферы, состоянии почвенного покрова. Значительна средообразующая роль растительных сообществ лесного фонда европейского северо-востока России. Таежная зона этой территории подразделяется на подзоны: крайнесеверную, северную, среднюю, южную. В почвенном покрове подзональные особенности наиболее четко просматриваются в ряду автоморфных почв дренированных ландшафтов приречных увалов под зеленомошными еловыми лесами. В крайнесеверной и северной тайге – это глееподзолистые, в средней – типичные подзолистые, в южной подзоне тайги – дерново-подзолистые почвы.

Важнейшей экологической функцией лесных экосистем является их биологическая продуктивность, создание органического вещества (биомассы), аккумулирующей и удерживающей энергию. Накопленные к настоящему времени материалы по запасам фитомассы в хвойных сообществах различных подзон европейского северо-востока России позволяют представить емкость круговорота органического вещества дифференцированно по расти-

тельным ярусам с учетом эдификаторов в обменных процессах веществ. Следует отметить, что хвойные фитоценозы обладают относительно высокой производительностью благодаря длительному накоплению «капитала», т.е. органического вещества. Так, общие запасы фитомассы в хвойных насаждениях различных подзон в зависимости от типа леса изменяются от 45 до 230 т га⁻¹, в которых аккумулируется $(1.1-4.1) \cdot 10^{12}$ Дж га⁻¹ энергии.

Количество азота и зольных элементов, находящихся в составе фитомассы хвойных насаждений различных типов, составляет от 0.6 до 2.4 т га⁻¹ в хвойных сообществах крайнесеверной и северной тайги, где значительная часть веществ в общем запасе элементов в фитоценозе принадлежит не древостою, а растениям нижних ярусов с меньшей емкостью биологического круговорота, и накопление энергии и питательных элементов менее развито. В подзоне средней и южной тайги в хвойных экосистемах положение в круговороте веществ складывается в пользу древостоя. Способность лесов к консервации энергии и питательных элементов позволяет им развивать сложную структуру сообществ, которая имеет большую листовую поверхность древостоев (3.1-10 га/га) для осуществления фотосинтеза.

Поглощение солнечной энергии лесным пологом зависит от многих факторов, в частности, от состояния растительности, сомкнутости древесного полога, структуры древостоя. Древесный ярус хвойных фитоценозов северной тайги обладает меньшей способностью поглощения солнечной энергии (12-70%) по сравнению с хвойными древостоями средней тайги (72-84%). Причем эти различия наиболее четко выражены в условиях малооблачной погоды при больших высотах солнца.

Интенсивность биологического круговорота вещества отражает скорость накопления химических элементов в лесном биогеоценозе. Она определяется количеством элементов в годовом приросте фитомассы. Этот показатель позволяет оценить вещественно-энергетический потенциал лесных экосистем. Так, в годичной продукции хвойных фитоценозов накапливается 2.1-10.5 т га⁻¹ органического вещества, или 1.1-4.9 тС га⁻¹. На формирование прироста фитомассы из почвы ельников выносятся 120-186, а из почвы сосняков – 117-156 кг га⁻¹ азота и зольных элементов. Эффективность использования солнечной радиации, ее фотосинтетически активной части (ФАР) в продукционном процессе невысокая. Коэффициент утилизации ФАР на текущую продукцию древостоев северной тайги не превышает 1.2, средней – 1.6%. Прослеживается тенденция КПД использования ФАР с увеличением тропности и водного режима почв.

Колебания значений ежегодно возвращаемых органических веществ с опадом растений по подзонам тайги значительны. Количество минеральных элементов, поступающих в почву с опадом для хвойных фитоценозов в зависимости от их типа, составляет от 60 до 130 кг га⁻¹. В наибольших количествах в почву с опадом возвращается масса элементов пассивного накопления, нереутилизируемых растениями. Для хвойных в условиях Севера – это Si, Mg, Mn, Fe.

Отношение запаса химических элементов в лесной подстилке к их запасу в массе годового опада показывает интенсивность разложения опада и длительность сохранения органического вещества в подстилке. Подстилочно-опадочный коэффициент (ПОК) позволяет судить о скорости разложения и минерализации органического вещества, этот коэффициент в ельниках изменяется от 12 до 40, в сосняках – от 10 до 27. Более высокие значения ПОК характерны для условий северной тайги, где процессы разложения и минерализации крайне замедленны, что объясняется как недостатком тепла, так и повышенной влажностью почв. Во всех сравниваемых нами хвойных сообществах расходная статья биологической миграции химических элементов, связанная с величиной ежегодного прироста фитомассы, почти всегда превалирует над приходной, обусловленной возвращением химических элементов с опадом.

Полное оттаивание почв в среднетаежных сосняках и ельниках происходит в течение мая, в северной тайге – июня. В горизонте почвы 0-20 см благоприятная температура для начала роста корней древесных растений наступает в средней тайге в конце мая – начале июня, прогревание почвы до активных температур наблюдается через полторы-две недели. В северной тайге такие условия наступают с запозданием на 20-30 дней.

В сосняках средней тайги интенсивный рост корней в верхней 20-сантиметровой толще почвы составляет 2-3 мес., в минеральном слое – 1.5-2.5, в северной тайге 40-65 и до 55 дней соответственно. Подзолистые почвы среднетаежных ельников черничных удерживают запасы тепла активных температур в верхнем слое почвы (0-30 см) до 2-2.5 мес. Более глубокие горизонты – менее 1 мес.

В еловых и сосновых сообществах тайги тепловые ресурсы почвы обеспечивают возможность активной жизнедеятельности корней древесных пород в северной тайге в почвенной толще сосняка 0-40(60) см, ельника – 0-10(30), в средней тайге – до 80 и 60 см глубины соответственно. Такие возможности в достаточной мере обеспечивают относительно небольшую продуктивность,

но устойчивое саморегулирующее развитие их в условиях Севера, что объясняется адаптивными особенностями *Picea obovata* и *Pinus sylvestris* как эдификаторов и основных трансформаторов экологических условий таежных биогеоценозов европейского Севера.

В хвойных экосистемах таежной зоны в обменных процессах значительна роль мортмассы, особенно накопленной в органогенном горизонте. Так, в более производительных сосняках черничных запас органического вещества в лесной подстилке составляет 20-24%, а в ельниках черничных – 17-34% от общей массы растений. В хвойных фитоценозах долгомошной группы типов в подстилке сосредоточено 50-64% от общей фитомассы растений. В сфагновых типах леса запасы подстилок значительно превышают запасы фитомассы. В органогенных горизонтах лесных подстилок хвойных сообществ аккумулируются довольно большие запасы азота и зольных элементов ($0.6-0.8 \text{ т га}^{-1}$), а также энергии ($0.5-1.5 \cdot 10^9 \text{ кДж га}^{-1}$). Следовательно, они являются важнейшим пищевым и энергетическим источником как для высших растений, так и для микроорганизмов, почвенных животных.

К ХАРАКТЕРИСТИКЕ ЛЕТНЕЙ ДИНАМИКИ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОДСТИЛОК В ГОРАХ ХИБИНСКОГО МАССИВА (МУРМАНСКАЯ ОБЛАСТЬ)

И.В. Зенкова

Институт проблем промышленной экологии Севера Кольского НЦ РАН,
г. Апатиты

Проанализированы данные по летней динамике среднесуточной температуры подстилок $T_{сс}$, полученные с помощью автоматических термохронов ТРВ-2 на склонах трех гор Хибинского массива: Рисчорр (северная часть массива, $67^{\circ}49' \text{ N}$, $33^{\circ}40' \text{ E}$), Юкспорр (центральная часть, $67^{\circ}39' \text{ N}$, $33^{\circ}46' \text{ E}$) и Суолайв (юго-восточная часть, $67^{\circ}39' \text{ N}$, $34^{\circ}10' \text{ E}$). Термохроны, запрограммированные на измерение температуры каждые 2 ч, были заложены на глубину 5 см в подстилку поясов елового редколесья (Р-е), березового криволесья (бк) и горной тундры (гт) на склоне С-СЗ экспозиции горы Рисчорр; березового криволесья (Ю-бк), горной (гт) и высокогорной тундры (вт) на склоне Ю экспозиции горы Юкспорр; елового редколесья (С-е), березового криволесья и горной тундры на склоне З-СЗ экспозиции горы Суолайв. Период из-

мерений охватил вегетационный сезон 2014 г. с середины-конца июня до конца сентября.

Установлен ход летней динамики температуры, общий для разных гор. В июне $T_{сс}$ находилась в диапазоне «эффективных» температур $+5-10^{\circ}\text{C}$. Устойчивый переход $T_{сси} +10^{\circ}\text{C}$ был зафиксирован в подстилках большинства высотных поясов со второй недели июля и сохранялся около 50 сут. – до 20-22/VIII. После 10/IX $T_{сс}$ подстилок не поднималась выше $+10^{\circ}\text{C}$, а после 20/IX – не превысила пороговое значение $+5^{\circ}\text{C}$. Весь период исследования с середины июня до конца сентября $T_{сс}$ подстилок оставалась положительной. Сумма $T_{сс} > 0^{\circ}\text{C}$ за наиболее теплый месяц вегетационного сезона – июль ($n_{\text{суток}} = 31$), составила в разных поясах $180-560^{\circ}\text{C}$, при этом крайние значения зафиксированы в подстилках тундровых поясов разных гор (рис. 1). Средняя за июнь $T_{сс}$ равнялась в большинстве поясов $+10-12^{\circ}\text{C}$ (рис. 2). В августе степень прогрева подстилок на склонах разных гор была более выровненной, сумма положительных температур за месяц составила $340-450^{\circ}\text{C}$.

На протяжении всего летнего сезона наиболее «холодным» и контрастным по температурному режиму был почвенный покров на склоне С экспозиции горы Рисчорр ($255-430$ м над ур.м.). Наиболее теплыми были подстилки березового криволеся разнотравного (340 м) и тундры мохово-кустарничковой (390 м) на склоне 3-СЗ экспозиции горы Суолайв. Достоверное влияние высотной поясности на летнюю динамику и величину $T_{сс}$ установлено для склонов гор Рисчорр и Суолайв. В первом случае на

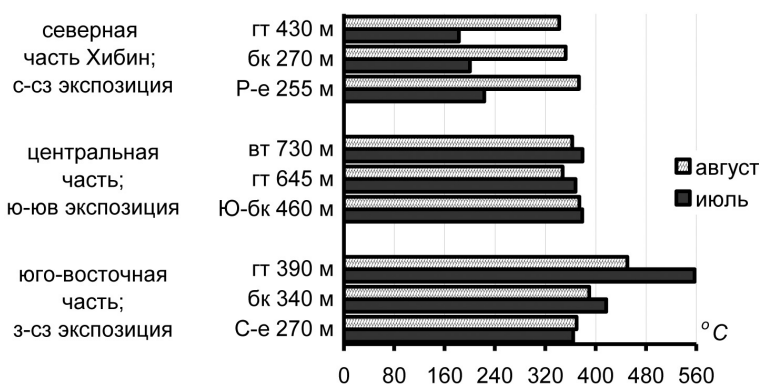


Рис. 1. Сумма положительных среднесуточных температур в подстилках высотных поясов гор Рисчорр (Р), Юкспорр (Ю) и Суолайв (С) за наиболее теплые месяцы вегетационного сезона. Обозначения поясов см. в тексте.

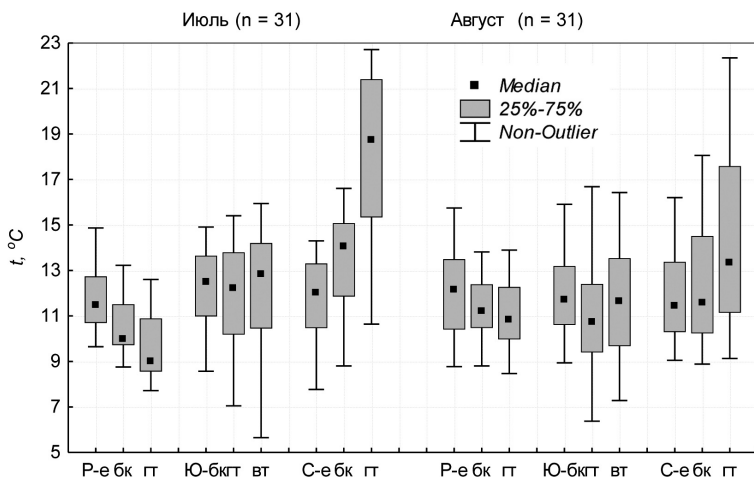


Рис. 2. Величина среднесуточной температуры подстилок в высотных поясах гор Рисшорр (Р), Юкспорр (Ю) и Суолайв (С).

протяжении вегетационного сезона подстилка елово-березового леса была достоверно теплее, чем в поясах березового криволесья и горной тундры (на 1.9-3.1 °C), во втором – мохово-кустарничковый покров горной тундры прогревался на 7-9 °C выше по сравнению с подстилками ельника и березового криволесья кустарничково-разнотравных. Подстилки тундрового пояса всех гор отличались наибольшей вариабельностью T_{ss} на протяжении вегетационного сезона.

Исследования поддержаны грантом РФФИ № 12-04-01538-а (2012-2014 гг.).

ПОТОКИ УГЛЕРОДА С НАПОЧВЕННОГО ПОКРОВА В ЭКОСИСТЕМАХ ОЛИГОТРОФНОГО ЗАБОЛАЧИВАНИЯ В ЮЖНОЙ ТАЙГЕ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РФ

Д.Г. Иванов^{1,2}, В.К. Авилов¹, Ю.А. Курбатова¹

¹ Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, г. Москва

² Российский аграрный университет РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, г. Москва

Современные климатические изменения и меры по их предотвращению и смягчению последствий вызвали в последние годы всплеск экспериментальных исследований, направленных на оценку факторов внешней среды, ответственных за пространст-

венно-временную динамику потоков одного из основных парниковых газов – диоксида углерода. На территории Центрально-Лесного государственного природного биосферного заповедника (Тверская область, Нелидовский район) с 1998 г. проводятся комплексные эколого-климатические исследования [1-3], которые в последние годы включают режимные периодические наблюдения за эмиссией, поглощением и балансом CO_2 между напочвенным покровом и атмосферой на основе унифицированной методики. В качестве основных объектов наблюдения в 2013, 2014 гг. выбраны верховой болотный массив и сфагново-черничный ельник.

Болотный массив (площадь 4.2 км²) относится к талым с сезонным промерзанием выпуклым олиготрофным комплексным грядово-мочажинным болотам. Средняя глубина торфа – 3.9 м. Состав болотных формаций характеризуется значительной неоднородностью. Мозаика микроландшафтов отличается пестротой. Наибольшее распространение имеет сфагново-пушицевый тип микроландшафта.

Ельник сфагново-черничный является интразональным сообществом, типичным для южной тайги. Древостой ельника на 86% состоит из ели (*Picea abies* (L.) Karst), на 14% – березы (*Betula pubescens*) с небольшой примесью сосны (*Pinus sylvestris* L.). Напочвенный покров представлен *Vaccinium myrtillus* и мхами (*Sphagnum girgensohnii*, *S. magellanicum*). Для ельника характерен высокий уровень грунтовых вод. Почвы торфянисто-подзолистые глееватые с большим запасом органического вещества в разных стадиях разложения.

Методика измерений потоков основана на модификации метода закрытых камер. Камера представляла собой цилиндр диаметром 20 и высотой 16 см, который крепился на основание такого же диаметра, врезанного в почву. Основания устанавливались перед первым измерением и не перемещались до конца сезона. Измерение концентрации газа внутри камеры осуществлялось инфракрасным газоанализатором Li-820 (Li-Cor Inc., USA). Данные регистрировались с частотой один раз в секунду, каждое измерение длилось в среднем 3-3.5 мин. Одновременно с потоками CO_2 измерялись температура почвы на глубине 5-10 см, температура и влажность воздуха, приходящая фотосинтетически активная радиация и уровень грунтовых вод. Изменение концентрации CO_2 в камере аппроксимировалось экспоненциальной функцией. В 2013 г. использовалась непрозрачная камера только для измерения дыхания экосистемы, в 2014 г. она была заменена на прозрачную со съемным светонепроницаемым чехлом для измерения дыхания и нетто-экосистемного обмена (баланса)

углекислого газа. Общая первичная продукция рассчитывалась как разница между дыханием и балансом CO_2 . Наблюдения были проведены в летне-осенний период с периодичностью один раз в пять-семь дней.

Результаты наблюдений показали, что в южно-таежных экосистемах различной степени олиготрофного заболачивания влияние основных гидрометеорологических параметров на потоки CO_2 различно. На микроландшафтах с наибольшим увлажнением (мочажины) уровень грунтовых вод оказывает наибольшее влияние на сезонную динамику потоков. В условиях меньшего увлажнения почвы, с относительно постоянным уровнем грунтовых вод (гряды, ямы, ельник сфагново-черничный) изменчивость потоков CO_2 зависит от температуры почвы и воздуха.

В целом, почва (торф) с напочвенной (болотной) растительностью на верховом болотном массиве является стоком углерода, а в ельнике сфагново-черничном – источником. Однако следует отметить, что напочвенный покров является только частью лесного фитоценоза, и при анализе всей экосистемы в целом баланс углерода в отдельные периоды может быть как положительным, так и отрицательным.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 14-05-797.

ЛИТЕРАТУРА

1. Kurbatova J., Li C., Varlagin A. et al. Modeling carbon dynamics in two adjacent spruce forests with different soil conditions in Russia // Biogeosciences, 2008. № 5. Р. 969-980.
2. Kurbatova J., Li Ch., Tatarinov F. et al. Modeling of the carbon dioxide fluxes in European Russia peat bog // Environ. Res. Lett., 2009. Vol. 4: 045022. 7 p.
3. Kurbatova J., Tatarinov F., Molchanov A. et al. Partitioning of ecosystem respiration in a paludified shallow-peat spruce forest in the southern taiga of European Russia // Environ. Res. Lett., 2013. Vol. 8: 045028. 9 p.

КРУГОВОРОТ УГЛЕРОДА И СОВРЕМЕННОЕ ЗАБОЛАЧИВАНИЕ НА ВАСЮГАНСКОМ БОЛОТЕ

Л.И. Инишева, Е.В. Порохина

Томский государственный педагогический университет, г. Томск

Васюганское болото (ВБ) – самое огромное болото в мире с площадью 52 694.37 км². Оно захватило Обь-Иртышский водораздел и раскинулось между 55°40'–58°60' с.ш. и 75°30'–83°30' в.д. с протяженностью с запада на восток 573 км, с севера на

юг – около 320 км. Подробная информация о ВБ приведена в [6]. Расчеты запасов торфа и общего углерода на ВБ выполнены по разведанным и прогнозным запасам торфа с учетом объемной массы и содержания углерода по 3 тыс. образцов западносибирских торфов всех типов залежи [2, 3].

Цель данного сообщения – определение современных скоростей аккумуляции углерода на Васюганском болоте. В качестве модельного объекта для исследований была принята катена на территории ВБ, охватывающая типичную для территории последовательно сопряженных ландшафтов по направлению к окрайке болота: транзитная часть катены, п. 5, транзитная часть катены с низкой сосной, п. 3, трансаккумулятивная часть катены с высокой сосной, п. 2. Прирост торфа за период голоцена проведен по результатам абсолютных датировок нижних и верхних границ слоев торфяных залежей. В случае отсутствия абсолютных датировок возраст слоев определялся по результатам палинологического анализа.

Скорость накопления торфа в ВБ в раннем голоцене была равна 0.5 мм/год; среднем – 0.4-0.7, позднем – 0.88 мм/год [4, 5]. Как обстоят дела с процессом заболачивания на ВБ в настоящее время? Рассмотрим результаты определения современной скорости аккумуляции углерода на ВБ балансовым методом. В БГЦ катены в разные по климатическим условиям годы NPP изменяется в пределах от 206 до 337 г м⁻²год⁻¹, а его распределение по БГЦ катены от п. 5 до окрайки болота выглядит следующим образом: п. 5 – 240, п. 3 – 284, п. 2 – 258 г м⁻²год⁻¹. Основной вклад в ANP в п. 2 и п. 3 вносят кустарнички (42-55%) и мох (17-48), доля трав составляет 0-9%. В открытой топи основная часть ANP представлена мхами (21-64%) и травами (28-41), доля кустарничков значительно снижается и составляет 8-38%. Наибольший суммарный поток CO₂ отмечается в п. 2 (90 г С м⁻²год⁻¹), минимальный – п. 5 (48). Большая часть потерь углерода обусловлена эмиссией диоксида углерода (в среднем 69 г С м⁻²год⁻¹, или 55.2% от NPP) и метана, доля которого значительно меньше (0.3-6.5 г С м⁻²год⁻¹, или 2.7% NPP).

Вынос углерода с болотными водами в виде гуминовых веществ (290 кг/(км² в год) достигает в отдельные периоды 98% от общего выноса углерода болотным стоком, при этом наибольшая доля принадлежит углероду фульвовых кислот (5790 кг/(км² в год). Потеря углерода с болотными водами, определенная экспериментально, составляет 5.5% NPP при среднем значении выноса 6900 кг/км² в год. На основании полученных результатов можно сделать вывод о преобладании аккумуляции углерода в торфяной залежи (55 г С м⁻²год⁻¹).

Наши ранние исследования [4] на ВБ показали, что максимальная величина линейной скорости торфонакопления в голоцене составляет 1.1 мм год^{-1} , что обусловлено значительной биологической продуктивностью БГЦ лесного, древесно-травяно-мохового типов. Последующие работы показали вертикальный прирост торфа на ВБ в величинах $0.74\text{--}0.80 \text{ мм год}^{-1}$ [1].

Таким образом, в бореальный период (9-8 тыс. лет назад) в условиях постепенного потепления климата на территории ВБ установлен пик аккумуляции углерода – $70 \text{ г С м}^{-2}\text{год}^{-1}$ при величине прироста 1.79 мм год^{-1} . В настоящее время можно констатировать, что на ВБ преобладает аккумуляция углерода в торфяной залежи и, соответственно, торфообразование в современный период прогрессирует, но активность его протекания характеризуется замедленным темпом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Васильев С.В. Скорость торфонакопления в Западной Сибири // Динамика болотных экосистем Северной Евразии в голоцене. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2000. С. 56-59.
2. Инишева Л.И., Земцов А.А., Лисс О.Л. и др. Васюганское болото (природные условия, структура и функционирование). Томск: ЦНТИ, 2003. 12 с.
3. Классификация растительного покрова болот и видов торфа центральной части Западной Сибири / Е.И. Скобеева и др. М., 1975. 148 с.
4. Лисс О.Л., Абрамова Л.И., Аветов Н.А. и др. Болотные системы и их природоохранное значение. М.: Тула Гриф и К°, 2001. 584 с.
5. Хотинский Н.А., Девирц А.Л., Маркова Н.Г. Возраст и история формирования болот восточной окраины Васюганья // Бюл. МОИП, отд. биологии, 1970. № 5. С. 82-92.
6. Inisheva L.I., Zemtsov A.A., Novikov S.M. Vasyugan Mire. Natural Conditions, Structure and functioning // Tomsk: State Pedagogical University Press, 2011. 160 p.

КРУГОВОРОТ АЗОТА И ЗОЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ВЫРУБКЕ СРЕДНЕТАЕЖНЫХ ЕЛЬНИКОВ

Н.В. Лиханова¹, К.С. Бобкова²

¹ Сыктывкарский государственный университет им. П. Сорокина, г. Сыктывкар

² Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

На территории Республики Коми сохранились значительные площади спелых и перестойных ельников. Их рассматривают как главный источник развития лесозаготовок. В связи с промышленными рубками происходят существенные изменения в

составе, структуре и продуктивности еловых сообществ [3]. Кру-говорот элементов минерального питания в системе почва–фито-ценоз на вырубках еловых сообществ рассматривается в услови-ях Вологодской области А.Л. Паршевниковым [4], в Карелии – Н.И. Казимировым, Р.М. Морозовой, В.К. Куликовой [1]. На территории республики биологический круговорот азота и золь-ных элементов в системе почва–фитоценоз на вырубках ельни-ков не изучен.

Исследования проводили в подзоне средней тайги на терри-тории Республики Коми (62°01' с.ш., 52°28' в.д.). В 1978 г. со-трудниками отдела лесобиологических проблем Севера под ру-ководством К.С. Бобковой были заложены постоянные пробные площади в ельниках черничном влажном и долгомошно-сфагно-вом [2]. В 2006 г. в этих ельниках в зимний период произведе-на сплошнолесосечная рубка с хлыстовой трелевкой древесины.

В ельнике черничном влажном при сплошнолесосечной рубке количество растущих деревьев, оставленных в недорубе и семен-никах, составляет 400, сухостойных – 30 экз. га⁻¹. Запасы фито-массы растущих деревьев равны 32.62, сухостойных – 0.21 т га⁻¹. Масса органического вещества в растущих органах деревьев са-мосева и подроста (8.3 тыс. экз. га⁻¹) равна 2.08 т га⁻¹. Растения напочвенного покрова аккумулируют 8.79, а порубочные остатки (вершин и обломков) – 10.64 т га⁻¹.

В ельнике долгомошно-сфагновом при рубке оставлены тонко-мерные деревья и семенники в количестве 588, сухостойные – 212 экз. га⁻¹. Масса растущих деревьев составляет 44.7, сухостойных – 4.25 т га⁻¹. Деревья самосева и подроста (6.8 тыс. экз. га⁻¹) форми-руют массу 1.87 т га⁻¹. Масса растений напочвенного покрова – 9.65, порубочных остатков – 14.16 т га⁻¹. В целом, на вырубке ельников масса органического вещества растений и крупных дре-весных остатков оценена в 66.1–85.9 т га⁻¹.

В растениях на вырубке ельника черничного влажного, раз-витого на торфянисто-подзолисто-глееватых почвах, аккумуля-руется 253.7 кг га⁻¹ азота и 412.0 кг га⁻¹ зольных элементов. Органическое вещество растительного происхождения на выруб-ке ельника долгомошно-сфагнового на тех же почвах содержит 302.5 кг га⁻¹ азота и 506.4 кг га⁻¹ зольных элементов. Элементы минерального питания в органическом веществе растений на вы-рубке ельника черничного влажного располагаются следующим образом: **N > Ca > K > Si > P > Mg > Mn > Al > Fe > Na**, на вы-рубке долгомошно-сфагнового: **N > Ca > K > Si > P > Mg > Al > Mn > Fe > Na**.

Для создания продукции фитомассы (3.9 т га^{-1}) на вырубке ельника черничного влажного ежегодно вовлекается 39.1 кг га^{-1} азота, 59.3 кг га^{-1} зольных элементов, на вырубке ельника долгомошно-сфагнового с объемом прироста фитомассы 4.6 т га^{-1} – 44.5 и 74.3 кг га^{-1} соответственно. Ряд накопления химических элементов в продукции растений следующий: на вырубке ельника черничного влажного: $\text{N} > \text{K} > \text{Ca} > \text{Si} > \text{P} > \text{Al} > \text{Mg} > \text{Mn} > \text{Fe} > \text{Na}$, долгомошно-сфагнового: $\text{N} > \text{K} > \text{Ca} > \text{Si} > \text{Mg} > \text{Al} > \text{P} > \text{Mn} > \text{Fe} > \text{Na}$.

На четырех-шестилетней вырубке ельника черничного влажного в почву с опадом поступает 3.1 , на вырубке ельника долгомошно-сфагнового – 3.7 т га^{-1} органического вещества. В структурном составе опада преобладают остатки растений напочвенного покрова. Количество азота и зольных элементов, ежегодно возвращаемых в почву с опадом, на вырубке ельника черничного влажного составляет 77.5 кг га^{-1} , долгомошно-сфагнового – 89.3 . Ряд распределения их в растительных остатках опада на вырубке ельника черничного влажного – азотно-калиево-кремниевый: $\text{N} > \text{K} > \text{Si} > \text{Ca} > \text{Al} > \text{P} > \text{Mg} > \text{Mn} > \text{Fe} > \text{Na}$; долгомошно-сфагнового – азотно-кремниевое-калиевый: $\text{N} > \text{Si} > \text{K} > \text{Ca} > \text{Al} > \text{P} > \text{Mg} > \text{Mn} > \text{Fe} > \text{Na}$.

Запасы элементов минерального питания в мертвом органическом веществе (47.5 т га^{-1}) лесной подстилки на вырубке ельника черничного влажного составляют 1.5 т га^{-1} , на вырубке ельника долгомошно-сфагнового – 63.9 и 2.3 т га^{-1} . Ряд расположения элементов минерального питания в органогенном горизонте почвы исследуемой вырубки обоих типов ельников следующий: $\text{N} > \text{Ca} > \text{Si} > \text{Fe} > \text{Al} > \text{K} > \text{Mn} > \text{Mg} > \text{P} > \text{Na}$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Казимиров Н.И., Морозова Р.М., Куликова В.К. Органическая масса и потоки вещества в березняках средней тайги. Л.: Наука, 1978. 216 с.
2. Коренные еловые леса Севера: биоразнообразие, структура, функции / Под ред. К.С. Бобковой, Э.П. Галенко. СПб.: Наука, 2006. 337 с.
3. Лесное хозяйство и лесные ресурсы Республики Коми / Под ред. Г.М. Козубова, А.И. Таскаева. М.: «ДиК», 2000. 512 с.
4. Паршевников А.Л. Круговорот азота и зольных элементов в связи со сменой пород в лесах средней тайги / Типы леса и почвы северной части Вологодской области. Л.: Ин-т леса АН СССР, 1962. С. 196-200 (Тр. Ин-та леса и древесины СО АН СССР. Т. 52).

ОБ УСТОЙЧИВОСТИ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ НА РЕКУЛЬТИВИРУЕМЫХ ЗЕМЛЯХ

Л.П. Капелькина

Научно-исследовательский центр экологической безопасности РАН,
г. Санкт-Петербург

Оценивая опыт работ в области лесной рекультивации нарушенных земель в различных регионах за последние 30-40 лет, следует признать, что он не всегда был положительным.

Объектами исследования явились лесные насаждения, созданные на нарушенных землях в различные годы. Анализ опытных работ по лесной рекультивации земель, проведенный нами на некоторых месторождениях, обследование рекультивированных земель в различных регионах и оценка литературных данных по лесоразведению позволяют оценить отрицательные стороны работ по лесной рекультивации с тем, чтобы избежать допущенных ошибок.

На Кольском п-ове опытные работы по лесной рекультивации земель, анализ приживаемости и сохранности лесных культур, созданных на разных отвалах, показали, что одним из решающих факторов успешности рекультивационных работ становится плотность субстрата, хотя этот показатель не рассматривается ГОСТом «Охрана природы. Земли. Классификация нарушенных земель для биологической рекультивации».

В угледобывающих районах большую экологическую опасность представляют горящие отвалы, из которых в атмосферу попадают сернистые соединения, окись углерода, полициклические ароматические углеводороды, включая бенз(а)пирен и другие вещества, осложняющие проведение рекультивационных работ. Отрицательным фактором является наличие в складированных отвальных породах угольных включений и пирита, которые вследствие окисления и повышения температуры способны возгораться. Глубинный разогрев пород приводит к гибели насаждений сосны, достигшей 20-25-летнего возраста. При этом кроны сосен приобретают рыжую окраску, происходит распад и гибель насаждения, а поверхность почвы может дымить по подобию тлеющего торфяника. Процесс возгорания угольных отвалов не прогнозируемый и достаточно частый.

По сообщению А.Н. Масюка [1], высаженные в 1978-1979 гг. на фитотоксичных отвалах каменноугольных шахт Донбасса в насыпные плодородные и потенциально плодородные породы тополя на начальных этапах развивались неплохо. Мощность на-

сыпного слоя составляла 65-75 см. В настоящее время посадки находятся в стадии изреживания и гибели. Незначительная мощность сформированного при посадке рекультивационного слоя, неблагоприятные физические свойства подстилающих шахтных пород, их значительная плотность и фитотоксичность, а также недостаток влаги в корнеобитаемом слое обусловили ухудшение водного и воздушного режима, значительно осложнили рост растений и способствовали их гибели. При этом фиксировалось увеличение плотности горных пород со временем, снижение общей порозности и диапазона активной влаги. По результатам проведенных работ делается вывод о целесообразности использования насаждений тополя только в качестве пионерных культур на начальных стадиях рекультивации [1].

Устойчивость лесных насаждений на рекультивируемых землях в значительной степени зависит от состава и свойств пород, вынесенных на дневную поверхность, качества подготовки почвы, учета экологической обстановки. Результаты проведенных исследований по оценке состояния лесных насаждений на рекультивируемых землях позволяют дать некоторые рекомендации.

1. На месторождениях с неблагоприятными свойствами горных пород целесообразно создание временных лесных насаждений из быстрорастущих и почвоулучшающих древесно-кустарниковых пород (ива, тополь, ольха, акация и др.).

2. При рекультивации нарушенных земель с использованием семян хвойных пород (сосны, ели и др.) необходимо вводить в состав насаждений 15-20% лиственных пород и/или сохранять их самосев для скорейшего формирования лесной подстилки, ускорения почвообразования, снижения пожароопасности и улучшения роста основных пород.

3. В зоне влияния выбросов металлургических, химических, энергетических предприятий при рекультивации следует использовать преимущественно семена, саженцы, черенки лиственных пород как более устойчивые к атмосферному загрязнению.

4. Формирование отвалов вскрышных, шахтных пород на предельном контуре (при достижении проектных отметок) следует проводить по возможности рыхлыми моренными отложениями, осуществляя частичную планировку отвалов легкой техникой, избегая чрезмерного уплотнения пород.

ЛИТЕРАТУРА

1. Масюк А.Н. Причины гибели тополевых насаждений на рекультивированных землях Западного Донбасса // Природно-техногенные комплексы: рекультивация и устойчивое функционирование: Матер. Междунар. науч. конф. Новосибирск, 2013. С. 147-149.

ДИНАМИКА ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ЛЕСНЫХ ПОЧВАХ ПОД ПЛАНТАЦИЯМИ С БЫСТРОРАСТУЩИМИ ФОРМАМИ ОСИНЫ

А.С. Комаров¹, С.С. Быховец¹, А.А. Ларионова¹, В.Г. Лебедев²,
И.В. Припутина¹, Г.Г. Фролова¹, В.Н. Шанин¹, К.А. Шестибратов²

¹ Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,
г. Пушкино

² Филиал Института биоорганической химии
им. акад. М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова РАН, г. Пушкино

Растущие потребности экономики в древесном сырье могут быть удовлетворены за счет промышленных лесных плантаций, заложенных на основе быстрорастущих древесных видов, в том числе с использованием генетически модифицированных растений с улучшенными ростовыми характеристиками и биохимическим составом. При этом неизбежно возникают вопросы о влиянии таких растений на окружающую среду. Помочь ответить на них должно математическое моделирование круговорота углерода и азота в таких искусственных экосистемах.

С целью анализа возможных последствий предполагаемого выращивания модифицированных растений осины (*Populus tremula*), полученных в ФИБХ РАН [5], первоначально [1] была использована модифицированная модель динамики органического вещества лесных почв ROMUL [3, 1]. Моделировалось влияние выращивания деревьев с модифицированным геном ксиланглюканазы Xeg (изменяющим содержание гемицеллюлозы) и геном 4-кумарат-коА-лигазы 4CL (снижающим содержание и изменяющим состав лигнина) в сравнении с немодифицированными деревьями. Сценарии предполагали выращивание плантаций осины с 30- и 60-летними оборотами рубок в почвенно-климатических условиях северо-запада Ленинградской области. Специально поставленные эксперименты по разложению растительных тканей трансгенных и контрольных растений осины позволили уточнить скорости трансформации опада исследуемых растений. В модельных сценариях опавов были также учтены различия в скорости роста разных линий осины. Результаты моделирования показали, что при принятых предположениях введение трансгенных деревьев в плантационное хозяйство не приводит к необратимым изменениям в биологическом круговороте углерода и азота в лесных почвах, ведущим к потере устойчивости лесных экосистем. Изменения в пулах углерода и азота не превышают 5-7%, т.е. меньше реального влияния лесохозяйственных операций (режима рубок).

Но для более глубокого и всестороннего анализа проблемы требуется использование полной системы моделей лесной экосистемы EFIMOD [2, 4], позволяющей более корректно замкнуть циклы углерода и азота и учесть обратные связи в системе. Для этого произведено уточнение параметров роста природной осины, используемых в модели EFIMOD по современным литературным данным, а также оценка изменения указанных параметров для модифицированных деревьев в той мере, в какой это возможно по данным краткосрочных экспериментов. Кроме того, расширен географический диапазон исследований: модельные эксперименты проведены для ряда регионов центра и востока европейской России.

Результаты экспериментов подтвердили сделанные ранее выводы.

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках проекта № 14.616.21.0013 от 17 сентября 2014 г. по теме «Разработка технологии оценки и прогнозирования экологических эффектов выращивания лесных плантаций на основе биотехнологических форм деревьев с заданными свойствами (увеличенная скорость роста, усиленная ассимиляцией азота почвы, пониженное содержание лигнина, повышенное содержание целлюлозы)».

ЛИТЕРАТУРА

1. *Комаров А.С., Быховец С.С., Ларионова А.А.* и др. Модельная оценка биологического круговорота в лесных плантациях с генно-модифицированными деревьями осины // Математическое моделирование в экологии. ЭкоМатМод-2013: Матер. III конф. Пущино, 2013. С. 137-138.
2. *Комаров А.С.* и др. Моделирование динамики органического вещества в лесных экосистемах / Под ред. В.Н. Кудярова. М.: Наука, 2007. 380 с.
3. *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 modeling // *Ecol. Mod.*, 2001. Vol. 138. P. 289-308.
4. *Komarov A.S., Chertov O.G., Zudin S.L.* et al. EFIMOD 2 – a model of growth and cycling of elements in boreal forest ecosystems // *Ecol. Mod.*, 2003. Vol. 170. P. 373-392.
5. *Schestibratov K., Lebedev V., Podrezov A., Salmova M.* Transgenic aspen and birch trees for Russian plantation forests // *BMC Proceedings*, 2011. Vol. 5 (Suppl. 7). P. 124.

МОДЕЛИРОВАНИЕ КРУГОВОРОТА УГЛЕРОДА И АЗОТА В ПОПУЛЯЦИЯХ КУСТАРНИЧКОВ

А.С. Комаров, Е.В. Зубкова, П.В. Фролов, С.С. Быховец

Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,
г. Пущино

Важную роль в выполнении экосистемных функций играет недревесная продукция, которая активно участвует в биогеохимических циклах элементов. Например, круговорот элементов в северной тайге в ельнике чернично-зеленомошном происходит в древостоях и напочвенном покрове примерно в равных долях [1]. Это, как правило, в модельных представлениях не учитывается. В бореальных лесах и тундре широко распространены кустарнички рода *Vaccinium*, в том числе черника, брусника и др., относящиеся к клональным корневищным растениям. Существующие модели продуктивности лесных растений обычно рассматривают модели древостоев, в которых дерево относится к стержнекорневой жизненной форме. В этом случае описать динамику древостоя можно в терминах индивидуально-ориентированных моделей [3]. В них предполагается, что стволы деревьев размещены в пространстве, имеют точные координаты и дендрологические описания (высота, диаметр, биомасса и т.д.), а рост и продуктивность каждого дерева зависят от конкурентных отношений (затенение, корневая конкуренция) с соседними деревьями. Это сильно упрощает структуру модели и ее параметризацию.

Однако перенести такой подход на случай кустарничков напрямую оказывается невозможным. Развитие растений этой жизненной формы происходит, создавая клоны со сложной пространственной структурой. Это затрудняет как моделирование этой структуры, так и ее параметризацию по экспериментальным данным. Нами был разработан базовый программный продукт CAMPUS, предназначенный для моделирования геометрии разрастания и расселения растений с различными типами онтогенеза при индивидуальном росте и развитии. Программа включает конструктор онтогенетических состояний, настройка вероятностей перехода между возрастными состояниями, модуль ввода характеристик среды, модуль ввода общих параметров модели и модуль, реализующий собственно моделирование. Разработанная модель динамики клонов кустарничков в терминах динамики парциальных кустов и/или проективного покрытия позволяет исследовать условия самоподдержания ценопопуляций кустарничков отдельных видов при инвазии на свободное простран-

ство, анализ возможности совместного сосуществования клонов двух разных видов, а также при различной неоднородности среды.

Развитием данной модели является модель, описывающая суммарную динамику биомассы кустарничков и их фракций (корневища, побеги, листва, тонкие корни, плоды) на основе данных, полученных при дискретном описании онтогенезов и привлеченных дополнительных данных по продуктивности и биомассе фракций растений. Основой для ее построения становится объединение структурной модели, описанной выше, и найденных нами устойчивых соотношений между фракциями биомассы черники и брусники в виде ранговых распределений [6], параметры которых зависят от условий местообитания.

Завершением разработанной системы моделей явилось объединение разработанных моделей с моделью динамики органического вещества в почве ROMUL [4], которая, в свою очередь, связана с генератором почвенной погоды SCLISS [2]. Это позволило замкнуть описания круговоротов углерода и азота в системе кустарнички–почва. Тестирование системы моделей показало ее адекватность при описании популяций и сообществ кустарничков. В дальнейшем планируется включение модели динамики биомассы кустарничков в систему моделей круговорота углерода и азота EFIMOD [5].

ЛИТЕРАТУРА

1. Бобкова К.С. Биологическая продуктивность хвойных лесов европейского Северо-Востока. Л.: Наука, 1987. 156 с.
2. Быховец С.С., Комаров А.С. Простой статистический имитатор климата почвы с месячным шагом // Почвоведение, 2002. № 4. С. 443-452.
3. Комаров А.С. Пространственные индивидуально-ориентированные модели лесных экосистем // Лесоведение, 2010, № 2. С. 60-68.
4. 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 // Ecol. Mod., 2001. Vol. 138. P. 289-308.
5. Komarov A.S., Chertov O.G., Zudin S.L. et al. EFIMOD 2 – a model of growth and cycling of elements in boreal forest ecosystems // Ecol. Mod.. 2003. Vol. 170. P. 373-392.
6. Komarov A.S., Zubkova E.V., Salemaa M., Mäkipää R. Rank distributions and biomass partitioning of plants // Proceedings of the 7th International Conference on Functional-Structural Plant Models. METLA, 2013. P. 67-69.

ВЫДЕЛЕНИЕ CO_2 С ПОВЕРХНОСТИ ПОЧВЫ СРЕДНЕТАЕЖНОЙ ВЫРУБКИ ЕЛЬНИКА ДОЛГОМОШНО-СФАГНОВОГО

М.А. Кузнецов

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

В настоящее время сплошнолесосечные рубки в исследуемом регионе проводятся на площади 25-30 тыс. га в год и являются основным методом заготовки древесины у лесопользователей [2]. После рубки леса наблюдаются значительные изменения радиационного баланса в фитоценозах, физико-химических свойств и гидротермических условий почв, возрастание микробиологической активности почв и подстилки, смена биоценоза. Нарушение растительного и почвенного покровов, несомненно, оказывает влияние и на процесс выделения диоксида углерода с поверхности почвы.

Работа выполнена в Республике Коми на территории Чернамского лесозоологического стационара Института биологии Коми НЦ УрО РАН (62°00' с.ш. и 50°30' в.д.). Исследования проводили в 2012-2014 гг. на пасечном участке вырубки ельника долгомошно-сфагнутого на болотно-подзолистых почвах. Подробная характеристика объекта исследования приведена К.С. Бобковой и Н.В. Лихановой [1]. Концентрацию CO_2 регистрировали воздушно-циркуляционной темной камерой с помощью анализатора LI-COR 8100 (LI-COR Biosciences, США).

Эмиссия CO_2 почвой 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. Выделение CO_2 с поверхности почвы вырубки ельника долгомошно-сфагнутого в среднем за три года варьирует в широких пределах. В зависимости от погодных условий эмиссия диоксида углерода в мае составляет $0.10\text{--}1.50 \text{ } \mu\text{моль м}^{-2}\text{с}^{-1}$, достигая максимума в июне-июле – $0.27\text{--}3.13 \text{ } \mu\text{моль м}^{-2}\text{с}^{-1}$. Непрерывная регистрация потока CO_2 с поверхности почвы позволила выявить значительные суточные колебания в его интенсивности. Анализ суточных данных потоков CO_2 из почвы показывает наличие многочисленных кратковременных всплесков выделения углекислоты в атмосферу, особенно хорошо заметных в ночное время. Такие флуктуации были зафиксированы в ельнике чернично-сфагновом в подзоне южной тайги [3]. Кратковременные всплески возможны, видимо, за счет выноса CO_2 с поверхности переувлажненной торфянистой почвы, особенно в ночное время при не-

устойчивой стратификации слоя воздуха внутри древостоя. Следует отметить, что ночные кратковременные флуктуации эмиссии CO_2 с поверхности почвы в июне-июле достигают $7\text{--}10 \text{ моль м}^{-2}\text{с}^{-1}$. В октябре выделение углекислого газа с поверхности почвы вырубки составляла $0.58\text{--}1.10 \text{ моль м}^{-2}\text{с}^{-1}$, что объясняется особенностями гидротермического режима почв.

Таким образом, полученные за три сезона наблюдения позволили выявить основной тренд процесса выделения CO_2 с поверхности торфянисто-подзолисто-глеевой почвы вырубки ельника долгомошно-сфагнового.

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. Лесное хозяйство и лесные ресурсы Республики Коми / Под ред. Г.М. Козубова, А.И. Таскаева. М.: «ДИК», 2000. 512 с.
3. Ольчев А.В., Курбатова Ю.А., Варлагин А.В., Выгодская Н.Н. Модельный подход для описания переноса CO_2 между лесными экосистемами и атмосферой // Лесоведение, 2008. № 3. С. 3-14.

ЭЛЕМЕНТЫ КРУГОВОРОТА С И N В НАТИВНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ ПОЛУПУСТЫНИ

Н.Ю. Кулакова

Институт лесоведения РАН, с. Успенское, Московская обл.

В антропогенных экосистемах полупустыни изменяются параметры круговорота углерода и азота.

Цель работы – сравнение скорости разложения органического материала, поступающего на поверхность почвы, сопоставление запасов азота и углерода, консервирующихся на поверхности почвы в нативных и антропогенных экосистемах полупустыни за год, а также исследование влияния этих процессов на запасы азота и углерода в почве.

Работа проводилась в Северном Прикаспии (Волгоградская область, $49^{\circ}25'$ с.ш., $46^{\circ}46'$ в.д.), на Джаныбекском стационаре ИЛАН РАН. Исследовалась скорость разложения: 1) сухих частей травянистых растений в пустынных и степных нативных экосистемах; 2) опавших листьев в насаждении дуба черешчатого (*Quercus robur*) 75-летнего возраста.

Специальные сетчатые пакеты с образцами растений, доминирующих в степной и пустынной растительных ассоциациях, фиксировались на тех элементах рельефа, где произрастали растения – типчак (*Festuca sulcata* Hack) и ковыль (*Stipa lessingiana* Trin. & Rupr) в микропонижениях с лугово-каштановыми почвами, а полынь черная (*Artemisia pauciflora* Web) и прутняк (*Kochia prostrata* Schrad) – на микроповышениях с солонцами. Растения одного вида образуют пятна от 0.5 до нескольких метров в диаметре, поступление опада растений одного вида локализовано, поэтому каждый пакет содержал растения только одного вида. Пакеты с листьями дуба закрепляли на поверхность почвы, непосредственно под деревьями, где они были собраны (в мезопонижениях на лугово-каштановых почвах).

Был заложен многолетний опыт. После первого года компостирования изъяли для анализа по шесть образцов с каждым видом растений. До и после компостирования в них определяли массу и влажность. В растительных и почвенных образцах, отобранных в 4-6-кратной повторности из скважин в каждой из исследуемых экосистем, находили концентрацию С и N на анализаторе элементного состава.

Скорость разложения листьев дуба оказалась в 1.2 раза ниже, чем травянистых растительных остатков.

В процессе разложения состав материала существенно изменился. Потери углерода в образцах травянистых растений разного вида были примерно одинаковыми – 26-30% от первоначального запаса. Наименьшие изменения отмечены в опаде дуба – потери углерода составили 5%. Наибольшие потери азота зафиксированы в образцах прутняка – 61%. Из опада полыни и дуба теряется 20-23% азота, а у злаков запасы азота после компостирования практически не изменялись.

Учитывая объем материала, поступающего на поверхность почв в рассматриваемых экосистемах [1, 2], подсчитано, что годовое депонирование азота и углерода на поверхности почв в насаждениях дуба черешчатого увеличивается примерно в два раза относительно степных биоценозов. Это происходит как за счет большего объема поступающего органического материала, так и за счет уменьшения скорости процессов разложения.

Показано, что изменения в поступлении азота и углерода в почву в лесных экосистемах сказываются на перераспределении запасов этих элементов в почвенном профиле. Под насаждением дуба запасы С и N в 60-сантиметровой толще почвы были примерно такими же, как в степной растительной ассоциации, но имело место увеличение запасов углерода и азота в лесной подстил-

ке относительно степного войлока примерно в два раза и уменьшение в слое 5-60 см в 1.3 раза. Достоверные различия в содержании азота между слоями лесной почвы и почвы под травянистой растительностью наблюдались на глубинах 0-5, 5-10, 10-20 и 20-30 см, а в содержании углерода – 30-40, 40-50 и 50-60 см.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (13-04-00469).

ЛИТЕРАТУРА

1. Оловяnnикова И.Н. Динамика продуктивности растительного покрова в Заволжской глинистой полупустыне // Бот. журн., 1985. Т. 89. С. 1122-1137.

2. Kulakova N. Impact of plant species on the formation of carbon and nitrogen stock in soils under semi-desert conditions // European Journal of Forest Research, 2012. Vol. 131. Issue 6. P. 1717-1726.

SUSTAINABLE FOREST AND WILDLIFE RESOURCES IN CZECH REPUBLIC

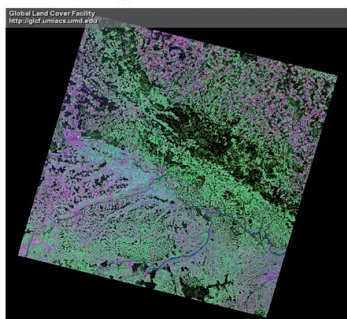
P. Lemenkova

Charles University in Prague, Faculty of Science,
Institute for Environmental Studies, Prague, Czech Republic

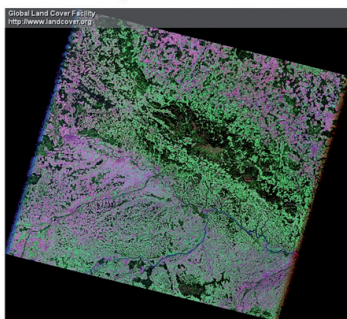
The study area is Šumava National Park (ŠNP), the largest of the four national parks located in the south-west of Czech Republic, on the border with Germany. Being a unique mosaic of natural and secondary habitats of exceptional natural value of European-wide significance, the ŠNP is established as a special regime of environmental protection with unique biological communities. The area is represented by the vast wooded areas, precious mountain spruce and protected mixed forests of various ages, peat bogs, meadows biotops. Altogether, they create a unique mosaic of biotopes, which encompass a variety of rare, endemic and endangered species. Geobotanically, the ŠNP belongs to the Bohemian Forest divided into two national parks, located in Czech Republic and Germany.

However, parts of the ŠNP experienced changes in the landscapes due to climate changes and human impacts. Some parts of ŠNP were previously deforested and used for agriculture since the last decades. At the same time, many species are threatened by land-use changes [1]. Other anthropogenic activities in Šumava area include treatments of mountain meadows and soils regularly practiced in the ŠNP, which significantly affected plant species diversity, shifts of dominance among certain species, decrease of the

Landsat TM, 1991-08-07



Landsat TM, 2009-08-24



Satellite remote sensing data (Landsat TM) covering Šumava area.

species richness [3]. Other triggers of ecosystem dynamics include multi-year variation of climatic parameters and natural vegetation succession. As a result, the mountain vegetation is gradually degrading. At the same time, rural landscapes strongly influenced by human activities should be maintained in view of decreasing production. The environmental sustainability is highly important in the area of Šumava [2].

The research aim was to analyse how the ecosystem landscapes located within the study area changed since 1991 until 2009 (18-year time span) using remote sensing data and GIS. The data include GIS layers and Landsat TM images with 18-years interval (1991 and 2009). Methodology included following major steps: 1) Data capture; 2) GIS project. 3) Geo-referencing; 4) Activating GDAL remote sensing plugins. 5) Preliminary data processing. 6) Generating contour layers; 7) Landsat TM Colour composition; 8) Defining Study Area; 9) False colour composites; 10) Image classification; 11) Spatial analysis. The GIS analysis is used to test the importance of the natural and human-induced land used changes for survival of the important floristic locations in several case studies.

The outcomes are illustrated by two maps showing geographic distribution of land cover types within the study area in given time periods of 18-year time span. The results demonstrate visualization of the ecosystems in 1991 and 2009 showing dynamics of land cover types in the given time. The work demonstrated effective application of QGIS software combined with multi-source data (remote sensing and geoinformatics) for the purpose of environmental protection of precious areas of the Šumava National Park. The combination of remote sensing data and GIS tool for pattern recognition is proved to be effective tool for geo-botanical research. The spatio-

temporal analysis was applied to raster images taken at 1991 and 2009 which enabled to process geospatial data and to derive information for geobotanical modelling. The images classification was used to analyse changes in the ŠNP area that consist in different geobotanical land cover types. The results of spatial analysis demonstrated that structure, shape and configuration of landscapes in ŠNP changed since 1991.

REFERENCES

1. *Bucharová A., Brabec J., Münzbergová Z.* Effect of land use and climate change on the future fate of populations of an endemic species in central Europe // *Biological Conservation*, 2012. № 145. P. 39-47.
2. *Cudlinova E., Lapka M., Bartos M.* Problems of agriculture and landscape management as perceived by farmers of the Šumava Mountains (Czech Republic) // *Landscape and Urban Planning*, 1999. №46. P. 71-82.
3. *Maskova Z., Dolezal J., Kvet J., Zemek F.* Long-term functioning of a species-rich mountain meadow under different management regimes // *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2009. № 132. P. 192-202.

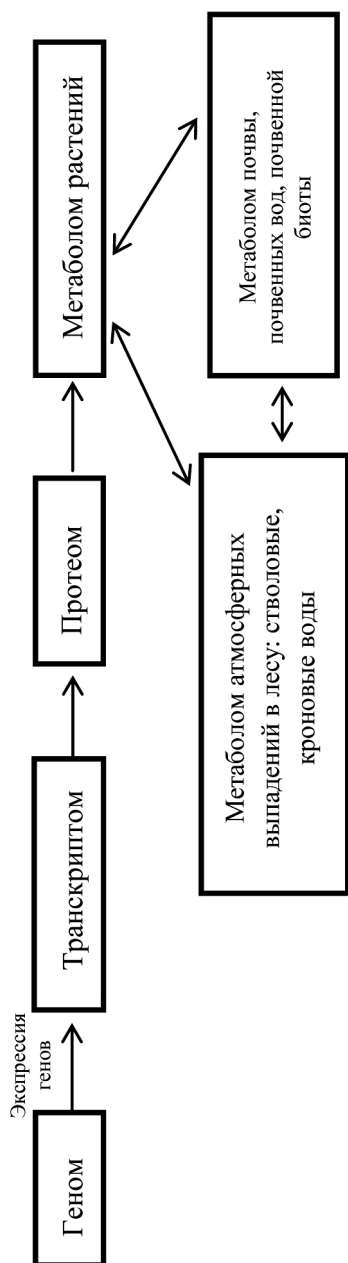
МЕТАБОЛОМИКА ЛЕСНЫХ РАСТЕНИЙ, ПОЧВ И БИОГЕОЦЕНОЗОВ

Н.В. Лукина¹, М.А. Орлова¹, Н.А. Артемкина²

¹ Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН, г. Москва

² Институт проблем промышленной экологии Севера Кольского НЦ РАН, г. Апатиты

Развитие современных технологий, таких как спектроскопия протонного магнитного резонанса, ядерного магнитного резонанса, высокоэффективная жидкостная хроматография и газовая хроматография с масс-спектрометрией, биоинформатика, big-data и т.д., произвели революцию в возможностях исследований биологических систем. Появились новые области исследований, так называемые «омики»: геномика, транскриптомика, протеомика, метаболомика. В отличие от транскриптомики и протеомики, метаболомика позволяет давать прямые оценки фенотипического ответа. Компоненты метаболома рассматривают как конечные продукты экспрессии генов, которые определяют биохимические фенотипы клетки, тканей и целого организма (см. рисунок). Метаболомика – общий термин, определяющий научную область, характеризующую пул низкомолекулярных органических метаболитов, выделяемых живыми организмами в ответ на воздействия/раздражитель. К важнейшим компонентам метаболома растений относят, например, углеводы, аминокислоты, органические кислоты, липиды и жирные кислоты, витамины и различ-



Метаболом растений как конечный продукт экспрессии генов и его связь с компонентами биогеоценоза.

ные классы естественных продуктов, например, фенилпропаноиды, терпеноиды, алкалоиды, глюкоиналаты и др. Количественные и качественные оценки значительного ряда клеточных метаболитов позволяют охарактеризовать биохимический статус организма, который может быть использован для мониторинга и оценки функции генов.

Недавно появилось понятие экометабономика, целью которой является анализ метаболома, общего числа метаболитов и их динамики в связи с изменениями окружающей среды. Метабономика направлена на анализ полного метаболома, т.е. всех метаболитов, которые продуцирует организм в данный момент. Она обеспечивает фенотипический ответ в конкретных условиях окружающей среды. Это мощный инструмент контроля фенотипической вариабельности одного генотипа в ответ на происходящие изменения. Связи экометабономики с геномикой, транскриптомикой, экосистемной стехиометрией, биологией сообществ и биогеохимией позволят получать новые знания о трофических связях, экологических нишах, циклах элементов питания, глобальных изменениях и т.д. Возможность использования технологий метабономики в почвенных и экологических исследованиях внесет ценный вклад в развитие представлений о функциях лесных почв и биогеоценозов. Для связей с биогеохимией

метаболизма лесных биогеоценозов должна включать в себя исследование метаболизма лесных растений, атмосферных выпадений (стволовых, кроновых и межкروновых), почвенной биоты и почв, включая почвенные воды, и взаимосвязи между ними.

Исследования связей между метаболизмом растений, почвенной биоты (микроорганизмов и животных), свойствами почв и их динамикой в условиях комбинированного действия природных и антропогенных факторов – одна из приоритетных задач лесного почвоведения. Важнейшим аспектом развития метаболизма лесных биогеоценозов является изучение изменений метаболизма растений в связи с формированием микоризы, влиянием на растения патогенов (грибов, бактерий), насекомых, травоядных животных, а также внутри- и межвидовыми взаимодействиями растений.

Поскольку в настоящее время не существует единого метода для определения всего метаболизма растений (более 50 тыс. метаболитов), почвенной биоты, почв и других компонентов лесных экосистем, для развития этого современного направления необходимо объединение усилий ученых и институтов, на базе которых развиваются современные эффективные технологии.

Работа выполнена в рамках темы государственного задания ЦЭПЛ РАН «Сохранение и восстановление экологических функций лесных почв» (0110-2014-0004), а также поддержана грантом РФФИ № 13-04-01644-а, РФФИ № 15-29-02697 офи_м.

ВЛИЯНИЕ АЗОТА НА ЭМИССИЮ CO_2 И МИНЕРАЛИЗАЦИЮ УГЛЕРОДА В ПОЧВАХ ПОД ЛИСТВЕННИЦЕЙ СИБИРСКОЙ И СОСНОЙ ОБЫКНОВЕННОЙ

А.И. Матвиенко, О.В. Меняйло

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

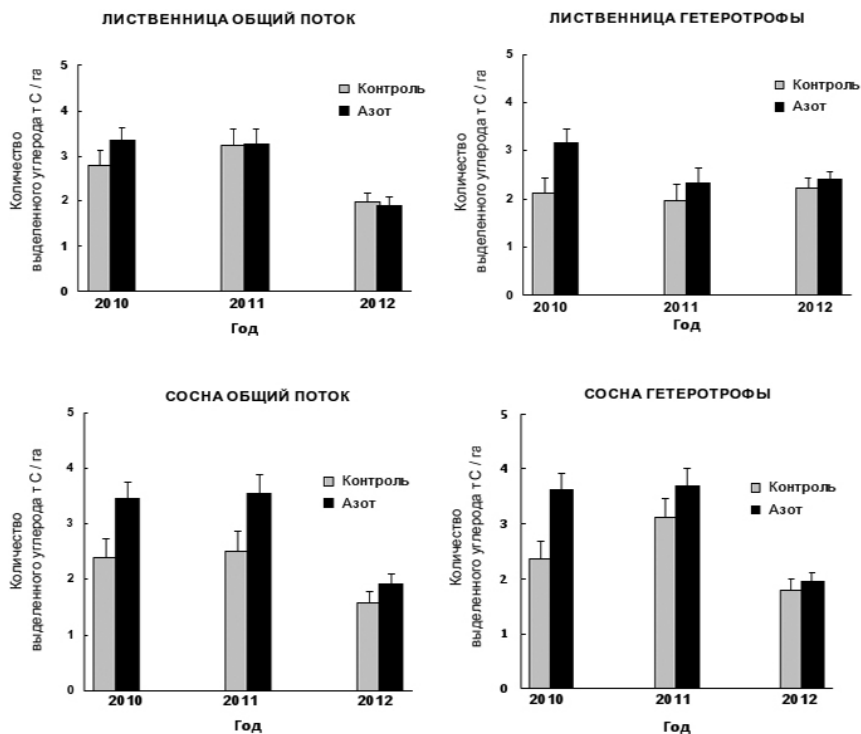
В последнее время все большее беспокойство в мире вызывает проблема увеличения азотных осадков и их влияние на цикл углерода [1, 2, 4].

Цель нашей работы – изучить влияние добавления азота на судьбу почвенного углерода в почве под лиственницей сибирской и сосной обыкновенной. В задачи входило установление влияния азота на 1) общий поток CO_2 и 2) гетеротрофную активность под двумя древесными породами в полевых условиях.

Для того, чтобы оценить влияние азота на гетеротрофный и автотрофный компоненты дыхания отдельно, в трехлетнем по-

левом эксперименте было использовано два вида колец – мелкое, устанавливалось на границе органического и минерального слоя почвы, и глубокое, перерезающее корни и микоризу на глубину до 25 см. Эмиссия CO_2 из мелкого кольца характеризовала общий поток CO_2 , включающий все компоненты почвенного дыхания (корни, микориза, гетеротрофы), поток CO_2 из второго, глубокого, кольца имел только гетеротрофное происхождение.

Кольца установлены 1 мая 2010 г. в лиственничнике и сосняке одного возраста, произрастающих на изначально одинаковой серой лесной почве (опыт Н.В. Орловского). Азот был внесен месяц спустя – в июне 2010 г. – в форме нитрата аммония (в сухом виде) на участках площадью 8 м^2 в четырех повторностях из расчета 50 кг N/га . Измерения скорости эмиссии CO_2 почв проводи-



Количество углерода, выделенного всеми биологическими источниками и гетеротрофами под лиственницей и сосной в течение вегетационных периодов 2010-2012 гг. Приведены средние значения и стандартные ошибки ($n = 4$).

лись три года (с 2010 по 2012 г.) каждые две недели с мая по октябрь с помощью инфракрасного анализатора (Li-Cor 8100).

В полевом эксперименте обнаружился положительный эффект азота на минерализацию углерода, который был значимым даже для общей эмиссии CO_2 за сезон. Внесение азота увеличило общую эмиссию CO_2 под сосной в течение первого и второго годов эксперимента, а под лиственницей – только в первый. В третий год эффект азота отсутствовал. Суммарные потери почвенного углерода за два года за счет внесения 50 кг N/га составили 600-650 кг под лиственницей и в три раза больше (1800-2000 N/га) – под сосной. Известно, что внесение азота приводит к дополнительному накоплению углерода в надземной биомассе [3]. Оказалось, потери C из почвы могут составлять половину (как и под лиственницей) и даже превышать его накопление растительной биомассой (под сосной), уменьшая или вообще сводя на нет эффект от внесения минеральных азотных удобрений.

Таким образом, полевой эксперимент с разным типом колец показал, что увеличение потока CO_2 связано в основном с повышением активности гетеротрофов. Это подтвердилось в лабораторном инкубационном эксперименте, который также показал, что повышение активности гетеротрофного сообщества происходит в подстилках, а не в минеральных горизонтах почв.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Меняйло О.В., Степанов А.Л., Макаров М.И., Конрад Р.* Влияние азота на окисление метана почвами под разными древесными породами // ДАН, 2012. Т. 447. № 1. С. 103-105 [Doklady Biological Sciences, 2012. Vol. 447. P. 335-337].
2. *Fields S.* Global Nitrogen: Cycling out of Control // Environ Health Perspect, 2004. Vol. 10. P. 556-563.
3. *Fleischer K., Rebel K.T., van der Molen M.K. et al.* The contribution of nitrogen deposition to the photosynthetic capacity of forests // Global Biogeochem. Cycles, 2013. Vol. 27. P. 187-199.
4. *Vitousek P.M., Aber J.D., Howarth R.W. et al.* Human alteration of the global nitrogen cycle: sources and consequences // Ecological Applications, 1997. Vol. 7. P. 737-750.

ВЛИЯНИЕ ДЕРЕВЬЕВ ЕЛИ РАЗНОГО ВОЗРАСТА И СОЦИАЛЬНОГО СТАТУСА НА ДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ ЕЛЬНИКОВ ЗЕЛЕНОМОШНЫХ

М.А. Орлова¹, Н.В. Лукина¹, В.Э. Смирнов², Н.А. Артемкина³

¹ Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН, г. Москва

² Институт математических проблем биологии РАН, г. Пущино

³ Институт проблем промышленной экологии Севера Кольского НЦ РАН,
г. Апатиты

Анализ многочисленных литературных данных позволяет заключить, что хвойные древесные породы (ель, сосна), способствуют понижению pH, увеличению доли обменного алюминия, а лиственные – возрастанию степени насыщенности почв основаниями, обогащению их гумусом и азотом. На основе результатов экспериментов на плантациях, формируемых древесными растениями разных видов, достигших возраста 50-60 лет (common garden эксперименты), проведено ранжирование видов древесных растений в порядке снижения способности к подкислению: (*Picea abies*; *Picea sitchensis*; *Pinus sylvestris*) > (*Abies alba*; *Pseudotsuga menziesii*) > (*Betula pendula*; *Fagus sylvatica*; *Quercus petraea*; *Quercus robur*) > (*Acer platanoides*; *Carpinus betulus*; *Fraxinus excelsior*; *Tilia cordata*). Сделаны заключения о том, что ель *Picea abies* имеет негативный бюджет в отношении таких элементов питания, как кальций и магний, и подкисляет почвы. Нами показано, что почвы под елями старше 100 лет по сравнению с почвами межкروновых пространств богаче многими элементами питания, в том числе доступными соединениями кальция, а представление о более высокой кислотности почв под кронами ели соответствует только минеральному профилю. В условиях постоянного и интенсивного потока кислотообразующих веществ, поступающих со стволовыми и кроновыми водами, подкисления органического горизонта почв под деревьями ели старше 100 лет не происходит.

Цель исследования – провести сравнительную оценку влияния деревьев ели разного возраста и социального статуса на кислотность и плодородие почв ельников кустарничково-зеленомошных, широко распространенных в бореальной зоне.

Исследования проводили в центральной части Кольского п-ова (в окрестностях оз. Умбозеро) на трех пробных площадях, заложенных в ельниках кустарничково-зеленомошных в автоморфных ландшафтах. Объектами исследований послужили подзолы иллювиально-железистые. На пробных площадях идентифицированы следующие элементарные биогеоценотические аре-

алы (ЭБГА): межкроновые кустарничково-зеленомошные, ЭБГА западин на двух стадиях зарастания (10 и 30-40 лет), еловые кустарничково-зеленомошные, в которых возраст деревьев составлял 30-40, 110-135, 190-200 лет, и еловые мертвopoкpoвные с деревьями 190-220 лет. При этом для двух групп старше 110 лет проведена дифференциация деревьев по социальному статусу: выбраны господствующие деревья (1-2 класс Крафта) и деревья согoспoдcтвующие (3 класс Крафта).

Нами были «выстроены» три вероятных динамических ряда, в которых исходные состояния представлены почвами западин ВПК. При первом пути развития событий западины разных стадий зарастания заселяются елью, которая становится господствующим деревом 1-2 класса Крафта; при развитии событий по второму пути западины заселяются елью, которая становится согoспoдcтвующим деревом – 3 класс. Третий путь приводит к зарастанию западин кустарничками и зелеными мхами и формированию чернично-плеврозиумного ЭБГА.

Результаты исследования показали, что влияние ели на кислотность и плодородие почв зависит от возраста и социального статуса деревьев. Изменения кислотности органогенных горизонтов почв в ходе их развития от стадий зарастания западин до терминальных стадий развития деревьев разного социального статуса носит нелинейный характер: кислотность увеличивается, достигая максимума под елями 30-40 лет, а затем под деревьями старших возрастов снижается до уровня кислотности начальных стадий зарастания западин. При этом содержание азота и доступных соединений элементов питания под кроной постепенно возрастает. Отношения C/N в **органогенных горизонтах** под господствующими елями самого высокого возраста значительно уже, так же как и отношение лигнин/N – 25 против 33-37 в других ЭБГА. В минеральных горизонтах содержание основных катионов под кроной также возрастает, а их актуальная кислотность либо не изменяется (господствующие деревья), либо достигает максимума под деревьями 120 лет и далее существенно не изменяется (согoспoдcтвующие деревья).

Таким образом, представления о том, что ель способствует подкислению почв и снижению содержания элементов питания требуют пересмотра.

Работа выполнена в рамках темы государственного задания ЦЭПЛ РАН «Сохранение и восстановление экологических функций лесных почв»(0110-2014-0004), а также поддержана грантом РФФИ № 13-04-01644-а, РФФИ № 15-29-02697 офи_м.

ЭМИССИЯ CO_2 С ПОВЕРХНОСТИ ПОЧВЫ В РЕЗУЛЬТАТЕ ДЕСТРУКЦИИ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОСТАТКОВ В СОСНЯКЕ ЧЕРНИЧНОМ СРЕДНЕЙ ТАЙГИ

А.Ф. Осипов

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

В лесах бореального пояса почва – крупнейший пул углерода, пополнение которого происходит в процессе разложения и гумификации органического вещества, поступающего на поверхность почвы с растительным опадом [3, 4]. Большая часть высвобожденного при деструкции растительных остатков углерода возвращается в атмосферу с потоком CO_2 [1]. Следовательно, дыхание почвы является значительным источником диоксида углерода в атмосферу и представляет собой результат дыхания корней и разложения органического вещества почвы, растительного опада, крупных древесных остатков [2].

Цели данной работы: 1) охарактеризовать поступление и разложение растительных остатков на поверхности торфянисто-подзолистой почвы сосняка черничного средней тайги; 2) оценить вынос углерода с эмиссией CO_2 с поверхности почвы сосняка в течение вегетации.

Исследования выполнены в вегетационные периоды 2011–2013 гг. в спелом сосняке черничном на территории Чернамского стационара Института биологии Коми НЦ УрО РАН. Почва торфянисто-подзолисто-глееватая иллювиально-гумусовая песчаная, подстилаемая с глубины 60 см суглинками. Мощность органогенного горизонта – 10 ± 2 см, $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ – 3.7, концентрация углерода – 46%. Запасы углерода в лесной подстилке составляют $25 \pm 1.9 \cdot 10^2$ г м^{-2} .

Сбор опада осуществляли с помощью 20 опадоуловителей площадью 0.25 м^2 , размещенных на расстоянии 4–5 м друг от друга вдоль границ участка исследования. Опад собирали дважды в год: после схода снега (середина мая) и окончания листопада (начало октября). Для оценки разложения растительных остатков закладывали на год основные компоненты опада и лесную подстилку. Эмиссию CO_2 с поверхности почвы измеряли инфракрасным газоанализатором LI-COR 8100.

Ежегодное поступление углерода с опадом древесного яруса в спелом сосняке черничном составляет 85–125 г м^{-2} . Преобладает активная фракция (55–60%), на долю неактивной фракции приходится 36–42%. Растительные остатки, представленные почечными чешуйками и другими труднодифференцируемыми отмер-

шими остатками растений, занимают 3-4%. Следует отметить относительное постоянство фракционного состава древесного опада, поступающего в течение года. Так, на долю хвои сосны приходится 43%, хвои ели – 2, листьев березы – 8-12, ветвей – 7-8, коры – 10-11, растительных остатков – 4, корней – 17-18%. В исследуемом сосняке черничном масса опада растений травяно-кустарничкового и мохово-лишайникового ярусов составляет $57.7 \text{ г С м}^{-2} \text{ год}^{-1}$ или $28.0 \text{ г С м}^{-2} \text{ год}^{-1}$, общая масса опада в сосняке черничном – $228.4\text{-}308.6 \text{ г м}^{-2} \text{ год}^{-1}$ или $113.4\text{-}152.7 \text{ г С м}^{-2} \text{ год}^{-1}$. При разложении растительных остатков опада лесной подстилки в атмосферу выделяется около $251 \text{ г С м}^{-2} \text{ год}^{-1}$. Основной вклад в минерализационный поток C-CO_2 с поверхности почвы вносит деструкция органического вещества лесной подстилки.

Используя эмпирическую факторную модель зависимости между выделением CO_2 и температурой почвы на глубине 10 см, а также среднесуточные данные по динамике температуры на нижней границе лесной подстилки, была рассчитана эмиссия диоксида углерода с поверхности почвы в течение вегетации. Выявлено, что с поверхности торфянисто-подзолисто-глееватой иллювиально-гумусовой почвы спелого сосняка выделяется $243\text{-}313 \text{ г С м}^{-2}$. Более значительная эмиссия характерна для относительно теплого 2013 г. Полученные разными способами показатели эмиссии диоксида углерода с поверхности торфянисто-подзолисто-глееватой иллювиально-гумусовой почвы сосняка объясняются учетом дыхания корней растений в процессе определения потерь диоксида углерода из почвы при использовании камерного метода.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ведрова Э.Ф.* Интенсивность деструкции органического вещества серых почв в лесных экосистемах южной тайги Центральной Сибири // Почвоведение, 2008. № 8. С. 973-982.
2. *Кудеяров В.Н., Курганова И.Н.* Дыхание почв России: анализ базы данных, многолетний мониторинг, моделирование, общие оценки // Почвоведение, 2005. № 9. С. 1112-1121.
3. *De Luca T.H., Boisvenue C.* Boreal forest soil carbon: distribution, function and modeling // Forestry, 2012. Vol. 85. № 2. P. 161-184.
4. *Tarnocai C., Canadell J.G., Schuur E.A.G. et al.* Soil organic carbon pools in the northern circumpolar permafrost region // Global Biogeochemical Cycles, 2009. Vol. 23. P. GB2023.

ИНДИКАЦИЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ЛЕСНЫХ ПОЧВ СОЕДИНЕНИЯМИ АЗОТА

И.В. Припутина, Е.В. Зубкова

Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,
г. Пущино

Обеспеченность лесных почв соединениями азота входит в число ведущих факторов продуктивности лесов, определяя интенсивность и емкость биологического круговорота элементов в лесных экосистемах. При этом в почвоведении, лесоведении и геоботанике используются разные индикаторы богатства почв азотом, корреляции между которыми не установлены. Это затрудняет их совместное использование для решения задач модельного прогноза состояния и условий функционирования лесов при разных сценариях лесопользования и антропогенных изменений.

Цель данной работы – индикация и оценка азотного статуса лесных почв на основе сопряженного анализа почвенно-геохимических и геоботанических данных. Были проанализированы опубликованные данные комплексных исследований почвенного покрова и видового состава растительности травяно-кустарничкового яруса ельников средней тайги в Республике Коми [4] и сложных сосняков южно-таежной подзоны в Московской области [1, 5]. По данным о содержании в почвах N и C рассчитаны пулы этих элементов и соотношение C:N в разных горизонтах лесных почв, что позволило сравнить суммарные запасы и оценить обеспеченность лесных фитоценозов азотом на основе почвенно-экологических критериев [2]. Фитоиндикация азотного статуса почв выполнена с использованием экологических шкал Д.Н. Цыганова и Г. Элленберга; результаты этой части исследований представлены в работе [3].

В дерново-слабоподзолистых почвах легкого гранулометрического состава под старовозрастными сосняками запасы азота, рассчитанные для маломощной лесной подстилки и минеральных горизонтов почв (до глубины 50 см), составили 85-100 и 360-365 г N м⁻² соответственно. Соотношение C:N в подстилке было равным 22-26, а в минеральной части почвенного профиля – 9-11. В соответствии с существующей градацией гумусного состояния [2], обеспеченность азотом минеральных горизонтов данных лесных почв характеризуется как средняя.

В подзолистых почвах коренных ельников средней тайги распределение запасов азота между подстилкой (средней мощности) и верхними минеральными горизонтами менее дифференцирова-

но – 175-180 и 285-290 г N м⁻² соответственно. В почвах молодых березово-еловых лесов, формирующихся после зарастания вырубок, эта дифференциация выражена еще слабее за счет меньшего суммарного пула азота в минеральных горизонтах, равного 225-230 г N м⁻² (при 180-185 г N м⁻² в слое подстилки). Таким образом, рассмотренные сосновые леса южно-таежной подзоны и еловые леса средней тайги имеют практически равные запасы азота – около 400-450 г N м⁻² в верхнем, наиболее корнеобитаемом слое почвенного профиля. Но, несмотря на схожие параметры почвенных запасов, обогащенность азотом лесных почв средней тайги характеризуется как низкая (в минеральных горизонтах C:N = 14, в слое подстилки – 26-30).

Для рассмотренных лесных почв показана обратная корреляция запасов азота и величин C:N в слое подстилки, и прямая корреляция этих показателей в верхних минеральных горизонтах, что характеризует специфику трансформации растительного опада и органического вещества почв.

Данные фитоиндикации (балльные оценки по экологическим шкалам) согласуются с результатами оценок на основе почвенно-экологических показателей (прежде всего, значений C:N в минеральных горизонтах) и свидетельствуют о большей обеспеченности доступным азотом почв в сосняках Московской области, несмотря на низкие показатели запасов органического вещества и азота в этих почвах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мина В.Н., Васильева И.Н. Влияние подлеска на лесорастительные свойства почв сложных сосняков // Леса Подмосковья. М.: Наука, 1965. С. 43-62.
2. Орлов Д.С., Бирюкова О.Н., Суханова Н.И. Органическое вещество почв Российской Федерации. М.: Наука, 1996. 256 с.
3. Припутина И.В., Зубкова Е.В. Комаров А.С. Динамика обеспеченности азотом лесов Подмосковья: ретроспективные оценки по данным фитоиндикации // Лесоведение, 2015 (принято в печать).
4. Путеводитель научной почвенной экскурсии. Подзолистые почвы разновозрастных вырубок (подзона средней тайги) / Под ред. Г.А. Симонина. Сыктывкар, 2007. 43 с.
5. Стационарные биогеоценологические исследования в подзоне южной тайги / Под ред. В.Н. Сукачева. М.: Наука, 1964. С. 5-12.

РТУТЬ В ПОЧВАХ ОКСКОГО ЗАПОВЕДНИКА

Ю.Г. Удоенко
ООО «Экосервис», г. Воронеж

Ртуть – токсичный элемент, относящийся к первому классу опасности. Ее повышенное содержание в компонентах экосистем оказывает негативное влияние на здоровье человека и животных. Ежегодное поступление металла в окружающую среду оценивается в 6000-7500 т/год, 50-75% из которых приходится на техногенные источники. Кларк ртути в почвах мира по Виноградову [1] – 0.01 мг/кг, в литосфере – 0.08 мг/кг.

Большинство работ по изучению геохимического поведения ртути проводится на загрязненных территориях. Данные о содержании металла в почвах, испытывающих минимальную антропогенную нагрузку, немногочисленны. Это касается и лесных экосистем, где интенсивно происходят процессы биогеохимической миграции ртути, существенную роль в которых играет почвенный покров.

Нами исследовались почвы различных элементов мезорельефа Окского государственного природного биосферного заповедника. На I террасе р. Пра сформировались дерново-подзолистые песчаные почвы различной степени оглеения, занятые осиновыми и ольховыми лесами. Дерновые горизонты этих почв содержат 2.1-2.6% гумуса. В гумусово-аккумулятивном горизонте количество гумуса колеблется в пределах 1.2-2.2%. К прирусловой части поймы приурочена аллювиальная дерновая глеевая среднесуглинистая почва, занятая дубом. Содержание гумуса в гумусово-аккумулятивном горизонте – 2.2-2.7%. Во внепойменных замкнутых понижениях на I террасе р. Пра развилась торфяно-подзолистая почва. Количество органического углерода в торфяных горизонтах достигает 17.7-46.0%. Реакция среды во всех почвах колеблется от сильноокислой до кислой по всему профилю.

Верхние горизонты торфяно-подзолистой почвы Окского заповедника содержат наибольшее содержание ртути. Снижение концентраций металла в верхних горизонтах других биоценозов идет по ряду дубняк–ольшаник–осинник (см. таблицу). Максимальные установленные значения содержания ртути в два-шесть раз выше кларкового и в два-три раза ниже, чем в почвах Воронежского заповедника [2].

В почвах, приуроченных к I террасе р. Пра, отмечается резкое снижение содержания ртути с глубиной. В материнской по-

**Среднее содержание ртути (верхняя строка $X \pm S_x$, нижняя – min-max)
в почвах различных биоценозов Окского заповедника**

Биоценоз, почва	Hg, мг/кг
Болото, торфяно-подзолистая	0.032 ± 0.01 0.002-0.061
Дубняк, аллювиальная дерново-глеевая тяжелосуглинистая	0.03 ± 0.007 0.018-0.048
Ольшаник, дерново-подзолистая оглееная песчаная	0.014 ± 0.008 N-0.042
Осинник, дерново-подзолистая песчаная	0.01 ± 0.007 0.002-0.022

Примечания. X – среднее арифметическое, S_x – ошибка среднего, min – минимальное, max – максимальное установленное содержание ртути, N – ниже уровня определения прибора.

роде ее концентрация составляет следовые количества. В аллювиальной среднесуглинистой почве снижение содержания металла вниз по профилю происходит более плавно, что, вероятно, связано с высокой долей элемента, ассоциированного с илистой фракцией.

Статистически достоверная зависимость между содержанием ртути и гумуса установлена во всех почвах I террасы ($r = 0.94-0.99$; $p \leq 0.05$). В аллювиальной суглинистой почве статистически достоверной связи не отмечается. Это является следствием сорбции большой доли металла на поверхности мелкодисперсных частиц, а не только его накоплением в компонентах органического вещества, как в дерново-подзолистых и торфяных почвах.

Статистически достоверная отрицательная зависимость между содержанием ртути и реакцией среды почвенного раствора отмечена в торфяной почве заболоченного понижения ($r = -0.81$; $p \leq 0.01$). В почвах других типов подобная зависимость недостоверна.

Выводы: 1) установлено повышенное содержание ртути в почвах Окского заповедника по сравнению с кларком почв, пониженное – по сравнению с почвами Воронежского заповедника; 2) на накопление ртути в почвах основное влияние оказывают количество органического вещества и особенности гранулометрического состава.

ЛИТЕРАТУРА

1. Водяницкий Ю.Н. Тяжелые металлы и металлоиды в почвах. М.: Почвенный институт им. Докучаева РАСХН, 2008. 86 с.
2. Содержание ртути в почвах разных биотопов Воронежского заповедника / Ю.Г. Удоденко, Т.А. Девятова, В.А. Гремячих и др. // Проблемы региональной экологии, 2011. № 4. С. 105-110.

ПАРАМЕТРИЗАЦИЯ РОЛИ ФАУНЫ В ФОРМИРОВАНИИ ГУМУСА ДЛЯ МОДЕЛИ ДИНАМИКИ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ЛЕСНЫХ ПОЧВ

О.Г. Чертов¹, А.С. Комаров², С.С. Быховец², М.П. Шашков², П.В. Фролов²

¹Бингенский политехнический университет, г. Бинген на Рейне, Германия

²Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,
г. Пущино

Развитие динамического моделирования органического вещества почв (ОрВП) требует решения задачи по определению роли почвенной фауны в гумусообразовании, поскольку этот аспект практически не учитывается в современных моделях. На основе анализа и обработки доступных публикаций [3] выработана методика определения набора параметров и функций по влиянию почвенной микрофауны трофических сетей (ТС) и мезофауны дождевых червей на формирование продуктов их метаболизма и мортмассы как исходного материала гумификации. Эти параметры необходимы для интеграции в модель динамики ОрВП лесных почв ROMUL [4].

Теоретической основой работы являются: а) существующая с XIX в. концепция «форм гумуса» с выделением сообществ организмов-деструкторов; б) холистическая концепция биологической и экологической стехиометрии с акцентом на интеграцию различных уровней биологической и экологической организации и математическое моделирование [5].

В отношении микрофауны ТС было постулировано, что в почвенных ТС существуют аллометрические соотношения между гетеротрофным дыханием организмов при минерализации ОрВП и продуктами метаболизма биоты. Поскольку минерализация ОрВП определяется во всех моделях ОрВП, то открывается возможность определения и продуктов метаболизма почвенной фауны по соотношению с минерализацией ОрВП в рамках методики анализа и данных ТС [3, 7]. На основе этих материалов произведена типизация структуры ТС по горизонтам лесных почв (01, 02+03, A1/E) и также по грибному и бактериальному «энергетическим каналам» ТС [6]. Далее по экофизиологическим параметрам фауны ТС (эффективность ассимиляции пищи, расходов ассимилированной пищи на продукцию биомассы и дыхание, смертность) вычислены нормативы их дыхания, экскрементов (разница между потребленной и ассимилированной пищей) и мортмассы в каждом выделенном «типе» и энергетическом канале. Соотношения величин выхода экскрементов и мортмассы

к дыханию в ТС являются параметрами формирования продуктов метаболизма в зависимости от общего гетеротрофного дыхания всех организмов ТС. Для каждого «типа» ТС также вычислены функции для определения доступного азота в зависимости от C:N ОрВП по той же методике анализа ТС.

Для оценки активности почвенно-подстилочных дождевых червей собраны данные об их экофизиологических параметрах, пищевых предпочтениях, продукции копролитов и особенностях азотного цикла в копролитах [1, 2, 8]. По этим данным вычислены специфические параметры процессов в свежих копролитах, где наряду с интенсивной минерализацией ОрВП и азота наблюдаются активная азотфиксация и формирование стабильного гумуса.

Полученные материалы сведены в набор параметров для модели ОрВП ROMUL. Созданы модули активности микрофауны ТС и почвенно-подстилочных дождевых червей. Эти модули были интегрированы в ROMUL без изменения его базовой структуры. Тестирование новой версии для подзолистой (профильно дифференцированной, альбелювисоли) почвы тайги при поступлении опада различного качества показало, что в потоках трансформируемого органического вещества от опада к фракциям подстилки и к гумусовому горизонту пропорция продуктов метаболизма фауны составляет 2-5%. Накопление этого материала происходит только в ОЗ и А1.

Приведенные данные показывают перспективность учета продуктов метаболизма фауны ТС как источников гумусовых веществ и ОрВП копролитов дождевых червей в модели динамики ОрВП ROMUL. Включение этих модулей позволило также уточнить алгоритмы расчета минерализации азота.

ЛИТЕРАТУРА

1. Костина Н.В., Богданова Т.В., Умаров М.М. Биологическая активность копролитов дождевых червей // Вестник МГУ. Сер. 17. Почвоведение, 2011. № 1. С. 20-26.
2. Умаров М.М., Стриганова Б.Р., Костин Н.В. Особенности трансформации азота в кишечнике и копролитах дождевых червей // Изв. РАН. Сер. биол., 2008. № 6. С. 746-756.
3. Чертов О.Г. Количественная оценка продуктов метаболизма и мортмассы почвенной фауны как материала для гумификации в лесных почвах // Почвоведение, 2015. № 11 (в печати).
4. 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.

5. *Elser J.* Biological stoichiometry: a chemical bridge between ecosystem ecology and evolutionary biology // *American Naturalist*, 2006. Vol. 168. P. S25-S35.

6. *Holtkamp R., van der Wal A., Kardol P.* et al. Modelling C and N mineralisation in soil food webs during secondary succession on ex-arable land // *Soil Biology & Biochemistry*, 2011. Vol. 43. P. 251-260.

7. *Hunt H.W., Coleman D.C., Ingham E.R.* et al. The detrital food web in a shortgrass prairie // *Biology and Fertility of Soils*, 1987. Vol. 3. P. 57-68.

8. *Tiunov A. V., Scheu S.* Microbial biomass, biovolume and respiration in *Lumbricus terrestris* L. cast material of different age // *Soil Biology Biochemistry*, 2000. Vol. 32. P. 265-275.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОДУКЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАЗНОВОЗРАСТНЫХ ДРЕВОСТОЕВ

В.Н. Шанин¹, А.С. Комаров¹, R. Mäkipää²

¹ Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,
г. Пушкино

² Natural Resources Institute Finland, Vantaa, Finland

Задачей данной работы является поиск средствами имитационного моделирования оптимальной (с точки зрения сохранения баланса углерода) стратегии управления разновозрастными лесами. Были сформулированы следующие вопросы: 1) являются ли смешанные леса более продуктивными по сравнению с монокультурами за счет более эффективного использования ограниченных ресурсов; 2) возрастает ли эффективность использования ресурсов (в первую очередь, доступных для растений соединений азота в почве) в разновозрастных древостоях по сравнению с монокультурами; 3) способны ли разновозрастные леса долгое время поддерживать продуктивность на высоком уровне при естественном развитии и разных лесохозяйственных сценариях?

Использовалась система моделей EFIMOD [2], которая позволяет имитировать развитие древостоев с точным пространственным расположением деревьев. Функциональные возможности системы моделей EFIMOD расширены с помощью новой процедуры, имитирующей механизмы адаптации корневых систем деревьев к конкуренции со стороны соседних деревьев и к неоднородностям в распределении ресурсов почвы [3]. Модель была откалибрована и верифицирована на основе региональных таблиц хода роста [1].

Имитировалось развитие модельных участков леса при стационарном климате [5]. Для инициализации использованы дан-

ные по содержанию азота и органического вещества в почве [4]. Моделировалось развитие одно- и разновозрастных древостоев, сформированных березой повислой (*Betula pendula* Roth), елью обыкновенной (*Picea abies* (L.) Н. Karst.) и сосной обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.). Параметры древостоев (плотность, средняя высота, средний диаметр) были оценены на основе региональных таблиц хода роста [1]. Продолжительность периода моделирования составила 100 лет. Для оценки влияния неопределенности входных параметров на результаты использовалось статистическое моделирование методом Монте-Карло.

Имитировалось развитие древостоев при сценарии выборочных рубок, который предусматривал две рубки ухода (при возрасте древостоя в 25 и 50 лет) с изъятием отстающих в росте и нецелевых пород деревьев, а также последующую серию выборочных рубок с изъятием 30% лучших деревьев (по сумме площадей сечений) с оборотом рубки в 30 лет.

Результаты моделирования оценивались по нескольким ведущим переменным, в том числе эффективности потребления азота из почвы (1 кг азота на 1 кг массы тонких корней дерева) и величине нетто-экосистемной продукции (чистая первичная продукция за вычетом затрат на дыхание). Показано, что разновозрастные древостои демонстрируют более эффективное потребление ресурсов (за счет более равномерного распределения биомассы подземных органов), что приводит к росту их продуктивности по сравнению с одновозрастными монокультурами.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 15-04-05400) и Академии наук Финляндии (гранты № 140766 и 278151).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ilvessalo Y., Ilvessalo M.* Suomen metsätyypit metsiköiden luontalsen kehitys- ja puuntuotto-kyvyn valossa // Acta Forestalia Fennica, 1975. Vol. 144. P. 1-101.
2. *Komarov A.S., Chertov O.G., Zudin S.L.* et al. EFIMOD 2 – the system of simulation models of forest growth and elements cycles in forest ecosystems // Ecological Modelling, 2003. Vol. 170. P. 373-392.
3. *Shanin V., Mäkipää R., Shashkov M.* et al. A simple spatial model of belowground competition in mixed stands // 8th European Conference on Ecological Modelling, ECEM2014, October 27-30, 2014. Marrakech, Morocco. Conference proceedings. P. 31-32.
4. *Tamminen P.* Kangasmaan ravinnetunnusten ilmaiseminen ja viljavuuden alueellinen vaihtelu Etelä-Suomessa // Folia Forestalia, 1991. Vol. 777. P. 1-40.
5. *Venäläinen A., Tuomenvirta H., Pirinen P., Drebs A.* A basic Finnish climate data set 1961-2000 – description and illustrations // Finnish Meteorological Institute, Reports № 5. 2005. 27 p.

МОДЕЛЬ КОНКУРЕНЦИИ ДЕРЕВЬЕВ ЗА РЕСУРСЫ ПОЧВЫ

В.Н. Шанин¹, М.П. Шашков¹, Н.В. Иванова², Л.К. Рочева³, С.В. Москаленко¹,
Э.Р. Бурнашева⁴, А.С. Комаров¹, R. Mäkipää⁵

¹ Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,
г. Пушкино

² Институт математических проблем биологии РАН, г. Пушкино

³ Администрация ГО Пушкино, г. Пушкино

⁴ Башкирский государственный университет, г. Уфа

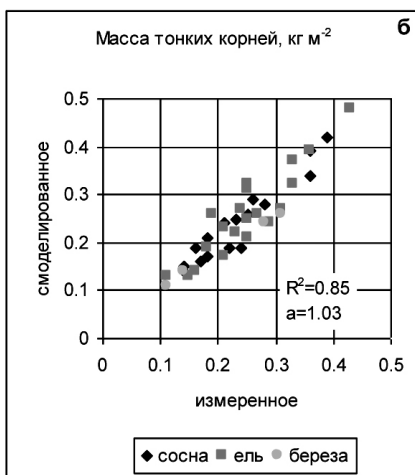
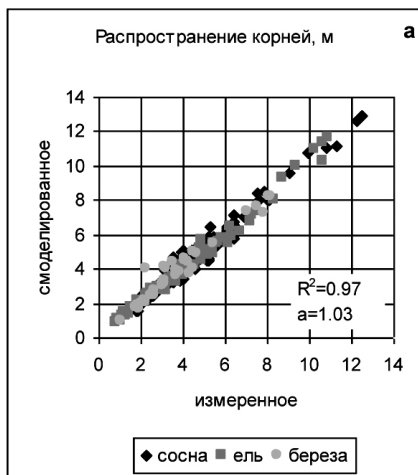
⁵ Natural Resources Institute Finland, Vantaa, Finland

В предложенной модели имитируемое пространство представлено квадратной решеткой, разделенной на ячейки одинакового размера. Зона распространения корневой системы дерева представлена набором ячеек. На первом этапе алгоритм определяет площадь питания на основе средней (l_{avg}) дальности распространения корней, которая является видоспецифичным параметром, зависящим от диаметра ствола, с дополнительными корректирующими множителями, учитывающими условия местобитания (влажность и богатство почвы). Далее рассчитывается общая площадь, занимаемая корневой системой каждого дерева (как площадь круга с радиусом, равным l_{avg}).

Для определения очередности включения новых ячеек в зону питания рассчитывается параметр $p = f(d) \cdot f(m) \cdot f(n)$, где $f(d)$ – вероятность занятия ячейки корнями дерева в зависимости от расстояния между текущей ячейкой и базовой (т.е. той, в которой располагается само дерево), $f(m)$ – аналогичная функция от массы корней других деревьев в текущей ячейке, и $f(n)$ – аналогичная функция от количества доступных элементов питания (прежде всего, азота) в данной ячейке. Параметр p рассчитывается для каждой ячейки, которая еще не входит в зону распространения корней дерева, но потенциально может быть включена в нее. Ячейки с наибольшим значением p будут включены в зону питания первыми.

Согласно формулировке модели, элементы минерального питания в каждой ячейке распределяются между деревьями пропорционально биомассе их тонких корней в данной ячейке, с дополнительными поправками на расстояния до ствола, вид и возраст дерева [1, 2].

Биомасса скелетных корней каждого дерева распределяется в пределах зоны питания пропорционально значениям $f(d)$, а биомасса тонких корней – $f(d) \cdot f(m) \cdot f(n)$. Также модель описывает вертикальное распределение биомассы корней по профилю почвы посредством степенной функции с видоспецифичными коэффициентами.



Сравнение измеренных и смоделированных данных для дальности горизонтального распространения корней (а), массы тонких корней на единицу площади (б) и удельного потребления азота, 1 кг на 1 кг массы тонких корней (в).

Валидация модели с помощью независимых данных показала удовлетворительное соответствие между предсказанными и измеренными значениями (см. рисунок).

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 15-04-05400) и Академии наук Финляндии (гранты № 140766 и 278151).



ЛИТЕРАТУРА

1. Лебедев Е.В. Продуктивность березы белой на уровне организма в онтогенезе в европейской части России // Изв. Оренбургского государственного аграрного университета, 2012. № 4. С. 18-22.
2. Лебедев В.М., Лебедев Е.В. Взаимосвязь биологической продуктивности и поглощательной деятельности корней хвойных пород в онтогенезе в зоне южной тайги России // Агрохимия, 2012. № 8. С. 9-17.

РОЛЬ ПОЧВЫ В УГЛЕРОДНОМ БЮДЖЕТЕ РОССИЙСКИХ ЛЕСОВ

Д.Г. Щепашенко^{1,2}, Л.В. Мухортова³, А.З. Швиденко^{1,3}

¹ Международный институт прикладного системного анализа,
г. Лаксенбург, Австрия

² Московский государственный университет леса, г. Мытищи, Московской обл.

³ Институт леса им. В.Н. Сукачева, г. Красноярск

Леса играют важную роль в круговороте и связывании углерода как в локальном, так и в глобальном масштабе. Бореальные леса накапливают огромное количество углерода, в частности, в почве. Более половины российских лесов произрастают на вечной мерзлоте, что увеличивает неопределенность динамики запасов почвенного углерода при изменении климата. Поток CO_2 из почвы в атмосферу (дыхание почвы – ПД) остается, вероятно, наименее изученным компонентом глобального цикла углерода. ПД зависит от многих факторов (например, типа растительности и почв, условий разложения и т.д.) и значительно варьирует во времени и пространстве. Большая неопределенность в оценках запасов углерода и ПД вызывает существенный разброс в оценках углеродного бюджета российских лесов. Нами разработана модель ПД российских лесов на основе интегральной земельной информационной системы [8] и базы данных натуральных измерений запасов почвенного углерода и ПД. Эта модель базируется на полевых измерениях ПД, климатических показателях, типе почв и растительности, а также учитывает различные нарушения. Пространственное разрешение модели составляет 1 км^2 .

По нашей оценке, лесные почвы России содержат 144.5 Пг С в верхнем 1 м слое, в том числе 8.3 Пг С – в подстилке [6]. Ошибка оценки общего запаса органического углерода в почве российских лесов находится в пределах 10% (CI 0.9). Среднее содержание углерода в почве составляет 17.6 кг С м^{-2} и находится в пределах оценок других авторов от 9.6 до 20.3 кг С м^{-2} . Недавние результаты находятся, как правило, ближе к нашей оценке, например, 15.9 , 16.2 кг С м^{-2} [3]. Однако неопределенности приведенных выше оценок запасов углерода обычно не сообщаются.

Средняя оценка запасов углерода подстилки (1.01 кг С м^{-2}) варьирует от 0.40 (леса в зоне полупустынь) до 1.26 кг С м^{-2} (широколиственные леса Дальнего Востока). Другие авторы сообщают средние для страны запасы углерода в лесной подстилке от 0.72 [4] до 1.80 кг С м^{-2} . Причинами такого разброса оценок являются использование различных исходных данных и методов, а также учет или неучет нарушений.

Суммарное гетеротрофное дыхание (ГД) российских почв под лесами оценено нами в $1.7 \text{ Пг С год}^{-1}$, или $207 \text{ г С м}^{-2} \text{ год}^{-1}$ [7]. Эти результаты несколько выше, чем в прочих публикациях. Например, Nilsson и др. (2000) сообщали $179 \text{ г С м}^{-2} \text{ год}^{-1}$, Курганова [1] – 171 , Голубятников (2011) – около $160 \text{ г С м}^{-2} \text{ год}^{-1}$.

Межгодовая вариация ГД за период 1997-2005 гг. была, по нашим оценкам, в пределах $\pm 5\%$ в целом по стране и до $\pm 23\%$ – для отдельных регионов со средним линейным трендом $+0.2\%$ в год. Прогноз по региональной климатической модели ГГО, соответствующий сценарию МГЭИК А2, сообщает увеличение ГД к 2020 г. на 6% и к 2050 г. – на 17% в среднем для страны по сравнению с базовым периодом 1981-2000 гг. [2].

75% общего запаса углерода лесов России находится в почве. Средний годовой поток ГД не превышает 1.2% от общего запаса углерода. ГД почвы составляет в среднем около 65% чистой первичной продукции, чистый экосистемный углеродный баланс лесов России – $546 \pm 120 \text{ Тг С год}^{-1}$, или $66 \pm 15 \text{ г С м}^{-2} \text{ год}^{-1}$ [5].

ЛИТЕРАТУРА

1. Курганова И.Н. Эмиссия и баланс углерода в наземных экосистемах России: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. М., 2010. 50 с.
2. Романовская А.А., Анисимов О.А., Курганова И.Н. и др. Углеродный баланс почв: последствия изменения климата // Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. М.: Росгидромет, 2014. С. 507-550.
3. Честных О.В., Замолодчиков Д.Г., Уткин А.И. Общие запасы биологического углерода и азота в почвах лесного фонда России // Лесоведение, 2004. № 4. С. 30-42.
4. Честных О.В., Лыжин В.А., Кокишарова А.В. Запасы углерода в подстилках лесов России // Лесоведение, 2007. № 6. С. 114-121.
5. Швиденко А.З., Щепашенко Д.Г. Углеродный бюджет лесов России // Сибирский лесной журнал, 2014. № 1. С. 69-92.
6. Щепашенко Д.Г., Мухортова Л.В., Швиденко А.З., Ведрова Э.Ф. Запасы органического углерода в почвах России // Почвоведение, 2013. № 2. С. 123-132.
7. Mukhortova L., Schepaschenko D., Shvidenko A. et al. Soil contribution to carbon budget of Russian forests // Agricultural and Forest Meteorology, 2015. № 200. P. 97-108.
8. Schepaschenko D., McCallum I., Shvidenko A. et al. A new hybrid land cover dataset for Russia: a methodology for integrating statistics, remote sensing and in situ information // Journal of Land Use Science, 2011. № 6(4). P. 245-259.

Секция 3. СТРУКТУРА И ФУНКЦИИ ПОЧВЕННОЙ БИОТЫ В ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ

ОЦЕНКА ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ЧИСЛЕННОСТЬ ЖУЖЕЛИЦ (COLEOPTERA, CARABIDAE) В ГРАДИЕНТНЫХ УСЛОВИЯХ БАРГУЗИНСКОГО ХРЕБТА

Т.Л. Ананина

Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Заповедное Подлеморье», г. Улан-Удэ

Для понимания характера и масштабов влияния глобальных изменений на локальные экосистемы необходимо знание общих тенденций и трендов изменения в региональном контексте. Воздействие климата на биоту лучше всего изучать в высотном градиенте, охватывающем все растительные пояса.

Представители семейства жуужелиц по разнообразию, численности и биомассе играют в экосистемах важную роль. В Баргузинском заповеднике с 1955 г. проводятся режимные стационарные наблюдения за основными метеорологическими параметрами, а с 1988 г. – мониторинг численности жуужелиц, доля которых занимает значительное представительство, – более 70% среди населения герпетобия Баргузинского хребта. При помощи статистических методов анализа сделана попытка оценки воздействия факторов окружающей среды на плотность населения массовых видов жуужелиц: *Carabus (Morphocarabus) odoratus bargusinus*, *Pterostichus montanus*; *Pterostichus dilutipes*.

В нашем исследовании основное внимание было уделено количеству тепла, влаги и их соотношениям в местообитаниях карабид высотного ряда исследуемой территории. В качестве показателя количественной меры взаимосвязей параметров «метеоданные–численность» применяли ранговый коэффициент корреляции Кендалла (r). Для выяснения значимости используемых параметров применили факторный анализ. В него были включены средние, минимальные, максимальные среднесуточные температуры приземной толщи воздуха, минимальные температуры

воздуха на почве, среднегодовые значения среднесуточной температуры, уровень атмосферных осадков за вегетационный период (июнь-август). Влияние перечисленных параметров на численность жужелиц определялось на примере трех массовых видов жужелиц, широко представленных на ключевом участке Баргузинского хребта (454-1700 м над ур.м.). Помимо обычных метеорологических параметров использовали расчетные индексы: продолжительность безморозного периода или «биологическое лето» (количество дней с положительными минимальными температурами воздуха); сумму активных температур воздуха (среднесуточные средние температуры выше 0 °C), глубину снежного покрова (см) и продолжительность его залегания (дни), фенологические даты окончательного перехода минимальной температуры воздуха выше и ниже отметки 0 °C, даты оттаивания почвы на глубине 5 см. При характеристике местообитаний жужелиц рассматривали проективное покрытие мхами и лишайниками (%), освещенность (сомкнутость крон, баллы). Все эти характеристики оказывают влияние на жизнедеятельность жужелиц, представляя интерес.

В процессе анализа различных сочетаний погодно-климатических и популяционных (плотность видового населения) данных были найдены наилучшие корреляционные связи ($p > 0.5$): среднегодовой минимальной и максимальной температуры воздуха, продолжительности безморозного периода и глубины снежного покрова (*Pt. montanus*, *Pt. delutipes*); среднегодовой минимальной и максимальной температурой на поверхности почвы, температурой почвы на горизонтах 5 и 10 см, уровнем годовых атмосферных осадков, влажностью почвы (*C. odoratus*, *Pt. montanus*, *Pt. delutipes*); минимальной температурой на почве в январе (*Pt. delutipes*), продолжительностью залегания снежного покрова, сомкнутостью крон деревьев (*C. odoratus*, *Pt. delutipes*), минимальной температурой на почве в июле, проективным покрытием мхами (*Pt. montanus*) и лишайниками (*C. odoratus*).

По результатам факторного анализа, по критерию Кайзера (собственные значения превышают 1), для всех видов выделены главные факторы, влияющие на численность жужелиц – дата оттаивания почвы на глубине 5 см (65.1-70.2% учтенной дисперсии), продолжительность залегания снежного покрова (12.6-14.0%), уровень атмосферных годовых осадков (5.1-1.1), минимальные температуры на почве в январе (8.3-11.6), сомкнутость крон (4.8%).

Положительное влияние для исследуемых видов оказывает тепловой фактор, а отрицательное – влажность.

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ЛЕСНОГО НАСЕЛЕНИЯ ЖУЖЕЛИЦ (COLEOPTERA, CARABIDAE) И ЕГО ИЗМЕНЕНИЕ В УСЛОВИЯХ ВЫРУБКИ И ДАЛЬНЕЙШЕГО ЛЕСОВОЗОБНОВЛЕНИЯ

А.Л. Анциферов

Музей природы Костромской области, г. Кострома

Одним из примеров, наиболее ярко иллюстрирующих характер антропогенного изменения компонентов видового разнообразия и обилия, является сплошное сведение древостоя при лесозаготовках. В качестве модельной группы для интерпретации данного процесса выбрано семейство жуков-жужелиц (Coleoptera, Carabidae), обитающих в верхних слоях почвы и на ее поверхности.

В ходе исследований изучался характер видового состава лесного населения жужелиц по критериям числа видов (видового богатства) и их относительного обилия с использованием различных способов оценки и мер, объединяющих эти два компонента. Также выявлялись особенности и закономерности, моделирующие процесс формирования сообщества жужелиц в условиях ранней стадии вторичной сукцессии на обнаженном участке леса и дальнейшие тенденции указанных параметров.

Сбор фактологического материала производился методом почвенных ловушек Барбера [2] с 30 апреля по 30 сентября 2014 г. в окрестностях дер. Лазарево Судиславского района Костромской области. В качестве объекта исследований выбран лесной биотоп, охарактеризованный как ельник сложный с двумя прилегающими сплошными вырубками возрастов до одного года и четырех лет. В анализе видового богатства применялся индекс разнообразия Маргалефа [4], для характеристики распределения обилий видов использовалась модель видового обилия в виде графика ранг/обилие [1]. Кроме того, в качестве меры доминирования брались показатели, основанные на относительном обилии видов, учитывающие одновременно и выровненность и видовое богатство – индекс Симпсона [5] и индекс Бергера-Паркера [3].

Общий список видового состава жужелиц исследованного лесного массива представлен 28 видами из 16 родов. Видовое богатство жужелиц исходного участка леса по индексу Маргалефа составляет 3.4.

По суммарному обилию особей в ельнике сложном преобладают: *Trechus secalis* Pz. – 1424 экз., что составляет 50% от общей массы жужелиц лесного биотопа, *Pterostichus oblongopunctatus* F. – 589 экз. (20.7%), *Carabus nemoralis* Mull. – 297 экз.

(10.4) и *Pterostichus niger* Schaller. – 249 экз. (8.7%). Расчет меры доминирования в сообществе жуужелиц исходного участка леса по индексу Симпсона и Бергера-Паркера показывает степень выровненности видового состава в значениях 3.2 и 2 соответственно.

Анализ структуры сообщества жуужелиц показывает резкую смену фауны и населения в первом же году существования вырубки. Число видов на однолетней вырубке не падает, а напротив, увеличивается с 28 до 41 вида из 18 родов. Суммарное обилие жуужелиц при этом снизилось с 2849 до 1679 особей. По индексу разнообразия Маргалефа показатель видового богатства жуужелиц увеличился с 3.4 в исходном участке до 5.39 на вырубке в первый год. Уровень неоднородности видового состава, по индексам Симпсона и Бергера-Паркера, описывающих распределение обилия видов, возрос до значений 7.7 и 3.84 соответственно.

К периоду четырехлетней давности на вырубке происходит трансформация сообщества герпетобионтной мезофауны, отражающаяся на признаках, составляющих ее экологическое разнообразие. По истечению четырехлетнего периода видовое богатство жуужелиц на вырубке снизилось с 41 до 36 видов из 16 родов. Общее обилие при этом продолжает снижаться и по отношению к однолетней вырубке снизилось с 1679 до 1211 особи. Видовое богатство (по индексу Маргалефа) уменьшилось не столь явно – с 5.39 до 4.93, тогда как уровень выровненности обилий по Симпсону и Бергеру-Паркеру сократился практически в два раза.

В ходе данных исследований также выявлен комплекс видов жуужелиц, специфически реагирующих на определенные факторы изменяющихся экологических условий в ходе лесовозобновления, что подтверждает их высокое биоиндикационное значение.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мэгарран Э. Экологическое разнообразие и его измерение. М.: Мир, 1992. 161 с.
2. Barber H.S. Traps for cave-inhabiting Insecta // Journal Elish. Mitchell. Sci. Soc., 1931. Vol. 46. № 3. P. 259-266.
3. Berger W.H., Parker F.L. Diversity of planktonic Foraminifera in deep sea sediments. Science, 1970. Vol. 168. P. 1345-1347.
4. Clifford H.T., Stephenson W. An Introduction to Numerical Classification. N.-Y.: Academic Press, 1975. 123 p.
5. Simpson E.N. Measurement of diversity // Nature, 1949. Vol. 163. 688 p.

ОСОБЕННОСТИ БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ КРИОГЕННЫХ ПОЧВ СЕВЕРОТАЕЖНЫХ ЛИСТВЕННИЧНИКОВ (ЦЕНТРАЛЬНАЯ ЭВЕНКИЯ)

И.Н. Безкорвайная¹, А.В. Климченко², Л.П. Захарченко¹

¹ Сибирский федеральный университет, г. Красноярск

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

Глобальное экологическое значение лесных экосистем Сибири, сформированных на многолетней мерзлоте, в сохранении биологического разнообразия и регулировании климата планеты обусловлено адаптационными возможностями биоты к существованию в экстремальных условиях и воздействием на них глобальных климатических изменений. Оценка отклика высокоширотных лесных экосистем на прогнозируемое изменение температуры не может быть полноценной без анализа гетеротрофных процессов, поскольку криогенные экосистемы являются важным депо и потенциальным источником парниковых газов. Диагностика почв и почвенных процессов, с точки зрения биологических характеристик, дает достаточно полную информацию об их актуальных и потенциальных возможностях, что способствует наиболее точному прогнозированию реакции почвенной среды как компонента экосистем, процессов, связанных с изменением климата или антропогенным фактором.

Цель данных исследований – провести анализ актуальной и потенциальной активности интегральных показателей биологической активности криогенных почв под лиственничниками кустарничково-зеленомошными на территории Центральной Эвенкии. Исследования проводятся на постоянных пробных площадях в бассейне нижнего течения р. Кочечум (64°18' с.ш., 100°11' в.д.) на базе Эвенкийского опорного экспедиционного пункта Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН.

Лиственничники кустарничково-зеленомошные сформированы на южных и северных склонах, различающихся интенсивностью солнечной радиации, мощностью подстилки и толщиной сезонно-талого горизонта почвы – мощность сезонно-талого горизонта в средней части южного склона составляет 120 см, северного склона – 45 см. Одна пробная площадь представляет собой одноклеточную гарь. На склонах северных экспозиций формируются криоземы, южной – подбурья.

В качестве интегральных показателей биологических процессов использованы потенциальная и актуальная целлюлозоразлагающая способность [1] и трофическая активность почвенных беспозвоночных по bait-lamina тесту [2].

Анализ актуальной активности целлюлозоразложения криогенных почв в лиственничниках северной тайги показал, что исследуемые почвы характеризуются крайне низкой активностью биологических процессов – за 2 мес. экспозиции полотен в естественных условиях южного и северного склонов разложилось не более 5% целлюлозы. В первый год после пожара на южном склоне отмечена активизация биологических процессов – активность целлюлозоразложения в пирогенных минеральных слоях более чем в пять раз превышает таковую южного склона, на котором не было пожара. Криогенные почвы исследованных местообитаний характеризуются высокой потенциальной активностью – в подстилках за две недели компостирования в оптимальных условиях потеря целлюлозы составляет 20%, для минеральных слоев она в два раза ниже. На однолетней гари отмечено небольшое увеличение потенциальной активности до 25% при очень высокой вариабельности.

Bait-lamina тест показал крайне низкую трофическую активность почвенной биоты. На склонах южной экспозиции она составляет около 6% перфорированных отверстий за 14 дней экспозиции. На северных склонах, соответственно, не более 1%.

Таким образом, анализ биологического потенциала почв, сформированных на склонах разных экспозиций, не выявил зависимости целлюлозоразлагающей активности от экологических условий, складывающихся на склонах разных экспозиций. Экологические условия южных и северных склонов обуславливают различия в трофической активности мелких беспозвоночных – при крайне низкой активности на склонах южных экспозиций она значительно выше.

Работа выполнена в рамках проекта РФФИ № 13-04-01482.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Аристовская Т.В., Худякова Ю.А.* Методы изучения микрофлоры почв и ее жизнедеятельности // Методы стационарного изучения почв. М.: Наука, 1977. С. 241-286.
2. *Kratz W.* The Bait-Lamina Test. General Aspects, Applications and Perspectives // *Environ. Sci. & Pollut. Res.*, 1998. № 5 (2). P. 94-96.

ФАУНА И НАСЕЛЕНИЕ ЖУЖЕЛИЦ (COLEOPTERA, CARABIDAE) ХВОЙНЫХ ЛЕСОВ НИЖНЕГО ИРТЫША

Н.В. Важенина

Тобольская комплексная научная станция УрО РАН, г. Тобольск

Фауну жуужелиц в бассейне нижнего Иртыша изучали в 2005-2012 гг. Учеты проводили ловушками Барбера и почвенно-зоологическими раскопками в елово-пихтовом зеленомошно-кисличном и елово-пихтовом березово-осиновом высокотравном лесах, сосняке кустарничковом, расположенных на коренной террасе и в пихтово-кедровом зеленомошно-кустарничковом лесу, сосняках зеленомошном и сфагнумо-кустарничковом на первой надпойменной террасе.

Выявлено 98 видов жуужелиц из 35 родов. Наиболее богаты видами роды *Amara* (12 видов), *Pterostichus* (10), *Carabus* и *Agonum* (по 8), *Bembidion* (7), *Harpalus* (6), *Calathus* и *Badister* (по 4). В зоогеографической структуре фауны преобладают западнопалеарктические (49%) и транспалеарктические виды (44 %). В зональном аспекте отмечены бореальные (38%), суббореальные (37) и полизональные широтные группы ареалов (25%). Это соответствует расположению изученного района в пределах центральной части южной тайги Западной Сибири. Особого внимания заслуживают находки восточнопалеарктических видов *Carabus canaliculatus* (11 экз. за все время исследования), *Bradycelus glabratus* (1 экз.), *Synuchus congruus* (1 экз.) и восточнопалеарктико-неарктического – *Agonum quinquepunctatum* (25 экз.). В Западной Сибири эти виды имеют дизъюнктивный ареал и встречаются локально.

Основную часть фауны жуужелиц лесов составляют луго-полевые (21%), лесные (18) и лесо-болотные виды (14), гигро- и мезофилы (46 и 42% соответственно), зоофаги (73), большинство из которых – стратобионты почвенные (26) и подстилочно-почвенные (19%), что, в целом, типично для фауны жуужелиц южной тайги и неоднократно отмечалось рядом исследователей.

Доминантами и субдоминантами почти во всех биотопах выступают типичные для таежной зоны лесные виды *Carabus aeuruginosus*, *C. glabratus*, *Trechus secalis*, *Pterostichus oblongopunctatus*, *Calathus micropterus* и лесо-луговые – *Carabus granulatus*, *Pterostichus niger*, *P. melanarius*. Только в сосняке сфагнумо-кустарничком преобладает лесо-болотный *A. quinquepunctatum*. Редкими считаются 43 вида, большинство из которых встречаются в смежных биотопах и имеют широкое распространение в сообществах умеренных широт. Лишь в хвойных лесах нижнего Ир-

тыша выявлены виды *Notiophilus aquaticus*, *Bembidion petrosum*, *Calathus ambiguus* и *A. quinquepunctatum* – характерные обитатели лесо-болотных сообществ тайги.

На коренной террасе наибольшим видовым богатством (53 вида) и динамической плотностью (показатель средней многолетней уловистости – 59.75 экз./100 лов.-сут.) отличается елово-пихтовый лес. Он граничит с разнотравной залежью, поэтому 28% населения представляют полевые и луго-полевые виды, среди которых многочисленны (до 4.44 экз./100 лов.-сут.) *Poecilus cupreus*, *P. versicolor*, *Synuchus vivalis* и *Harpalus rufipes*. Собственно лесные виды составляют около 20%. В елово-пихтовом березово-осиновом лесу и сосняке кустарничковом выявлено 39 и 31 вид жукелиц с почти равными показателями уловистости – 29.95 и 29.75 экз./100 лов.-сут. соответственно. В сообществах преобладают лесные виды (по 35%).

В лесах первой надпойменной террасы высокие показатели видового богатства и уловистости определены для сосняка зеленомошного (45 видов и 39.84 экз./100 лов.-сут.). Значительную долю (20%) в нем занимают лесо-болотные виды, среди которых преобладают (до 2.74 экз./100 лов.-сут.) *Loricera pilicornis*, *Pterostichus nigrita*, *P. strenuus* и *Platynus longiventris*. В сосняке сфагнумо-кустарничковом выявлено 27 видов жукелиц с самым низким показателем уловистости – 1.90 экз./100 лов.-сут. Минимальное число видов (20) с численностью 14.47 экз./100 лов.-сут. отмечено в пихтово-кедровом лесу. Только в этом биотопе субдоминантами выступают околотовные – *Agonum dolens* и *A. piceum*. В лесах с покровом из мхов и кустарничков часто формируются кислые, бедные органикой почвы с застойным режимом увлажнения, что определяет низкий видовой состав и динамическую плотность жуков.

Установлено относительно высокое сходство видового состава комплексов жукелиц (коэффициент Жаккара) лесов коренной террасы (0.4-0.5). Сообщества надпойменной террасы значительно обособлены от них и имеют низкие показатели сходства (0.3-0.2).

Таким образом, состав фауны жукелиц хвойных лесов нижнего Иртыша, в целом, характерен для подзоны южной тайги Западной Сибири. Структура населения жуков определяется почвенно-растительными условиями биотопов и их положением в рельефе. Наибольшее видовое богатство и динамическая плотность жукелиц отмечена в елово-пихтовом зеленомошно-кисличном лесу, минимальное число видов – в пихтово-кедровом лесу, численность – в сосняке сфагнумо-кустарничковом.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Программы УРО РАН «Живая природа» № 15-12-4-23.

ВЛИЯНИЕ ЕСТЕСТВЕННОГО ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЯ НА БИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ПОДЗОЛИСТЫХ ТЕКСТУРНО-ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫХ ПОЧВ

**Ю.А. Виноградова, Е.М. Перминова, А.А. Таскаева, А.А. Колесникова,
Т.Н. Конакова, А.А. Кудрин**
Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

Промышленные рубки существенно изменяют условия функционирования почвенной биоты на вырубках, что оказывает соответствующее влияние на параметры биологической активности почв (БАП). Для оценки БАП используют разные показатели: состав и численность различных групп почвообитающих организмов, их продуктивность и функциональную активность, активность почвенных ферментов, эмиссию углекислого газа с поверхности почвы и т.д. Совокупный анализ рассмотренных показателей позволяет адекватно оценить изменение экологических условий на вырубках и проследить восстановление свойств почв в процессе восстановления на участках рубок растительного покрова. Поскольку в таежной зоне Республики Коми ведущим фактором нарушения наземных экосистем являются рубки главного пользования, в данной работе проведена оценка биологической активности подзолистых почв, формирующихся в ельниках черничных, и ее изменение в процессе естественного самовосстановления древесного полога после сплошнолесосечных рубок еловых лесов.

Объектами исследования послужили подзолистые суглинистые почвы коренного ельника черничного (контрольный участок – ПП1) и вторичных разновозрастных лиственно-хвойных насаждений, сформировавшихся после сплошнолесосечных рубок среднетаежных еловых чернично-зеленомошных лесов (ПП2 – вырубка 2001-2002 гг., ПП3 – вырубка 1969-1970 гг.). В работе использовали стандартные методы почвенно-зоологических, микробиологических и биохимических исследований.

Как показали проведенные исследования, сплошнолесосечные рубки оказывают существенное влияние на изменение свойств почв. Оно проявляется в изменении гидротермического режима почв на вырубках, их кислотно-основных свойств, состава и свойств компонентов почвенного органического вещества. Эти параметры оказывают соответствующее влияние на биотическую составляющую подзолистых почв, обуславливая изменение численности и соотношения различных групп почвенной биоты и их функциональной активности. Отрицательное воздействие на состав, структуру и функциональное разнообразие сообществ педо-

бионтов проявляется не только в первые годы послерубочной сукцессии, но и сохраняется на более поздних стадиях восстановления древостоя. Последнее связано с качественным изменением характера органогенных горизонтов подзолистых почв по мере формирования древесного яруса из осины и березы на вырубках. Эти изменения наиболее четко выражены на стадии формирования средневозрастных насаждений.

Несмотря на поступление листового опада осины и березы на вырубках, численность почвенной биоты (мезо- и микрофауны) в почвах вырубок снижена по сравнению с ненарушенными еловыми лесами. Аналогичная картина прослеживается и при характеристике комплекса почвенных микроорганизмов. Исключением являются нематоды, для которых отмечен рост численности в почвах фитоценозов, сформировавшихся на вырубках. Здесь меняются не только количественные характеристики почвенных сообществ, но их трофическая структура. Кроме того, нарушение естественной (природной) парцеллярной структуры лесной экосистемы при сплошнолесосечных рубках обуславливает более выраженную пространственную неоднородность почвенной мезо- и микрофауны на стадиях формирования мелколиственных молодняков.

Ухудшение экологических условий на ранних стадиях послерубочной сукцессии, связанное с временным переувлажнением почв, развитием в них процессов оглеения и повышением кислотности, обусловило дестабилизацию комплекса микроорганизмов в почвах вырубки. Функциональная активность почвенной микробиоты снижена в почвах формирующихся лиственно-хвойных молодняков. Однако, как показали проведенные исследования, биохимическая активность почв коренных еловых лесов и фитоценозов, формирующихся на вырубках, в биоклиматических условиях средней тайги сохраняется на одном уровне и существенно не различается.

ТРОФИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА МЕЗОПЕДОБИОНТОВ СИХОТЭ-АЛИНЯ, САХАЛИНА И КУНАШИРА КАК СВИДЕТЕЛЬСТВО ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ПРОШЛОГО РЕГИОНА

Г.Н. Ганин

Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, г. Хабаровск

Природно-зональный режим доступности ресурсов определяет территориальную неоднородность животного населения внутри зон, поясов и носит в отношении него детерминированный ха-

рактер. Однако функциональная структура педозооценозов, в силу особенностей среды обитания, часто полностью не укладывается в рамки теории природно-зональной организации сообществ.

Трофическая структура почвенной биоты обладает значительной инерционностью, являясь весьма консервативным показателем. Набор видов и групп беспозвоночных может существенно меняться в зависимости от экологических условий, а трофодинамическое соотношение «сапрофаги/хищники» при этом будет оставаться практически без изменения.

В целом, на юге российского Дальнего Востока очевидным является «южный» характер структуры животного населения почв, присущий лесам неморального типа. Сапротрофный комплекс мезопедобионтов (земляные черви, диплоподы, моллюски, личинки двукрылых) здесь составляет в среднем около 85% биомассы, а хищники (литобииды, геофилиды, пауки, жуужелицы, стафилиниды, наземные пиявки, некоторые двукрылые) – лишь 5-10% всех крупных педобионтов [2]. Данная особенность отмечена и для южной тайги Русской и Западно-Сибирской равнин, имеющей общий генезис с дальневосточной. В то же время в северной и средней тайге педобионты-хищники могут составлять более 50% биомассы всех беспозвоночных почвы [4, 5]. Такая фауна относительно молода, она сформировалась в послеледниковый период.

Для уссурийской тайги (Приморье и Приамурье) присуще смешение шести фаун и наличие как того, так и другого типов соотношения обилия сапрофагов и хищников (см. в таблице «южная тайга» и «северная тайга»). Это связано с геологическим прошлым данного региона.

В конце третичного периода (1.5 млн. лет назад) территория современного юга российского Дальнего Востока была покрыта буково-грабово-дубовыми лесами. Тогда Сахалин являлся частью Азиатского материка. Неморальная растительная формация развивалась в условиях тепло-умеренного климата. В эпоху позднелурмского климатического минимума (15-18 тыс. лет назад) уровень моря опустился здесь на 130 м, и большая часть современного шельфа в очередной раз была осушена. Сахалин, Хоккайдо и Кунашир объединились в протяженную гористую гряду, имевшую сухопутные связи с Приморьем [1]. С наступлением такого похолодания широколиственные леса тургайского типа вытеснились темнохвойной тайгой.

Это произошло практически всюду за исключением крайнего юга Приморья, куда ледник не доходил никогда. Черные горы, Южный Сихотэ-Алинь, а также юг Сахалина, Кунашир и се-

**Соотношение «сапрофаги/хищники»
в некоторых таежных экосистемах Сихотэ-Алиня, Сахалина и Кунашира**

Сихотэ-Алинь	Сахалин (юг)*	Кунашир (юг)
Южная тайга		
Южная часть Пихтарник, 900 м над ур.м. <u>75-13</u> 18.9	Ольховый лес, пойма <u>93-6</u> 35.3	Хвойно-широколиственный лес, 60 м над ур.м. <u>97-2.5</u> 103
Кедровник, 450 м над ур.м. <u>93-1</u> 39.5	Высокотравье, подножье сопки <u>96-2</u> 69.6	
Широколиственный лес, 300 м над ур.м. <u>98-1</u> 61.4		
Северная тайга		
Северная часть Пихтарник, 250 м над ур.м. <u>39-34</u> 2.41	Пихтарник, 250 м над ур.м. <u>53-32</u> 3.16 Кедровый стланик, 940 м над ур.м. <u>24-43</u> 1.79	Кедровый стланик, 340 м над ур.м. <u>53-46</u> 4.67

Примечания. Над чертой – соотношение относительного обилия (%) сапрофагов и хищников в трофической структуре сообществ мезопедобионтов; под чертой – общая биомасса (г/м²) всех крупных беспозвоночных. * рассчитано по [3].

годня отчасти представляют собой рефугиумы третичной неморальной флоры и соответствующей ей фауны. Как видно из таблицы, данная особенность территории до сих пор отражается в двойственном характере трофической структуры животного населения почв.

ЛИТЕРАТУРА

1. Безверхний В.Л., Плетнев С.П., Набиуллин А.А. Очерк геологического строения и развития Курильской островодужной системы и смежных территорий // Растительный и животный мир Курильских островов. Владивосток: Дальнаука, 2002. С. 9-22.
2. Ганин Г.Н. Структурно-функциональная организация сообществ мезопедобионтов юга Дальнего Востока России. Владивосток: Дальнаука, 2011. 380 с.
3. Молодова Л.П. Фауна почвенных беспозвоночных южного Сахалина // Экология почвенных беспозвоночных. М.: Наука, 1973. С. 60-74.

4. *Стриганова Б.Р., Порядина Н.М.* Животное население почв бореальных лесов Западно-Сибирской равнины. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2005. 234 с.

5. *Стриганова Б.Р., Бобров А.А., Евсюнин А.А.* и др. Структурно-функциональная организация животного населения почвы // Регуляторная роль почвы в функционировании таежных экосистем / Отв. ред. Г.В. Добровольский. М.: Наука, 2002. С. 227-273.

КОЛЛЕМБОЛЫ ВАЛЕЖИН СТАРОВОЗРАСТНОГО ТАЕЖНОГО ЛЕСА

А.Е. Гомина

Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН, г. Москва

Валежины редки в лесах, подвергающихся рубкам, однако они – неотъемлемый элемент старовозрастных лесов, благодаря которому формируются окна возобновления и поддерживается оборот поколений деревьев. Такие леса на территории европейской части России довольно редки. Вместе с тем, их всестороннее изучение имеет принципиальное значение для понимания организации ненарушенных лесных биогеоценозов.

Цель работы – изучить фауну и группировки мелких почвенных членистоногих валежин как неотъемлемого микросайта лесов, не подверженных антропогенному воздействию.

Работу проводили в Печоро-Илычском заповеднике в бассейне р. Большая Порожня, где сохранились участки пихто-ельников высокотравных возраста более 600 лет. Выделяют четыре стадии зарастания валежин древесных пород: I – мхи, II – появляются мелкие травы, III – начинают расти высокие травы, IV – заселяется деревьями.

В 2009 г. исследовали валежины II стадии зарастания деревьев. Обследованы три валежины, на каждой взято по три-четыре пробы для эклаторной экстракции. Всего в 10 пробах обнаружено 757 экз. коллембол. Кроме того, было взято 15 проб фоновой лесной подстилки, в которых определено 2020 экз. коллембол. Этот материал показал, что группировка коллембол валежин представляет собой обедненный вариант сообщества лесной подстилки. На одну пробу в среднем приходится 12 ± 3 и 15 ± 4 вида, на валежинах и в подстилке, соответственно, при общей численности – 34 и 54 тыс. экз./м².

В 2012 г. нами предпринято более детальное, послойное, исследование валежин ели высокотравного пихто-ельника. Это возможно осуществить только на IV стадии их зарастания, когда древесина становится мягкой. На шести валежинах, расположен-

ных друг от друга на расстоянии 50-200 м, взято по одной эклекторной пробе. Каждая проба состояла из пяти слоев: первый – мох и сосудистые растения на валежине, второй – между мхом и сердцевинной ствола, третий – сердцевина, четвертый – между сердцевинной и почвой под валежиной, пятый – почва под валежиной смешанная с сильно разложившейся корой и древесиной. Получено и определено 534 экз. коллембол.

Всего выявлено 19 видов коллембол: *Xenylla betulae*, *Neanura muscorum*, *Xenyllodes armatus*, *Onychiuridae* g.sp, *Protaphorura* sp., *Hymenaphorura* sp., *Desoria hiemalis*, *Desoria* sp., *Folsomia quadrioculata*, *Folsomia amplissima*, *Parisotoma natabilis*, *Isoptomiella minor*, *Isotoma viridis*, *Vertagopus westerlundii*, *Tomoceurus minutus*, *Entomobryinae* g.sp, *Entomobrya nivalis*, *Orchesella flavescens*, *Arrhopalites* sp. Среди этих видов лишь *X. betulae* и *V. westerlundii* относятся к кортицикольным, т.е. накоровым обитателям. Количество видов коллембол в разных слоях валежины различается: 13, 11, 9, 13, 16 видов в первом-пятом слоях соответственно. Плотность от первого к пятому слою сначала увеличивалась от 13 до 37-38 тыс. экз./м², а затем падала до 7 тыс. в пятом слое.

На валежинах выявлены две группировки коллембол. В одной преобладали верхнеподстилочные формы (около 60% от всей выборки по числу особей) *Xenylla betulae* и *Desoria hiemalis*, заселяющие слои с первого по четвертый, другая живет на валежине на границе с почвой, здесь доминируют эуэдафические формы (63% общей численности) *Protaphorura* sp. и *Isoptomiella minor*.

Таким образом, население коллембол сильно разложившихся валежин, с одной стороны, является усеченным вариантом сообщества лесной подстилки, с другой – микросайтом, к которому приурочены кортицикольные виды.

Автор благодарит Н.А. Кузнецову и М.Б. Потапова за помощь в определении материала и консультации в процессе работы.

СТРУКТУРА ПОЧВЕННОЙ МИКОБИОТЫ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ОСТРОВА СИМУШИР (КУРИЛЬСКИЕ ОСТРОВА)

Л.Н. Егорова, О.В. Полохин
Биолого-почвенный институт ДВО РАН, г. Владивосток

Микологические исследования на о-ве Симушир ранее не проводились. Это и определило цель данной работы – изучение структуры комплексов микромицетов под основными расти-

тельными ассоциациями в ранее не исследованном районе [1]. Почвенные образцы для микологического анализа были собраны О.В. Полохиным в июле-августе 2012 г. во время проведения комплексной морской экспедиции научно-исследовательского судна «Академик Опарин» (рейс № 43) на острова Большой Курильской гряды. Сбор образцов проводился в северо-восточной части о-ва Симушир, в районе бухты Броутона. Район исследования относится к зоне слабых пеплопадов. Первая учетная площадка для отбора почвенных образцов заложена на юго-западном, ветроударном береговом склоне п-ова Восточная Клешня, где преобладала разнотравно-луговая растительность на сухоторфянистой вулканической почве; вторая располагалась в центральной части кальдеры, на северо-восточном береговом склоне побочного конуса, где доминировала лугово-лесная растительность. Почвы – охристые вулканические грубогумусовые [4].

Для выделения из почвы грибов использовался общепринятый метод серийных разведений с последующим высевом почвенной суспензии на среду Чапека и сусло-агар [3]. Анализ структуры выделенных сообществ почвенных микромицетов проводился на основании показателей частоты встречаемости видов [2].

Всего из исследованных почвенных образцов выделено 59 видов микромицетов из 37 родов. Таксономическая структура выявленной микобиоты представлена отделами *Zygomycota* – 12 видов из девяти родов, пяти семейств и двух порядков класса *Zygomycetes* и *Ascomycota* – девять видов из восьми родов классов *Eurotiomycetes* и *Sordariomycetes*. Входящая в состав отдела *Ascomycota* морфологическая группа анаморфных грибов лидирует по видовому разнообразию – 38 видов из 20 родов. Наиболее многовидовой род *Penicillium* включает 13 видов (22% видового состава), два рода (*Paecilomyces* и *Mucor*) содержат по три вида, шесть родов (*Aspergillus*, *Chaetomium*, *Humicola*, *Trichoderma*, *Phoma*, *Umbelopsis*) – по два вида, 28 родов представлены одним видом каждый, что составляет около 60% родового разнообразия выявленной микобиоты.

Из почвы под луговым разнотравьем выделено 45 видов микромицетов из 31 рода, в том числе шесть видов из пяти родов отдела *Zygomycota* (13% видового разнообразия) и 39 – из 26 родов отдела *Ascomycota*, большинство из которых принадлежит группе анаморфных грибов – 31 вид (69%) из 19 родов. Около половины выделенного из луговой почвы видового разнообразия микроскопических грибов (19 видов – 42%) не отмечено в почве другого исследованного биотопа. В их числе представители таких родов, как *Arachniotus* (*Ascomycota*), *Arthrinium*, *Chloridi-*

um, *Colletotrichum*, *Verticillium*, *Wardomyces* (анаморфные грибы), *Cunninghamella*, *Gongronella* (*Zygomycota*).

Микобиота охристой почвы под березняком каменным включает 39 видов из 27 родов, в том числе восемь (20% видового богатства) из семи родов зигомицетов и 31 вид из 20 родов аскомицетов. Группа анаморфных грибов также преобладает по видовому разнообразию – 26 видов (66%) из 15 родов. 14 видов микромицетов (36% видового состава) не отмечены в почве под луговым разнотравьем, в том числе представители родов *Absidia*, *Rhizopus*, *Syncephalastrum*, *Zygorhynchus* (*Zygomycota*), *Byssochlamys* (*Ascomycota*), *Stilbella* (анаморфные грибы). Таким образом, исследованный биотоп характеризуется несколько меньшим общим разнообразием микромицетов, но большим участием в микобиоте зигомицетов.

Таким образом, в результате проведенных исследований получены первые сведения о численности микроорганизмов и структуре сообществ микроскопических грибов, обитающих в вулканических почвах о-ва Симушир под основными растительными ассоциациями – луговым разнотравьем и березовым редколесьем. Таксономическая структура выявленной микобиоты представлена отделами *Zygomycota* (13-20% видового состава) и *Ascomycota*, среди которых лидирующее положение по видовому разнообразию (66-69%) принадлежит морфологической группе анаморфных грибов. При этом более 40% видов микромицетов, выделенных из сухоторфянистых вулканических почв под луговым разнотравьем, не отмечено в почвах под березниками каменными, и наоборот – 36% видов, выделенных из охристых вулканических почв, не обнаружены в почвах под разнотравно-луговой растительностью.

ЛИТЕРАТУРА

1. Егорова Л.Н. Почвенные грибы Дальнего Востока: Гифомицеты. Л.: Наука, 1986. 192 с.
2. Мирчинк Т.Г. Почвенная микология. М.: МГУ, 1988. 220 с.
3. Методы экспериментальной микологии. Справочник / И.А. Дудка и др. Киев: Наукова думка, 1982. 550 с.
4. Полохин О.В., Сибирина Л.А. Почвы и растительность острова Симушир (Курильские острова) // Фундаментальные исследования, 2013. № 10. Вып. 8. С. 1766-1769.

МИКРОБНЫЕ ПРОЦЕССЫ ТРАНСФОРМАЦИИ АЗОТА В ПОЧВАХ СОСНЯКОВ РАЗНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ

Е.С. Зверева¹, В.Н. Карминов¹, И.К. Кравченко², О.В. Мартыненко¹

¹Московский государственный университет леса, г. Мытищи

²Институт микробиологии им. С.Н. Виноградского РАН, г. Москва

Азот играет незаменимую роль в жизни биосферы и необходим для функционирования всех живых организмов. Обеспеченность почв азотом является одним из важнейших факторов, определяющих производительность лесных насаждений, однако в настоящее время недостаточно изучен качественный состав и количественное содержание соединений азота, доступных для питания древесной растительности. Важное теоретическое и практическое значение при рассмотрении этого вопроса имеет исследование микробных сообществ почв, которым принадлежит ведущая роль в осуществлении процессов связывания азота атмосферы и преобразования азотсодержащих соединений минеральной и органической природы.

В настоящее время уделяется большое внимание микробным процессам азотфиксации, нитрификации и денитрификации, поскольку именно они в наибольшей степени влияют на круговорот азота в почве. Микробная азотфиксация является источником вовлечения атмосферного азота в этот круговорот, а процессы нитрификации и денитрификации – важнейшие пути удаления азота из экосистем.

Цель настоящего исследования – провести сравнительный анализ и выявить особенности в составе и активности микробных сообществ азотного цикла в почвах сосняков разного бонитета на территории Щелковского учебно-опытного лесничества Московской области.

В образцах почв, отобранных в июле 2014 г., во время лабораторных исследований были определены следующие показатели: содержание минеральных соединений азота, активность азотфиксации, нитрификации, минерализации и денитрификации. Методом посева на селективные питательные среды определена численность аэробных и анаэробных азотфиксаторов, автотрофных нитрификаторов первой и второй стадии. Для оценки количества метаболически активных нитрификаторов применен молекулярно-цитологический метод FISH.

Проведенные исследования позволили установить, что в сосняках кисличном и черничном высоких классов бонитета (Ia и I соответственно) складываются наиболее благоприятные условия для минерализации органического вещества, о чем свидетельству-

ет увеличение содержания минеральных форм азота в процессе инкубации. Кроме того, в почвах под этими насаждениями обнаружено высокое содержание нитратов, которые являются доступным источником азота для растений, в том числе сосны. В почвах низкобонитетного сосняка сфагнового (IV класс бонитета), доступность азота для древесной растительности резко снижается, отмечаются крайне низкие величины минерализационной активности и содержания доступных минеральных соединений азота.

Актуальная азотфиксирующая активность была низкой во всех исследованных образцах, в то время как внесение глюкозы приводило к значительному (в 3-20 раз) ее увеличению, особенно в почвах сосняков кисличных и сложных широколиственных. В почвах лесов с высоким бонитетом (Ia, I, II) **доминировали** свободноживущие факультативно-анаэробные азотфиксаторы с бродильным метаболизмом родов *Paenibacillus*, *Enterobacter*, *Citrobacter*, в то время как в почвах сосняка сфагнового преобладали бактерии родов *Bukholderia*, *Pseudomonas*, *Bacillus*.

При оценке актуальной денитрифицирующей активности практически не обнаружено выделения закиси азота (N_2O), что, вероятно, связано с очень низкой нитрифицирующей активностью почв под естественными лесными насаждениями. Об этом свидетельствует низкая величина нитрифицирующей активности и численности нитрифицирующих бактерий в исследуемых почвах. С помощью метода FISH нитрифицирующие бактерии родов *Nitrosomonas* и *Nitrobacter* были обнаружены в нативных образцах почв и накопительных культурах.

В целом, на основании проведенных исследований можно заключить, что показатели минерализационной и потенциальной активности азотфиксации и состава азотфиксирующих сообществ существенно отличаются в почвах сосняков с различной продуктивностью насаждений, которая в значительной степени определяется экологическими условиями формирования почв.

ПОЧВЕННАЯ МЕЗОФАУНА СЕВЕРНОЙ ЛЕСОСТЕПИ ОМСКОЙ ОБЛАСТИ

С.Ю. Князев

Омский государственный педагогический университет, г. Омск

Фрагментарность данных о почвенных беспозвоночных затрудняет выделение региональных и свойственных зонам особенностей животного населения почв и их взаимовлияние с почвенным покровом. На сегодняшний день недостаточно сведений о

почвенной фауне Западносибирской тайги и Сибири в целом [2, 6]. Таким образом, существует необходимость изучения почвенной мезофауны в Западной Сибири, ее региональных и зональных особенностей распределения, влияние на почву и свойств почвы на характеристики педобионтов.

Исследовательская работа посвящена изучению зависимости экологических особенностей почвенной мезофауны от характеристик почвы в условиях подзоны северной лесостепи.

Исследования проводились в Муромцевском районе Омской области (подзона северной лесостепи) с 14.06.2009 по 15.07.2009 г. Сбор коллекции произвела И.А. Миленина. Для исследования были выбраны следующие площадки (возделываемый агроценоз, березовый лес, сосновый лес, болото, заливной берег р. Тара). Почвенные беспозвоночные собирались стандартным методом почвенных раскопок по М.С. Гилярову [1]. Определение коллекции и интерпретация данных проводились автором. Также проведено исследование почвенных образцов, взятых в местах сбора мезопедобионтов. В почвенных образцах определялись рН водной вытяжки, структура почв и водные свойства почвы (водопрочность, водопроницаемость, влагоемкость) [4, 5]. Определение зависимости населения почвенной мезофауны от характеристик почв производилось с помощью корреляционного анализа [3].

В Муромцевском районе Омской области нами выявлено 34 таксона почвенных организмов, из них девять видов дождевых червей. Один вид принадлежит к собственно-почвенным среднеярусным червям, остальные – к питающимся на поверхности почвы (по четыре подстилочных и почвенно-подстилочных). Среди них выделяются два амфибиотических вида. Наибольшее видовое разнообразие дождевых червей отмечается в болотах за счет появления амфибиотических форм (шесть видов), наименьшее – в сосняках (три). В остальных типах биотопов обнаружено по четыре вида лямблиид. Распределение почвенной фауны по слоям неравномерное, наибольшая плотность животных наблюдается в верхнем слое 0-10 см (44-100%). В слое 10-20 см плотность организмов снижается, в нижнем (20-30 см) – существенно падает. Глубже животные не встречаются. Прогрессивный возрастной спектр отмечается в березняках и огородах, стабильный с тенденцией к регрессивному – сосняках и болотах, регрессивный – на заливных лугах.

Почвы березняков и сосняков отличаются слабокислой реакцией среды, агроценозов – от слабокислой до слабощелочной и болот – щелочной. Почвенные образцы отличаются минимальным содержанием пылевой фракции. Ценные фракции преоб-

ладают в березняках и сосняках, в болотах – самые крупные. Агрегаты различных фракций сосняков, березняков и болот отличаются высокой водопрочностью (85.5-90%), агроценозов – средней (44.6%). Водопроницаемость максимальна в агроценозах, минимальна – в болотах. Наибольшей влагоемкостью отличаются почвы сосняков, наименьшей – агроценозов. Увеличение количества видов дождевых червей и представителей почвенной мезофауны в целом смещает рН в щелочную сторону и уменьшает долю ценной фракции ($P < 0.01$). Подщелачивание среды способствует смещению педобионтов в верхние горизонты и возрастанию доли половозрелых особей. Увеличение видового разнообразия снижает водопрочность агрегатов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Гиляров М.С.* Методы почвенных зоологических исследований. М.: Наука, 1975. 279 с.
2. *Голованова Е.В.* Дождевые черви Омской области // *Фундаментальные и прикладные аспекты современной биологии*. Томск: Изд-во Томского гос. ун-та, 2010. С. 111–114 (Тр. Томского гос. ун-та. Сер. биологическая. Т. 275).
3. *Зайцев Г.Н.* Математический анализ биологических данных. М.: Наука, 1991. 184 с.
4. *Пирогова Т.И.* Полевое и лабораторное изучение почв. Омск, 2004. 128 с.
5. *Пирогова Т.И.* Практикум по почвоведению. Омск, 2006. 41 с.
6. *Стриганова Б.Р., Порядина Н.М.* Животное население почв борельных лесов Западно-Сибирской равнины. М.: КМК, 2005. 232 с.

ЗОНАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЧВЕННОЙ МЕЗОФАУНЫ НА ЕВРОПЕЙСКОМ СЕВЕРО-ВОСТОКЕ РОССИИ

А.А. Колесникова

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

Почвенная фауна и среда ее обитания – это единственная универсальная, но достаточно сложная, таксономически разнообразная и количественно богатая биологическая система, сохраняющаяся в окружающей среде даже в условиях самых глубоких преобразований. Крупные почвенные беспозвоночные участвуют в почвообразовании, создании и сохранении плодородия почв, возвращении в почву питательных веществ, вынесенных из нее растениями, и являются неотъемлемой частью единой системы трофических связей. Состояние почвенной фауны отражает процессы, протекающие в почве, а информация о населении почв

помогает лучше понять особенности почвообразования в различных типах почв.

Почвенная мезофауна европейского северо-востока России, обладает следующими характерными чертами. Она обеднена в направлении от южных материковых тундр к северным и арктическим островным тундрам. Отмечено явное преобладание Staphylinidae и Diptera в тундрах островов Баренцева моря. Зарегистрированы высокие видовое разнообразие и численность мезофауны в интразональных сообществах в сравнении с зональными. Характерно наличие одних и тех же доминантов в интразональных и зональных тундровых сообществах.

В таежной зоне наблюдаются аналогичные изменения таксономического состава и структуры мезофауны в направлении от южной к крайне северной тайге. Однако зональные группировки почвенной мезофауны в еловых и сосновых лесах с хорошо выраженным травянистым или зеленомошным покровом богаче, чем интразональные группировки крупных беспозвоночных ивняковых сообществ. Пойменные мелколиственные леса служат центрами поддержания высокого разнообразия почвенной мезофауны. Для каждого типа леса выделены характерные доминантные виды беспозвоночных.

На Урале на широтную зональность накладывается влияние высотной поясности. На Северном и Приполярном Урале группировки крупных беспозвоночных обладают четкой структурой доминирования, на Полярном Урале они становятся полидоминантными, что характерно и для мезофауны равнинных тундр. Заметна тенденция к снижению относительного обилия бореальных видов и одновременно увеличению роли аркто-бореальных видов в направлении от Северного Урала к Полярному. Наблюдается снижение видового богатства мезофауны при переходе от горно-лесного к горно-тундровому поясу, тем не менее, отсутствует замена бореальных видов арктическими, участие аркто-бореальных видов в горных тундрах может быть таким же, как и видов с бореальным распространением.

Ранее было выявлено, что феномен природной зональности, определяющий закономерную смену почвенного-растительного покрова и животного населения, особенно четко выражен на равнинных территориях. На Русской равнине тундра и лесотундра не включают специфических субарктических форм и представляют практически обедненный вариант таежного населения. Основу почвенной фауны этих природных зон составляют полизональные виды, широко распространенные в бореальных широтах. Число видов мезофауны постепенно нарастает от арктиче-

ской тундры до подзоны южной тайги [1]. Зональное распределение почвенной мезофауны на равнинной территории европейского северо-востока России принципиально не отличается от приведенной выше схемы. В пределах таежной зоны наблюдается постепенное уменьшение числа видов при переходе от южной тайги к крайнесеверной. Почвенная мезофауна лесотундры представляет собой переходный тип между таежной и тундровой фауной. В пределах тундровой зоны от ее южных границ к северным наблюдается сокращение видового богатства почвенной мезофауны почти в три раза. Для почвенной мезофауны Уральской горной страны не выявлено аналогичной тенденции снижения видового богатства при переходе от Северного к Полярному Уралу. Здесь проявляется правило высотной поясности, когда снижение видового богатства различных групп насекомых происходит с подъемом в горы [2].

В работе представлены данные многолетних исследований (1996-2013 гг.), проведенных при поддержке международных проектов, грантов РФФИ, УрО РАН, Президиума и ОБН РАН.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Стриганова Б.Р., Порядина Н.М.* Животное население почв бореальных лесов Западно-Сибирской равнины. М., 2005. 234 с.
2. *Мартыненко А.Б., Омелько М.М., Остапенко К.А.* Особенности высотной поясности фауны некоторых групп насекомых и паукообразных в условиях бореально-температного экотона на российском Дальнем Востоке // Бюл. МОИП. Отд. биол., 2007. Т. 112. Вып. 3. С. 38-42.

ПОЧВЕННАЯ МИКОБИОТА ЕСТЕСТВЕННЫХ ЭКОСИСТЕМ КОЛЬСКОГО СЕВЕРА

М.В. Корнейкова

Институт проблем промышленной экологии Севера Кольского НЦ РАН,
г. Апатиты

На Кольском п-ове с севера на юг выделяются две природные зоны: тундровая и таежная. Микобиота арктических почв отличается от таковой более южных районов рядом специфических черт, обусловленных особенностями среды их обитания: мезо- и психротолерантность, олиготрофность, низкое видовое разнообразие, высокая продуктивность микобиоты в течение полярного лета, уменьшение диаметра грибного мицелия [1]. Преобладающий тип почв – **Al-Fe-гумусовые подзолы, для которых ха-**

рактерно низкое содержание биогенных элементов, кислая реакция почвенного раствора и промывной водный режим.

В тундровой зоне нами исследована микобиота почв Дальнезеленецкой, Титовской и Западной озерной катен, полуостровов Рыбачий и Средний; в таежной зоне – микобиота почв Лепсечской, Лицкой и Печенгской катен, Апатитского, Кандалакшского, Ковдорского районов и территории заповедника «Пасвик». Численность микромицетов определяли методом посева на сусло и Чапек-агар с последующим выделением чистых культур и их идентификацией по культурально-морфологическим признакам с использованием общепринятых определителей.

Численность микромицетов в тундровой зоне изменялась в пределах 8-328 тыс. КОЕ/г, в таежной зоне – 80-350 тыс. в разные годы исследований, в отдельные годы число грибных пропагул достигало 600 тыс. КОЕ/г. Биомасса грибов в тундре в среднем составляла 1.81 ± 0.19 мг/г почвы, в таежной зоне колебалась от 0.75 ± 0.20 (сосняки) до 1.89 ± 0.68 мг/г (ельники). Длина грибного мицелия в тундровой зоне в среднем равна 245 ± 25 м/г, в таежной – 101 в сосняках и 1700 ± 632 м/г – ельниках.

В почвах тундровой зоны выявлено 28 видов микроскопических грибов, относящихся к 14 родам. По числу видов преобладали грибы рода *Penicillium*, который является доминирующим в почвах Кольского Севера. Представители данного рода составили 50% от общего количества видов, выделенных в тундровых почвах. Род *Torula* был представлен двумя видами (7% от общего количества видов). Остальные рода *Acremonium*, *Aureobasidium*, *Fusarium*, *Gongronella*, *Memnoniella*, *Mucor*, *Mortierella*, *Phoma*, *Rhizopus*, *Talaromyces*, *Trichoderma*, *Ulocladium* – по одному виду (по 3.5% от общего количества видов). В таежной зоне разнообразие почвенных микроскопических грибов представлено 76 видами, относящимся к 27 родам. В этой зоне, как и в тундре, доминировали грибы рода *Penicillium*, составляющие 45% от общего количества выделенных видов. Значительно меньше было выделено видов грибов из следующих родов: *Mucor* – 6.5%, *Aspergillus*, *Mortierella* (+*Umbelopsis*), *Trichoderma* – по 5%, *Cladosporium* – 4%, остальные – *Acremonium*, *Alternaria*, *Aureobasidium*, *Chaetomium*, *Gliocladium*, *Gliomastix*, *Gongronella*, *Lecanicillium*, *Memnoniella*, *Myrothecium*, *Myxotrichum*, *Oidiodendron*, *Paecilomyces*, *Phoma*, *Rhizopus*, *Sordaria*, *Talaromyces*, *Torula*, *Ulocladium*, *Wardomyces* – представлены одним-двумя видами.

В почве тундровой зоны доминировали виды *Mortierella longicollis*, *Penicillium melinii*, *P. raistrickii*, *P. simplicissimum*; в та-

ежной – *Mortierella longicollis*, *Penicillium decumbens*, *P. implicatum*, *Umbelopsis isabellina*.

Грибы, выделенные из почв тундровой и таежной зон, относились к двум отделам – *Ascomycota* и *Zygomycota* и пяти классам – *Eurotiomycetes*, *Sordariomycetes*, *Dothideomycetes*, *Leotiomycetes* и *Incertaesedis* (www.speciesfungorum.org). При анализе внутриродовой структуры доминирующего в северных почвах рода *Penicillium* выявлено, что здесь преимущественно встречаются виды секций *Asymmetrica* и *Monoverticillata* (47 и 41% от общего числа выделенных видов соответственно), представители секции *Biverticillata* составляют всего 12%, однако увеличение разнообразия последних отмечается в загрязненных почвах данного региона.

Изучение распределения микромицетов по почвенным горизонтам показало, что их максимальная численность сосредоточена в органогенном горизонте как в тундровой, так и таежной зоне. В минеральных горизонтах почвы наблюдалось резкое уменьшение количества микромицетов. В почве с глубиной резко снижается число выделяемых видов грибов. Из минеральных горизонтов почвы выделялись виды, которые встречались в органогенном горизонте, а также отсутствующие в верхнем слое. Степень сходства видового состава комплексов микромицетов органогенного и подзолистого горизонтов составляла 50-60%, подзолистого и иллювиального – 30-45, органогенного и иллювиального – 25-30%.

Таким образом, всего из естественных **Al-Fe-гумусовых** подзолистых почв Кольского Севера выделено 93 вида микроскопических грибов. Во всех природных зонах преобладали грибы р. *Penicillium*, которые составляли 45-50% от общего числа выделенных видов. Однако для каждой природной зоны (тундра, тайга) характерны определенный видовой состав и структура комплексов микромицетов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Евдокимова Г.А., Мозгова Н.П. Микроорганизмы тундровых и лесных подзолов Кольского Севера. Апатиты: Кольский НЦ РАН, 2001. 184 с.

МЕТАНОТРОФНЫЕ СООБЩЕСТВА ПОЧВ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ

И.К. Кравченко, А.К. Кизилова

Институт микробиологии им. С.Н. Виноградского РАН, г. Москва

Единственным известным в настоящее время биологическим механизмом регуляции содержания в атмосфере Земли метана, важнейшего парникового газа, является окисление микробными сообществами аэробных почв. Согласно современным оценкам, именно почвы лесных экоценозов вносят основной вклад в регуляцию содержания метана в атмосфере. Несмотря на интенсивные исследования последних лет, до настоящего времени остается неизвестным, какие почвенные микроорганизмы отвечают за эту уникальную биосферную функцию.

Настоящее исследование посвящено оценке активности и разнообразия метанотрофных сообществ почв лесных экоценозов и соответствующих агроценозов.

Проведена оценка метанооксиляющей активности и разнообразия аэробных метанотрофных бактерий в почвах лесных биоценозов зонального ряда европейской части России. Исследованы образцы дерново-подзолистой почвы смешанного леса Московской области, серой лесной почвы широколиственного леса Тульской, выщелоченного чернозема широколиственного леса Липецкой, солоди осинника Воронежской области. Анализ библиотек клонов фрагментов *pmoA*, гена-маркера аэробного метаноокисления, выявил низкий уровень разнообразия метанотрофов в почвах естественных экосистем по сравнению с аналогичными почвами, вовлеченными в сельскохозяйственное использование. В почвах лесных экосистем были обнаружены только последовательности, родственные природным клонам некультивируемых метанотрофов, относящимся к трем основным группам, которые, вероятно, и отвечают на окисление метана атмосферы – **USC-gamma, cluster I и новому *pmoA/amoA* кластеру. Представители последнего, которые названы нами UNSC (uncultured native soil cluster), лишь отдаленно родственны метанотрофам *Crenothrix polyspora*.** В связи с отсутствием в этой группе культивируемых организмов, их филогенетическое положение и физиолого-биохимические характеристики остаются не вполне определенными. Нельзя исключить, что выявленные последовательности принадлежат генам, кодирующим синтез ферментов с неизвестными пока характеристиками, однако все они были обнаружены в почвах природных экосистем с высокой активностью окисления атмосферного метана.

В агропочвах обнаружены разнообразные культивируемые метанотрофы, относящиеся как к Альфа- (*Methylosinus*, *Methylocystis*), так и Гамма-протеобактериям (*Methylobacterium*, *Methylobacter*, *Methylocaldum*).

Несмотря на высокое разнообразие метанотрофов, почвы агроценозов характеризовались низкой активностью метаноокисления. Все почвы естественных экосистем были стоком для метана атмосферы, и величина потока, определенная *in situ*, достигала 19-30 мкг $\text{CH}_4 \text{ м}^{-2} \text{ ч}^{-1}$. В то же время почвы агроценозов характеризовались низкими значениями поглощения метана атмосферы – 2.2-10 мкг $\text{CH}_4 \text{ м}^{-2} \text{ ч}^{-1}$. Методом радиоактивных изотопов дана оценка потенциальной метаноокисляющей активности, которая составила 1.21-1, 51 нг $\text{CH}_4 \text{ г}^{-1} \text{ сут}^{-1}$ в почвах лесных экосистем и 0.13-0.4 нг $\text{CH}_4 \text{ г}^{-1} \text{ сут}^{-1}$ – в почвах агроэкосистем.

Таким образом, проведенные исследования показали, что некультивируемые метанотрофы являются доминирующим компонентом метаноокисляющих микробных сообществ лесных почв европейской части России. Результаты полевых и лабораторных экспериментов подтверждают гипотезу об участии этих микроорганизмов в окислении метана атмосферы. Необходимо проведение дальнейших исследований этой группы метанотрофов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 13-04-00603_а.

ENTOMOPATHOGENIC FUNGI ASSOCIATED WITH NATURAL POPULATION OF *HIEROGLYPHUS PERPOLITA* (UVAROV) IN PAKISTAN

S. Kumar, R. Sultana

Department of Zoology, University of Sindh, Jamshoro

The *Aspergillus* most important group of entomopathogenic fungi is capable of reducing destructive grasshopper population in field as well as in laboratory. During the present study some observation were made from District Mirpur Khas and its 04 localities i-e Digri, Mirpur Khas, Kot Ghulam Muhammad and Jhudo were visited time to time in order to collect the large numbers of grasshoppers. During the present survey it was found that high infection percentage of *Aspergillus* i-e 50% was reported in Kot Ghulam Muhammad following by 21 and 17% in Digri and Mirpur Khas respectively. Beside this, it was also noted that all individual

of *H. perpolita* infected by *Aspergillus* species did not exhibit any characteristic symptoms, but were mummified when dead. After exposure to humid environment *H. perpolita* formed distinctive dark green patches on the cuticle of the insects. It was also observed that fungi play significant role in reduction of pest population in field. In Pakistan preliminary study has been carried out by authors but hopeful output of this investigation will open the new area of research for utilization of fungi on large scale.

ВЛИЯНИЕ ПРОЦЕССОВ ЕСТЕСТВЕННОГО ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЯ НА УГЛЕРОДНЫЙ СТАТУС И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ПОСТАГРОГЕННЫХ ПОЧВ В РАЗЛИЧНЫХ ЛЕСОРАСТИТЕЛЬНЫХ ЗОНАХ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ

И.Н. Курганова¹, В.О. Лопес де Герену¹, А.С. Мостовая², В.М. Телеснина³

¹ Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,
г. Пущино

² Российский государственный аграрный университет –
Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева, г. Москва

³ Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва

Процесс стихийного забрасывания сельскохозяйственных угодий получил в России широкое распространение в начале 90-х гг. XX столетия вследствие перехода на рыночную экономику. В таежной и лесостепной зонах этот процесс, как правило, сопровождается восстановлением на заброшенных землях лесной растительности. Процесс постагрогенной эволюции бывших сельскохозяйственных угодий идет по классическим сукцессионным схемам в направлении формирования зональных типов экосистем [2]. Наименее изучена к настоящему времени динамика микробиологических свойств почв в ходе постагрогенной эволюции, несмотря на то, что микробные сообщества почв весьма чутко реагируют на любые изменения природной среды – как естественные, так и антропогенные [1].

Цель настоящего исследования – изучение микробиологической активности дерново-подзолистых и серых лесных почв на примере сукцессионных хронорядов пост-агрогенных почв, представляющих собой последовательные стадии естественного зарастания сельскохозяйственных угодий лесной растительностью.

Исследования проводились в 2012-2013 гг. в разных лесорастительных зонах/подзонах европейской части России: южно-таежной (Костромская область), хвойно-широколиственной (Московская) и лесостепной (Белгородская). Сукцессионные хроноряды постагрогенных почв выбирались единообразно и включали

пашню, разновозрастные залежи и зрелый (или вторичный) лесной ценоз. Для проведения общих и микробиологических анализов смешанные почвенные образцы отбирались из двух верхних слоев: 0-10 и 10-20 см. В лабораторных условиях в образцах нарушенного сложения определяли: полную полевую влагоемкость (ППВ), величину pH (1М KCl вытяжка), содержание общего углерода и азота (автоматический CHNS анализатор; Лесо США), дыхательную активность почв (V_{basal}) и содержание микробного углерода (C_{mic}). Все анализы проводились в двух-трехкратной повторности.

Проведенные исследования показали, что в процессе естественного зарастания бывших пахотных угодий лесной растительностью во всех изученных хронорядх постагрогенных почв происходит прогрессивное накопление органического углерода в горизонте 0-10 см, что вызывает усиление дыхательной активности почв и заметное (в 1.5-3 раза) увеличение в них микробного пула углерода (см. таблицу). В то же время за счет проявления процессов подзолообразования при развитии лесной растительности в горизонте 10-20 см происходит заметное увеличение кислотности почв, которое влечет за собой снижение микробиологической активности и уменьшение содержания C_{mic} .

Некоторые свойства постагрогенных почв (слой 0-10 см) различных лесорастительных зон

Участок	C _{opr}	N _{opr}	C/N	pH _{KCl}	V _{basal} *	C _{mic} *
	г C/кг почвы				мл C/кг/сут.	г C/кг почвы
Южно-таежная лесорастительная зона (Костромская область)						
Пашня	16.1±1.7	1.39±0.30	11.6	4.35	21.8±0.2	0.14±0.01
Залежь, 8 лет	26.7±3.0	2.03±0.26	13.1	4.42	41.8±1.5	0.14±0.01
Залежь, 14 лет	41.5±4.4	2.73±0.38	15.2	3.40	52.2±0.8	0.20±0.03
Зрелый лесной ценоз	76.0±5.9	3.44±0.01	22.1	2.52	96.6±10.0	0.50±0.08
Хвойно-широколиственная лесорастительная подзона (Московская область)						
Пашня	10.5±0.3	1.10±0.05	9.6	5.18	6.6±0.3	0.73±0.01
Залежь, 6 лет	12.0±0.1	1.19±0.02	10.1	5.74	11.8±0.5	0.72±0.04
Залежь, 15 лет	14.2±0.7	1.47±0.05	9.7	5.27	24.3±0.5	1.19±0.12
Залежь, 30 лет	20.9±1.1	2.03±0.10	10.3	5.04	23.6±0.9	1.15±0.13
Вторичный лес	30.0±1.8	2.35±0.10	12.8	5.56	42.6±2.0	1.76±0.05
Лесостепная лесорастительная зона (Белгородская область)						
Пашня	18.2±0.6	4.12±0.11	4.4	5.00	12.3±0.5	0.50±0.01
Залежь, 5-10 лет	15.4±0.4	1.99±0.01	7.7	4.70	12.6±0.1	0.40±0.00
Залежь, 15-20 лет	19.2±0.1	2.72±0.03	7.1	4.86	14.6±0.3	0.73±0.00
Залежь, 35-40 лет (луг)	18.2±0.4	3.30±0.04	5.5	5.37	16.0±0.3	0.79±0.00
Залежь, 35-40 лет (лес)	23.1±0.6	3.76±0.10	6.1	5.10	18.7±0.5	0.87±0.03
Лес молодой, 45-50 лет	36.3±0.2	4.38±0.01	8.3	5.43	30.5±1.2	1.42±0.03
Лес зрелый, >100 лет	47.0±1.1	7.31±0.11	6.4	5.17	40.3±0.4	1.38±0.03

Таким образом, в таежной и лесостепной зонах на бывших пахотных почвах в ходе постагрогенной сукцессии идут активные процессы самовосстановления в направлении формирования зональных типов почв, проявляющиеся в формировании гумусо-аккумулятивного горизонта и усилении микробиологической активности почв.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 15-04-05156а), гранта Научная школа (НШ-6123.2014.4) и Программы КОНТАКТ II of the Czech Ministry of Education, Youth and Sports.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ананьева Н.Д., Благодатская Е.В., Демкина Т.С. Оценка устойчивости микробных комплексов к природным и антропогенным воздействиям // Почвоведение, 2002. № 5. С. 580-587.
2. Люри Д.И., Горячкин С.В., Караваева Н.А. и др. Динамика сельскохозяйственных земель в России в XX веке и постагрогенное восстановление растительности и почв. М.: ГЕОС, 2010. 416 с.

ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ПОЧВЕННЫХ МИКРОБНЫХ СООБЩЕСТВ В ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ ТАЕЖНОЙ ЗОНЫ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРО-ВОСТОКА РОССИИ

Е.М. Лаптева, Ю.А. Виноградова

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

Исследованы структура и функциональные характеристики микробных сообществ подзолистых и болотно-подзолистых почв, формирующихся в таежных экосистемах на территории Республики Коми. Почвенные микроорганизмы функционируют здесь в условиях недостатка тепла и повышенного увлажнения.

Для подзолистых и болотно-подзолистых почв средней и северной тайги характерна концентрация микроорганизмов преимущественно в верхней части профиля – в органогенных горизонтах. В нижележащей минеральной части профиля численность бактерий, спор грибов и длина грибного мицелия снижается в 3-40 раз. Эта разница более ярко выражена в болотно-подзолистых почвах, занимающих микропонижения и ложбины и испытывающих дополнительное поверхностное переувлажнение. В структуре биомассы микробных сообществ основную роль играет мицелий микроскопических грибов. На его долю в почвах ельников зеленомошных и долгомошных приходится 86-89% общей биомассы микроорганизмов, в почве ельников сфагновых – 93-94%.

Наиболее стабильное и благополучное, с точки зрения качества почвы, микробное сообщество складывается в органогенных горизонтах почв ельников зеленомошных, занимающих хорошо дренированные автоморфные позиции в рельефе водоразделов. Заболачивание почв в ельниках долгомошных и сфагновых обуславливает снижение функциональной активности почвенной микробиоты. Однако подзональные различия в биологической активности почв наиболее ярко прослеживаются не в автоморфных почвах, а в полу- и гидроморфных болотно-подзолистых. Особенно ярко это проявляется при переходе от северной тайги к крайнесеверной, где автоморфные глееподзолистые почвы практически идентичны по численности и биомассе микроорганизмов.

Различия между почвами разного уровня увлажнения четко проявляются в функциональной активности и спектрах потребления источников органического углерода. Микробные сообщества почв ельников зеленомошных утилизируют более значительное количество субстратов, но в их спектре практически не используют рамнозу и маннозу. Микробные сообщества переувлажненных почв, формирующихся в ельниках долгомошных и сфагновых, при общем меньшем количестве утилизируемых субстратов менее активно, чем в почвах ельников зеленомошных, потребляют арабинозу, галактозу, сахарозу и фруктозу. При этом по мере нарастания степени увлажнения почв меняется потребление таких аминокислот, как пролин, цистеин, гистидин, аргинин, аспарагин, валин, серин, и снижается активность потребления спиртов.

МИКРОБНЫЙ МЕТАБОЛИЧЕСКИЙ КОЭФФИЦИЕНТ И СТЕПЕНЬ НАРУШЕННОСТИ МИКРОБОЦЕНОЗОВ В РЕЗУЛЬТАТЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ

Е.Ю. Максимова^{1, 2}, Е.В. Абакумов^{1, 2}

¹ Институт экологии Волжского бассейна РАН, г. Тольятти

² Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург

В современных условиях лесопокрытые площади на всей территории России, в том числе и Самарской области, постоянно сокращаются под воздействием вырубок и лесных пожаров. В засушливом климате на фоне глобального потепления лесные пожары превращаются в основной фактор, определяющий состояние и динамику лесного фонда Самарской области. В природном и экономическом отношении в структуре регионального лесно-

го фонда сосновые боры являются наиболее ценными, но в силу своих эколого-биологических особенностей они чаще лиственных лесов подвергаются воздействию пожаров [5].

Пожары оказывают влияние на интенсивность биологического круговорота, цикличность процессов накопления и трансформации органического вещества в лесных экосистемах. Почва как неотъемлемая составная часть экосистемы также подвергается сложному и разностороннему пирогенному воздействию, приводящему к изменению ее гидротермических и трофических условий, а следовательно, и биологических свойств [4]. Почвенные микроорганизмы – ключевой фактор почвообразования в экогенетических и демутиационных сменах, они характеризуются высокой чувствительностью к изменениям (естественным и антропогенным) природной среды, что позволяет использовать их в качестве критерия оценки состояния почв после различных нарушений [2].

Объектами исследования являются степные островные сосновые боры в районе г. Тольятти Самарской области при Институте экологии Волжского бассейна РАН, подвергшиеся воздействию катастрофических лесных пожаров в 2010 г. В процессе исследования были изучены три территории: участки прохождения низового и верхового пожаров в конце июля 2010 г. и фоновый участок (контроль). Изученные почвы на всех участках исследования – серогумусовые супесчаные, сформированные на древних аллювиальных волжских песках, с признаками иллювиирования железисто-гумусовых комплексов без формирования самостоятельного подзолистого горизонта [3].

Для оценки функциональной активности микробных комплексов после действия пирогенного фактора был использован микробный метаболический коэффициент (qCO_2), который рассчитывается как отношение интенсивности базального дыхания к микробной биомассе. Увеличение qCO_2 почвы (или удельное дыхание почвенных микроорганизмов) в результате природных и антропогенных воздействий свидетельствует об изменении экофизиологического статуса микроорганизмов и является своеобразным индикатором нарушения микробного сообщества. В соответствии с полученными данными, метаболическая активность микробного сообщества снижается в ряду фоновый участок → верховой пожар → низовой пожар. Это свидетельствует о том, что микробные сообщества верхних горизонтов испытывают недостаток доступных питательных веществ, обусловленный тем, что субстратов, высвобождающихся в процессе минерализации свежих органических материалов, недостаточно для обеспечения

жизнедеятельности активно формирующейся микробной биомассы. Спустя три года после пожаров метаболический коэффициент уменьшается и по абсолютным значениям приближается к показателям контрольного варианта.

Степень нарушения микробного сообщества почвы определяли как соотношение величин микробных коэффициентов в нарушенной и ненарушенной почвах ($C_{\text{нар}} = q\text{CO}_{2\text{ нар}}/q\text{CO}_{2\text{ нн}}$). Величины, превышающие 1, так же как и значительно ниже 1, свидетельствуют о нарушении устойчивости почвенного микробного комплекса [1].

Наибольшая степень нарушения микробных комплексов ($C_{\text{нар}} = 5.92-7.56$) отмечена в почве после низового пожара в 2010 г. В почвах, подверженных действию верхового пожара, степень нарушения микробоценозов значительно меньше по сравнению с низовым пожаром ($C_{\text{нар}} = 1.93-3.72$). Данный показатель уменьшается со временем и через пять лет после пожаров в подстилке близок к 1, тогда как в верхнем гумусовом слое почвы еще отличается от 1 ($C_{\text{нар}} = 1.87-2.28$).

Таким образом, пожары приводят к перестройке почвенного микробного сообщества, которая выражается в изменении его функционального состояния, определяемого микробным метаболическим коэффициентом. Через два-три года после пожаров отмечена «стабилизация» функционирования микробного сообщества постпирогенной почвы.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научных проектов мол-а 14-04-32132, мол-а-вед 15-34-20844.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ананьева Н.Д.* Микробиологические аспекты самоочищения и устойчивости почв. М.: Наука, 2003. 222 с.
2. *Богородская А.В., Иванова Г.А.* Микробиологический мониторинг состояния почв после пожаров в сосново-лиственничных насаждениях Нижнего Приангарья // Хвойные бореальной зоны, 2011. Т. 28. № 1-2. С. 98-106.
3. *Максимова Е.Ю., Цибарт А.С., Абакумов Е.В.* Свойства почв Тольяттинского соснового бора после катастрофических пожаров 2010 г. // Почвоведение, 2014. № 9. С. 1131-1144.
4. *Сорокин Н.Д.* Влияние лесных пожаров на биологическую активность почв // Лесоведение, 1983. № 4. С. 24-28.
5. *Фирсова В.П.* Лесные почвы Свердловской области и их изучение под влиянием лесохозяйственных мероприятий // Труды Института экологии. Свердловск, 1969. Вып. 63. С. 146-160.

СУКЦЕССИОННАЯ СМЕНА МИКРООРГАНИЗМОВ ПРИ РАЗЛОЖЕНИИ РАСТИТЕЛЬНОГО ОПАДА В МОДЕЛЬНОМ ПОЛЕВОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ

Е.М. Перминова, Ю.А. Виноградова, Ф.М. Хабибуллина,
В.А. Ковалева, Е.М. Лаптева

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

Процессы разложения растительного опада тесно связаны с функционированием в наземных экосистемах почвенной микробиоты. Функциональная активность микроорганизмов и почвенных беспозвоночных животных определяет скорость трансформации растительного материала, а изменение его химического состава в процессе деструкции – сукцессионную смену почвенной биоты.

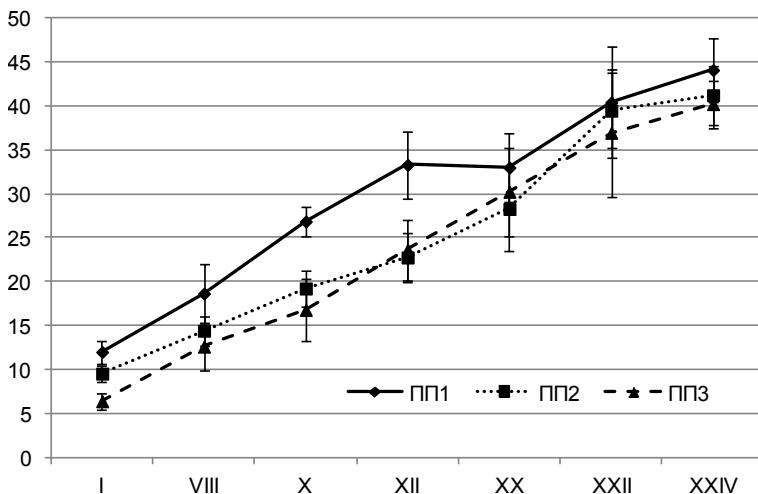
Цель данной работы – выявление закономерностей сукцессионной смены микроорганизмов в процессе разложения растительного опада в среднетаежных ельниках зеленомошного типа и листовенно-хвойных насаждениях, сформировавшихся после сплошнолесосечных рубок ельников черничных.

Объектами исследования послужили сообщества коренного ельника черничного (участок ПП-1), молодняка первого класса возраста (ПП-2) и средневозрастного листовенно-хвойного насаждения (ПП-3), сформировавшихся после проведенных в 2001-2002 гг. и 1969-1970 гг. сплошнолесосечных рубок соответственно. Интенсивность разложения растительного материала определяли в микрокосмах, методом изоляции в капроновых мешочках с размером ячеек 1 мм. На участках ПП-1 и ПП-2 субстратом служила живая часть растений мохового яруса, на участке ПП-3 – листовый опад березы и осины, которые экспонировали в каждом сообществе в течение двухлетнего периода. Скорость деструкции рассчитывали как потерю массы за конкретный период учета. Состав микромицетов, принимающих участие в разложении растительного материала, учитывали методом посева почвенной вытяжки на среду Гетчинсона и подкисленную среду Чапека (рН = 4.5). Численность и биомассу микроорганизмов определяли методом люминесцентной микроскопии. Химический анализ растительного материала выполняли в аккредитованной экоаналитической лаборатории Института биологии Коми НЦ УрО РАН.

Как показали проведенные исследования, интенсивность разложения растительного материала на всех участках в среднем оказалась достаточно близкой – за двухлетний период она составила 40-44% потери массы. Наиболее ярко различия в скорости

разложения растительного материала в ненарушенных еловых лесах и производных насаждениях, сформировавшихся на вырубках, проявились на первых этапах деструкционного процесса (см. рисунок).

В первый год экспозиции наиболее активно минерализационные процессы протекали в коренном еловом лесу. На вырубках скорость разложения растительной массы в этот период была в 1.7-2.3 раза ниже. Максимальным разнообразием микромицетов, участвующих в разложении мхов, характеризовался коренной ельник (ПП-1). Здесь было выделено 30 видов микроскопических грибов из 13 родов. На вырубках разнообразие микоченозов ограничено 17 и 23 видами микромицетов. Сукцессионная смена в составе микромицетов наиболее четко выражена в коренном ельнике. Отсутствие четко выраженной закономерности в смене видового разнообразия микромицетов в процессе деструкции растительного опада на вырубках может служить маркером антропогенной нарушенности таежных экосистем. В целом, для микромицетных комплексов, участвующих в разложении растительных компонентов мохового и листового опада в коренном ельнике и производных насаждениях, сформировавшихся на участках сплошнолесосечных рубок среднетаежных ельников черничных, характерна высокая видовая специфичность (коэффициент Жаккара 0.29).



Потеря массы (%) при разложении растительного материала в ельнике черничном (ПП-1) и лиственнично-хвойных насаждениях, сформировавшихся на вырубках 2001-2002 гг. (ПП-2) и 1969-1970 гг. (ПП-3).

Оценка микробной биомассы с помощью люминесцентно-микроскопического метода показала, что на вырубках суммарная биомасса микроорганизмов в 1,4-1,6 раза ниже по сравнению с коренным еловым лесом. В ее структуре основную роль играют мицелий и споры грибов (98-99% от общей биомассы). При разложении листового опада (участок ПП-3) в структуре микробной биомассы возрастает вклад бактериальной составляющей. Снижение длины мицелия и его биомассы в направлении от коренного ельника к производным лиственно-хвойным сообществам, сформировавшимся на вырубках, свидетельствует о более благоприятных условиях жизнедеятельности микроскопических грибов, участвующих в разложении растительного опада, в ненарушенных среднетаежных еловых лесах.

ГЕРПЕТОБИОНТНЫЕ ПАУКИ (ARANEI) ДРЕВЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ ГОРОДА ДОНЕЦКА

Е.В. Прокопенко

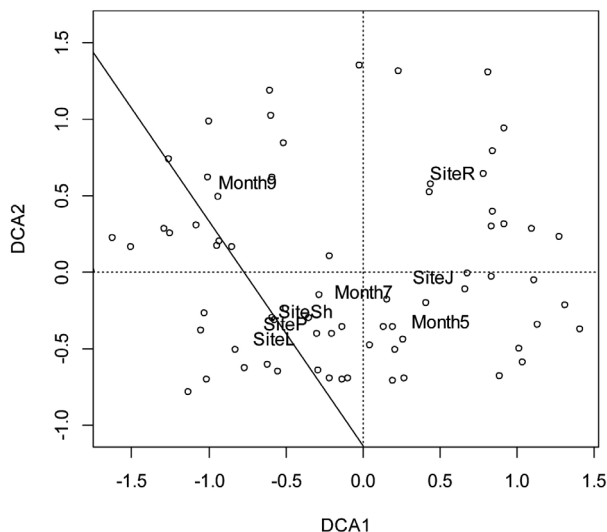
Донецкий национальный университет, г. Донецк, ДНР

Материал собран почвенными ловушками Барбера с 1999 по 2004 г. в древесных массивах г. Донецка, расположенных по изогнутой кривой от северных до юго-западных окраин города через его центр. Байрачные дубравы: 1) Ясиноватский лес (между городами Донецк и Ясиноватая, наибольшая сохранность растительности, толстый слой подстилки); 2) Путиловский лес (вблизи северной границы города, находится под интенсивным рекреационным прессом). Искусственные насаждения: 3) парк им. Ленинского комсомола и 4) парк им. Щербакова (расположены в центре города, окружены жилой застройкой и промышленными предприятиями); 5) искусственный лесной массив «Раковка» (юго-западная окраина, примыкает к агроценозам и дачным участкам). Ловушки выставлялись ежегодно в последней декаде мая, июля и сентября с недельной экспозицией. Совокупно отработано 36 750 лов.-сут., собрано 24 199 экз. пауков. Процедура детрендового анализа соответствий (DCA) проведена в статистической среде R. В качестве категориальных переменных выступали маркеры локалитета (Site), месяца (Month) и года проведения учетов (Years). Как метод предварительного преобразования данных применялась трансформация Хеллинджера. В анализ были включены сведения о численности 62 видов пауков.

Всего найдено 109 видов из 22 семейств. В древесных городских ценозах отмечены крайне редкие на левобережной Украине виды, например, *Dysdera hungarica*, *Enoplognatha serratosignata*, *Porrhomma campbelli*, *Sauron rayi*.

Как количество видов, так и численность пауков существенно снижаются в центральных городских парках. Наибольшее видовое богатство зарегистрировано в пригородном байрачном лесу (гора Ясиноватая) – 71 вид, минимальное – в парке им. Ленинского комсомола (32 вида). Средняя динамическая плотность пауков в исследованных локалитетах составила 65.8 экз./100 лов.-сут. Максимальное значение этого параметра наблюдалось в «Раковке» (103.8 экз./100 лов.-сут.), минимальное – в парках им. Щербакова и им. Ленинского комсомола (40.4 и 31.6 экз./100 лов.-сут. соответственно).

Ординация аранеокомплексов свидетельствует о том, что расположение локалитета в городском градиенте и месяц проведения учетов являются важными структурирующими факторами ($r^2 = 0.43$ и 0.41 , $p = 0.001$). Влияние года сбора материала оказалось несущественным ($r^2 = 0.033$, $p = 0.917$).



Размещение аранеокомплексов в пространстве первых двух осей DCA (Month5, Month7, Month9 – центроиды точек, соответствующих майским, июльским и сентябрьским учетам; Site – центроиды точек локалитетов: R – «Раковка», J – Ясиноватский лес, Sh – парк им. Щербакова, L – парк им. Ленинского комсомола, P – Путиловский парк). Собственные числа осей: DCA 1 – 0.4103, DCA 2 – 0.2810, DCA 3 – 0.2074, DCA 4 – 0.1564.

Осенние аранеокомплексы характеризуются значительным своеобразием – центроид точек расположен обособленно, как и центроид «Раковки» (см. рисунок). Справа по оси DCA 1 располагаются также центроиды точек майских учетов и Ясиноватского леса. Центральные городские парки и Путиловский лес образуют тесную группу в левой части оси, демонстрируя сходные тенденции трансформации аранеокомплексов под антропогенным воздействием. Таким образом, справа налево по оси DCA 1 в аранеокомплексах происходит снижение числа видов, смена видового состава и изменение структуры населения пауков как в сезонном аспекте (с мая по сентябрь), так и в урбоградиенте (от окраин города к его центру).

ИЗМЕНЕНИЕ СОСТАВА МЕЗОФАУНЫ ПРИ ПИРОГЕННОЙ СУКЦЕССИИ УСМАНСКОГО БОРА

С.С. Рубцов, О.П. Негробов

Воронежский государственный университет, г. Воронеж

Оценка связи разнообразия, структуры и функционирования сообществ организмов в лесных почвах, подвергшихся лесному пожару, – одна из фундаментальных проблем современной экологии. Важное значение имеет количественная оценка изменений экосистемных функций почвенной мезофауны [1].

В 2010 г. в результате лесных пожаров пострадали большие участки лесной территории Воронежской области. Местом для ис-

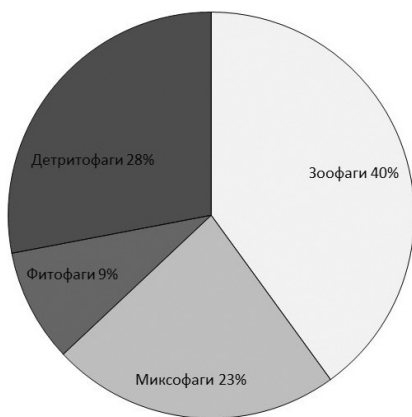


Рис. 1. Трофическое распределение особей в контроле.

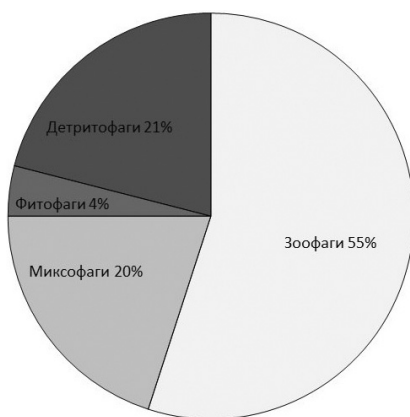


Рис. 2. Трофическое распределение особей в сукцессии.

Распределение семейств мезофауны по месяцам и биотопам

Группы мезофауны	Распределение мезофауны по биотопам (I – контроль, II – сукцессия), количество экземпляров							
	Май		Июнь		Июль		Август	
	I	II	I	II	I	II	I	II
<i>Asilidae</i>	–	1	–	2	–	–	–	–
<i>Campodeidae</i>	–	–	1	1	–	–	–	–
<i>Curculionidae</i>	14	–	1	–	2	–	–	–
<i>Carabidae</i>	2	24	–	24	3	33	–	9
<i>Dysderidae</i>	2	–	1	–	–	–	–	–
<i>Elateridae</i>	2	–	3	2	1	2	–	2
<i>Formicidae</i>	33	28	6	18	16	2	9	3
<i>Geophilidae</i>	12	–	4	5	4	1	6	–
<i>Gnaphasidae</i>	–	–	–	–	–	2	2	1
<i>Julidae</i>	1	7	–	6	–	7	2	2
<i>Lithobiidae</i>	26	–	8	4	10	10	15	1
<i>Linyphiidae</i>	1	1	–	–	–	–	–	–
<i>Lumbricidae</i>	36	9	19	13	7	4	3	3
<i>Lycosidae</i>	–	–	–	–	–	1	2	–
<i>Lygaeidae</i>	–	–	–	–	–	2	–	–
<i>Microphantidae</i>	4	–	–	–	–	–	–	–
<i>Noctuidae</i>	1	1	–	–	–	3	1	–
<i>Nematoda</i>	–	–	11	10	4	–	–	–
<i>Oniscidae</i>	–	–	–	–	1	5	1	3
<i>Pentatomidae</i>	–	–	–	–	–	–	2	–
<i>Staphylinidae</i>	9	2	5	4	7	13	2	4
<i>Scarabaeidae</i>	–	–	1	–	–	–	–	–
<i>Sarcophagidae</i>	–	–	–	–	1	–	–	–
<i>Silphidae</i>	–	–	–	–	1	–	–	–
<i>Theridiidae</i>	4	–	–	–	2	–	–	–
<i>Thomisidae</i>	–	–	–	–	–	1	1	–
<i>Therevidae</i>	–	–	–	–	–	6	–	–

следования была выбрана дубрава Усманского бора, находящаяся в Рамонском районе Воронежской области. Для определения и сравнения почвенной биоты были выбраны исследуемые участки в контрольной и пирогенно-сукцессионной территориях с наиболее благоприятными условиями и наибольшей концентрацией почвенных беспозвоночных [2].

Сбор производился в течение весенне-летнего периода 2014 г. Материал по почвенным беспозвоночным был отобран методом ручной сборки (25×25 см и 20 см в глубину). Собрано восемь проб. Образцы фиксировались в 5% -ном растворе формалина.

Цель проведенных исследований – сравнение семейств беспозвоночных, обитающих на территории контроля и сукцессии, распределение мезофауны по трофическим группам (см. таблицу).

Трофические группы почвенных беспозвоночных в биотопах контроля отображают равномерное соотношение зоофагов, микрофагов, детритофагов и меньший процент – фитофагов (рис. 1), увеличение хищников в пирогенных системах приводит к спаду всех групп беспозвоночных (рис. 2).

Отмечено доминирование хищников в пирогенно-сукцессионной среде, в то время как на контрольной территории группы беспозвоночных имеют устойчивую трофическую сеть.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Гиляров М.С.* Изучение беспозвоночных животных как компонента биогеоценоза. М.: Наука, 1974. С. 146-168.
2. *Назаров А.С.* Структура почвенной мезофауны некоторых типов леса Усманского бора. Воронеж, 1992. Вып. 2. С. 76-81.

МАСШТАБНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ВЛИЯНИЯ АБИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА НАСЕЛЕНИЕ КОЛЛЕМБОЛ

А.К. Сараева

Институт леса Карельского НЦ РАН, г. Петрозаводск

Неоднородность распределения почвенных животных в пространстве может быть обусловлена разными причинами, например, гетерогенностью среды обитания, связанной с абиотическими факторами – влажностью и мощностью подстилки. Неоднократные исследования обнаруживали соответствие численности почвенной фауны физико-химическим свойствам среды, например, влажности [2-5 и др.], при этом исследования проводились в одном фиксированном масштабе. До сих пор остается неясным вопрос – меняется ли при смене масштаба рассмотрения связь пространственного распределения почвенной фауны с факторами среды? Исследования проводили в экологическом ряду сосновых биотопов среднетаежной подзоны Карелии: сфагновых, зеленомошных и лишайниковых. Для подтверждения воспроизводимости результатов в однотипных биотопах были заложены по две пробные площади на расстоянии 10 км друг от друга. Чтобы описать и сравнить три контрастных местообитания, было отобрано 1620 образцов по 81 в каждом типе леса в июне и сентябре 2011-2012 гг. В каждом биотопе заложены по три метровые площадки на расстоянии 10 м друг от друга. Внутри площадок точки отбора сгруппированы по принципу фрактальной геометрии:

вложенных треугольников со сторонами 10 и 25 см. При этом три пробы располагались в углах треугольника со стороной 10 см, таких «трешек» было 27 (по девять на каждой метровой площадке). Они упорядочивались в углах треугольников со стороной 25 см, таких было девять (по три на 1 м²). Сгруппированные девять проб на площадке 6 дм² располагались в углах треугольника со стороной 1 м. Размер единичной пробы – 8 см². Для каждого образца получены данные по численности и видовому составу коллембол, а также абиотическим факторам – влажности (%) и массе органического вещества (г) [1]. Такое расположение проб позволило оценить влияние факторов среды на население коллембол в разных масштабах: от 1 дм² до 1 м². Для оценки связи пространственного распределения ногохвосток с абиотическими факторами использовали коэффициент корреляции Спирмена. Масштабно-ориентированный подход в оценке влияния факторов заключался в том, что связь неоднородности распределения коллембол с ними изучали с учетом размера участков: от 8 см² (размер одной пробы) до 1 м² (27 проб). Это позволило выяснить, в каких масштабах проявляется влияние того или иного фактора среды. Результаты показали, что влажность и масса органического вещества субстратов заметно варьировали в экологическом ряду изучаемых биотопов. Так, в сосняках сфагновых эти факторы мало менялись внутрибиотопически (значения коэффициента вариации CV – менее 10%). В зеленомошных сосняках коэффициент вариации фактора влажности не превышал 27%, в то время как в лишайниковом он достигал 41%. Масса органического вещества, изученная в сосняках сфагновых и зеленомошных, менялась в пределах 27 и 30% соответственно. Уровень варьирования этих факторов внутри биотопов практически не менялся по сезонам и годам. Параллельное изучение пространственного распределения коллембол однотипных пробных площадей показало, что все выявленные связи с факторами среды в пределах однородных участков локальны и эпизодичны. Оказалось, что влияние фактора, действительно, часто зависит от размера площадки. Были отмечены случаи влияния фактора только на дециметровых и метровых площадках в одной и той же серии, только на 8 см², 1 м² или же на всех изучаемых масштабах одновременно. Например, у *I. minor* и *W. anophthalma* связь с влажностью была отмечена только для участков размером с одну пробу – 8 см², у *X. armatus* – 1 м². У других видов (*P. notabilis*, *D. hiemalis*, *M. yosii*), напротив, связь с этим фактором проявлялась на всех масштабах, кроме 8 см². Таким образом, наличие или отсутствие влияния факторов среды на размещение видов зависит от мас-

штаба рассмотрения. Достоверно значимые значения коэффициента корреляции между численностью видов и факторами среды могут обнаруживаться на участках одного размера, но отсутствовать на более мелких или крупных выделах. Это значит, что масштаб в исследованиях экологии почвенных животных – важное условие в установлении зависимости распределения почвенной фауны от факторов среды даже в пределах внешне однородного местообитания.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Аринушкина Е.В.* Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во МГУ, 1970. 491 с.
2. *Branquart E. et al.* Macroarthropod-habitat relationships in oak forest in South Belgium. 1. Environments and communities // *Pedobiologia*, 1995. Vol. 39 (3). P. 243-263.
3. *Booth R.G., Usher M.B.* Arthropod communities in maritime antarctic moss_turf habitat: effect of the physical and chemical environment // *Journal of Animal Ecology*, 1984. Vol. 53. № 2. P. 879-893.
4. *Poole T.B.* A study of distribution of soil Collembola in three small areas in a coniferous woodland // *Pedobiologia*, 1964. Vol. № 4. P. 35-42.
5. *Takeda H.* Ecological studies of collembolan populations in a pine forest soil IV. Comparison of distribution patterns // *Res. on Population Ecology*, 1979. Vol. 21. № 1. P. 120-134a.

СОСТАВ И СТРУКТУРА НАСЕЛЕНИЯ ДОЖДЕВЫХ ЧЕРВЕЙ В ЛЕСАХ ЮЖНОЙ ТАЙГИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Е.В. Сергеева

Тобольская комплексная научная станция УрО РАН, г. Тобольск

Исследования проведены в Тобольском и Уватском районах Тюменской области в пяти лесных сообществах: ельник зеленомошный, березово-осиновый разнотравный лес, березняк папоротниковый, липняк злаково-разнотравный, ивняк разнотравный (пойма). Количественные учеты дождевых червей проводили осенью 2008-2011 гг. методом ручной разборки почвенно-зоологических проб размером 25×25 см [1]. Массу живых червей определяли взвешиванием на торсионных весах. Измерение температуры почвы проводили терморегистраторами (логгерами) DS 1921 G-F5.

Дождевые черви (*Lumbricidae*) выявлены во всех исследованных сообществах. Отмечено шесть из семи зарегистрированных в региональной фауне видов [2]. В каждом биотопе встречалось по три-четыре вида, общим являлся лишь подстилочный *Dendro-*

baena octaedra Sav. Во всех лесах, за исключением ивняка, выявлена *Aporrectodea caliginosa* Sav., нередко составляющая основу численности и биомассы. В березняках отмечен второй вид этого рода – *A. jassyensis*, однако он встречался нерегулярно и с низкой численностью. Только в пределах двух биотопов (березняк папоротниковый и ивняк) зарегистрирован характерный для европейских широколиственных лесов *Lumbricus rubellus* Hoff. Наибольшее его участие отмечено в березняке, где он составлял более 60% всех червей. Почти везде, но в небольшом количестве выявлена *Eisenia nordenskioldi* Eisen. Специфическим видом пойменного сообщества являлся немногочисленный *Dendrodrilus rubidus* (Eisen).

Высокое обилие червей отмечено в березовых лесах. В березняке папоротниковом их среднемноголетняя плотность составляла 123.5 экз./м² с межгодовыми колебаниями численности от 68 до 198 экз./м², в березово-осиновом разнотравном лесу – 90.0 экз./м² (от 58 до 120).

В хвойном и пойменном сообществах показатели численности были в несколько раз ниже, составляя в среднем 16.5 и 22.5 экз./м² соответственно, а количество по годам изменялось от 8 до 34 экз./м².

В липовом лесу люмбрициды встречались нерегулярно с численностью до 6 экз./м², что отразилось на среднемноголетнем значении, не превышающем 3.0 экз./м².

Масса червей варьировала в широких пределах и, как правило, зависела от численности. В березняках на долю червей приходилось от 75 до 90% всей биомассы мезофауны, тогда как в других биотопах она не превышала 40%.

Максимальная масса отмечена в березово-осиновом лесу – 30.0 г/м², с предельными значениями в разные годы от 20.7 до 54.0 г/м² (за счет доминирующего крупноразмерного *A. caliginosa*). В березняке папоротниковом она составляла 26.7 г/м², с межгодовыми колебаниями 10.5-50.0 г/м². Средний вес червей ельника и ивняка – 2.5 г/м² (0.5-4 г/м²). В липняке масса люмбрицид была близка к показателям последних сообществ – 2.2 г/м², но отличалась более значительными межгодовыми флуктуациями – от 0.01 до 6.2 г/м².

Таким образом, видовое разнообразие дождевых червей в лесах южной тайги Западной Сибири представлено шестью видами, половина из которых характеризовалась приуроченностью к одному или двум сообществам. В ряду исследованных биотопов наиболее благоприятными местообитаниями дождевых червей являются мелколиственные леса с преобладанием березы, что,

безусловно, связано с наличием в таких сообществах большого количества мертвого органического материала.

Немаловажную роль, по-видимому, играет и теплообеспеченность почвы. Так, в еловом и липовом лесах, где было зарегистрировано самое минимальное количество люмбрицид, температура почвы (на глубине 5 см) в зимнее время может промерзнуть до 7.5 °С, против -3.5 °С в других биотопах. В то же время влияние других температурных параметров почвы (среднегодовая, сумма положительных и эффективных температур и т.д.) не выявлено.

Кроме того, ограничивающим фактором распространения червей в ельнике может служить хвойный опад (содержание в нем фенолов, смол и воска является препятствием для ее потребления многими сапрофагами), а в ивняке – повышенная влажность среды обитания, характерная для сообществ поймы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гилларов М.С. Учет крупных беспозвоночных (мезофауна) // Количественные методы в почвенной зоологии. М.: Наука, 1987. С. 9-26.
2. Бухкало С.П., Галич Д.Е., Сергеева Е.В., Важенкина Н.В. Конспект фауны беспозвоночных южной тайги Западной Сибири (в бассейне нижнего Иртыша). М., 2014. 189 с.

ДЫХАНИЕ ТОНКИХ КОРНЕЙ ЕЛИ СИБИРСКОЙ В ЕЛЬНИКЕ ЧЕРНИЧНО-СФАГНОВОМ СРЕДНЕЙ ТАЙГИ

Т.А. Сизоненко

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

Корневые системы занимают значительную долю в общей массе органического вещества и углеродном балансе дерева. Вклад корней в почвенное дыхание варьирует от 10 до 90% в зависимости от типа фитоценоза и сезона года [5, 6]. Ель сибирская является основной лесообразующей породой на европейском северо-востоке России, дыхание ее корней, в отличие от хвои, изучено слабо.

Цель данной работы – характеристика сезонной динамики дыхательной активности тонких корней ели сибирской.

Исследования проводили в течение вегетационных периодов 2013 и 2014 гг. в ельнике чернично-сфагновом на территории заказника «Ляльский», расположенном в подзоне средней тайги. Дыхание неотрезанных тонких корней с микоризами, сформированных в лесной подстилке, диаметром менее 2 мм у взрослых деревьев ели измеряли с помощью инфракрасного газоанализато-

ра «Li 6400» (Li-Cor, США) и изготовленной из стали почвенной камеры в разное время суток в токе атмосферного воздуха. Для определения массы тонких корней монолиты лесной подстилки отбирали почвенным буром на разном расстоянии от стволов деревьев и в межкроновом пространстве. Корни разбирали по фракциям и рассчитывали их количество на 1 га древостоя.

В сезонной динамике скорость выделения CO_2 тонкими корнями ели была минимальной в мае и составила $0.25-0.45 \text{ мг } \text{CO}_2 \text{ г}^{-1}\text{ч}^{-1}$, к концу июля она увеличилась до $0.8-1.4$, постепенно снижаясь в сентябре-октябре до $0.4-0.75 \text{ мг } \text{CO}_2 \text{ г}^{-1}\text{ч}^{-1}$. Полученные нами результаты подтверждают ранее опубликованные данные Ю.Л. Цельникер [4], которая показала, что дыхательная способность корней возрастает в период их роста с июня по август.

В суточной динамике максимальные значения дыхания наблюдали в утренние часы с медленным снижением к вечеру. Это могло быть обусловлено постепенным уменьшением влажности воздуха в камере, поскольку у сосущих корней в условиях недостатка влаги дыхание снижается [3]. Многие авторы снижение скорости дыхания корней после полудня называют послеполуденной депрессией этого процесса, которая длится в среднем 3-6 ч. Глубина депрессии увеличивается с повышением температуры воздуха за сутки [2].

Как было показано ранее, дыхание корней не превышает 10 т CO_2 на 1 га древостоя за сезон [4]. Для расчета выделения CO_2 корнями на гектаре древостоя необходимы данные о массе корней. Нами был проведен расчет массы тонких корней в подстилке на 1 га древостоя в ельнике чернично-сфагновом. В результате получили, что в подстилке данного сообщества сухая масса тонких корней ели составляет 285 кг, которая выделяет 166-284 кг C га^{-1} за сезон. С поверхности почвы ельника чернично-сфагнового выделяется в среднем $2.5 \text{ т } \text{C га}^{-1}$ за сезон [1]. С учетом этого, вклад тонких корней ели в подстилке ельника чернично-сфагнового составляет 11% суммарной почвенной эмиссии CO_2 .

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузнецов М.А. Динамика содержания органического углерода в заболоченных ельниках средней тайги: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Сыктывкар, 2010. 20 с.
2. Мамаев В.В. Суточные и сезонные изменения выделения CO_2 у скелетных корней сосны и березы // Лесоведение, 1982. № 2. С. 28-36.
3. Молчанов А.Г. Влияние условий влагообеспеченности на фотосинтетическую продуктивность и автотрофное дыхание дубового древостоя // Физиология растений, 2009. Т. 56. № 6. С. 853-863.
4. Цельникер Ю.Л. Дыхание корней и его роль в углеродном балансе древостоя // Лесоведение, 2005. № 6. С. 11-18.

5. Cheng W.X., Fu S.L., Susfalk R.B., Mitchell R.J. Measuring tree root respiration using ^{13}C natural abundance: rooting medium matters // New Phytologist., 2005. Vol. 167. P. 297-307.

6. Hanson P.J., Edwards N.T., Garten C.T., Andrews J.A. Separating root and soil microbial contributions to soil respiration: a review of methods and observations // Biogeochemistry, 2000. Vol. 48. P. 115-146.

ВЕРТИКАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МИКРОАРТРОПОД В ЛЕСОНАСАЖДЕНИЯХ ВОСТОЧНЫХ РАЙОНОВ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Е.И. Симонович

Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону

В настоящее время еще трудно определить пути и методы антропогенного воздействия на фауну, поскольку они многочисленны и их взаимоотношения очень сложны. Хозяйственная деятельность человека влияет не только на отдельные виды живых существ, но и на всю фауну обширных пространств земли. В наши дни нет ни одного животного комплекса, который бы в той или иной мере не испытывал бы на себе этого влияния.

На примере восточных районов Ростовской области можно говорить о процессах создания искусственных биоценозов, начало которым было положено в 50-х гг. XX в., когда на смену разнотравно-дерновинно-злаковой и дерновинно-злаковой растительности, свойственной для этих районов, были высажены древесные насаждения, в основной массе представленные дубом черешчатым. Дуб (*Quercus robur*) является наиболее засухоустойчивой породой, пригодной к выращиванию в условиях засушливой разнотравно-дерновинно-злаковой и сухой дерновинно-злаковой степи. Травяной покров в искусственных лесах образован степными, сорно-лесными и сорными травами. Степень его развития зависит от основной лесообразующей породы, сомкнутости состояния насаждения, развитости подстилки и возраста насаждений. В средневозрастных и старых насаждениях он состоит из сорно-лесных видов (*Ballota nigra*, *Galium aparine*, *Geum urbanum* и др.), а также степных (*Euphorbia stepposa*, *E. kaleniczenkoi*, *Poa angustifolia*, *P. crista*, *Potentilla impolita* и др.). Установлено, что количество опада увеличивается с возрастом. В смешанных насаждениях по сравнению с монокультурой образовывается лесная подстилка до 5 см, увеличивается содержание гумуса по всем горизонтам, эффективнее проходят процессы структурообразования. Получен-

ные данные согласуются с А.В. Семенютиной [3], которая отмечает наибольшие прибавки гумуса на каштановых почвах под смешанными насаждениями с участием деревьев и кустарников семейств Rosaceae, Fabaceae, Aceraceae, свойственных для участков обследованных в Зимовниковском районе. Мелиоративное влияние на процессы образования гумуса связано не только с периодом воздействия биологических мелиорантов – лесных насаждений, но и сомкнутостью крон. По данным В.М. Кретицина [2], под плотными полновозрастными насаждениями в горизонте А гумус увеличивается на 0.86-2.5%, а в несомкнутых насаждениях, где междурядья перепаживаются, – лишь на 0.1-0.3%. Исследования почвы на содержание гумуса проведены в Государственном центре агрохимической службы «Ростовский».

Изучение вертикального распределения микроартропод проводилось в Орловском районе на территории Раздорского лесного массива, Зимовниковском районе на территории Верхне-Ломовского массива, Мартыновском районе на территории Рубашкинского лесного массива под плотными полновозрастными лесонасаждениями с преобладанием культуры дуба черешчатого. Почвенный покров исследуемых участков в Орловском районе был представлен темно-каштановыми среднемоощными почвами, в Зимовниковском – каштановыми солонцеватыми, Мартыновском – черноземом южным среднемоощным. Исследования проводились в сентябре 2007, 2012-2013 гг., в период второго пика численности микроартропод [1]. Рассматривая динамику численности микроартропод, мы выделили пять основных групп: панцирные, гамазовые клещи, акароидно-тромбидиформный комплекс клещей, ногохвостки и прочие беспозвоночные.

В результате проведенных исследований установлено, что наибольшее количество микроартропод отмечено в смешанных старовозрастных лесонасаждениях в Верхне-Ломовском лесном массиве Зимовниковского района.

Вертикальное распределение микроартропод по почвенному профилю на глубину 0-20 см показало, что основная масса мелких членистоногих (>60%) была сосредоточена в горизонтах 0-10 см. Это объясняется тем, что в данном почвенном горизонте сосредоточена основная масса корневых систем многолетних трав. Таким образом, вертикальное распределение микроартропод зависит от гидротермических условий и обилия органического вещества.

Исследование выполнено при государственной поддержке ведущей научной школы Российской Федерации (НШ-2449.2014.4).

ЛИТЕРАТУРА

1. Казадаев А.А., Кременица А.М., Симонович Е.И. и др. Микроартроподы чернозема обыкновенного Нижнего Дона: Ростов-на-Дону: НМЦ «Логос», 2007. 240 с.
2. Кретинин В.М. Влияние листового опада и корней древесных пород и кустарников на свойства солонцового горизонта // Почвоведение, 1985. № 1. С. 135-143.
3. Семенютина А.В. Улучшение мелиоративного состояния почв с помощью интродуцентов // Плодородие, 2005. № 6(27). С. 36-38.

**МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ УГЛЕРОДА (CH_4 , CO_2)
В КРИОГЕННЫХ ПОЧВАХ СЕВЕРА СИБИРИ**

**Н.Д. Сорокин, И.Д. Гродницкая, С.Ю. Евграфова, Д.Е. Александров,
Г.И. Антонов**

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

Впервые для наземных экосистем в криолитозоне севера Сибири проведены исследования структуры, динамики и функциональной (биогеохимической) активности микробных комплексов криогенных почв лиственничников Центральной Эвенкии и полигональной тундры дельты р. Лены (о-в Самойловский), что сопряжено с постановкой природных модельных опытов по искусственному прогреванию мерзлотного слоя почвы (имитация глобального потепления) с использованием генератора переменного тока.

Эксперименты по количественной оценке и скорости выделения метана с поверхности почвы в тундровых экосистемах проводились методом закрытых камер, которые стационарно поставлены на типичном морозобойном полигоне в пяти повторностях (по пять камер в центральной части и на кромке полигона). В Центральной Эвенкии подобные камеры используются для улавливания потоков метана, но с некоторыми изменениями, в зависимости от особенностей напочвенного покрова лесных экосистем. Напочвенные камеры установлены в лиственничниках гомогенных, сформированных на вечной мерзлоте. Объектами исследований служили склоны южной и северной экспозиции, различающиеся интенсивностью солнечной радиации, густотой растительного покрова, мощностью подстилки и толщиной сезонно-талого горизонта почвы. Образцы газа отбирались шприцом объемом 60 мл и вносились в вакуумную пробирку объемом 10 мл с предварительно откаченным при помощи вакуумного насоса воздухом, затем транспортировались в пробирках в лабораторию для анализа содержания CH_4 на газовом хроматографе.

Выявлено, что выделение метана с поверхности почвы в лесной экосистеме по количественным показателям сопоставимо с таковым на кромке морозобойного полигона в тундровой экосистеме и в 1.5-4.1 раза ниже, чем в центре морозобойного полигона. Это свидетельствует о сходимости микробиологических процессов трансформации метана, протекающих в минеральном слое почвы не переувлажненных экосистем. В пользу этого предположения говорит и то, что, по нашим данным, экспозиция склона, на которой расположены напочвенные камеры (южная или северная), практически не отражается на величине потока метана. В целом, скорость эмиссии CH_4 в лесной экосистеме составляла от 2.8 до 12.2 ppm ч⁻¹ м² и зависела в большей степени от количества осадков, поступающих из атмосферы в почву.

При экспериментальном кратковременном (5 сут.) прогревании мерзлотного слоя почвы (до $t = 18-22^\circ\text{C}$) в условиях лиственничников Центральной Эвенкии установлено незначительное снижение уровня микробной биомассы и увеличение интенсивности микробного дыхания, что можно связать с временной депрессией комплекса психрофильных микроорганизмов, преобладающих в криогенных почвах.

При этом отмечено увеличение активности фермента полифенолоксидазы и повышение коэффициента гумификации в корнеобитаемом слое почвы до 1 и выше, что является показателем оптимизации окислительно-восстановительных условий для жизнедеятельности гетеротрофной микрофлоры почвы. В свою очередь, это свидетельствует об улучшении лесорастительного состояния почвы.

В криогенных почвах лиственничников Центральной Эвенкии основными деструкторами органики являются представители домена Bacteria (88-99%), среди которых преобладают Actinobacteria. На долю Archaea приходится 0.27-12% от общего числа бактерий. Метаногенный тип археобактерий класса *Euryarcheota* (Rice Cluster II) (сем. *Methanosarcinaceae*, *Methanosaetaceae*) представлен только в слое 0-10 см как в опыте по прогреванию, так и в контроле.

В мерзлотных почвах полигональной тундры (о-в Самойловский) выявляется большее биоразнообразие метаногенных бактерий, принадлежащих к сем. *Methanobacteriaceae*, *Methanomicrobacteriaceae*, *Methanosarcinaceae* и *Methanosaetaceae*. Выявленные особенности структуры микробоценозов демонстрируют различные пути утилизации углерода микробными популяциями двух разных экосистем – лесной и тундровой.

Получены оригинальные данные по структуре и функциональной активности эколого-трофических групп микроорганизмов, в том числе малоизученных форм метаногенов и метанотрофов, активно участвующих в эмиссии парниковых газов CH_4 и CO_2 . Благодаря высокой чувствительности микробных комплексов к изменению климатических и экологических условий, их адаптационной изменчивости и биогеохимической активности полученные результаты имеют диагностическое значение лесорастительного состояния криогенных почв, скорости и направленности биогеохимических процессов (в том числе эмиссии CH_4 и CO_2) в наземных экосистемах криолитозоны Сибири, их устойчивого функционирования в условиях меняющихся природных и антропогенных факторов.

АДАПТАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ПОДСТИЛОЧНЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ И ИХ РОЛЬ В ПОДДЕРЖАНИИ ГОМЕОСТАЗА ПРОДУКЦИОННО-ДЕСТРУКЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ

Б.Р. Стриганова

Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, г. Москва

Лесная подстилка – особый пограничный горизонт, который некоторыми авторами выделяется в отдельный ярус биогеоценоза. От почвы ее отличает преобладание органических остатков, сохраняющих клеточно-тканевое строение растительного материала, а также погодная и сезонная динамика ее запаса и мощности. В подстилке иногда сосредотачивается более 90% почвенного населения. Однако часть его составляют мигранты из почвенного и наземного горизонтов. Первые привлекаются наличием пищевых резервов (норные черви), вторые переживают в подстилке неблагоприятные периоды, спасаясь от хищников (крылатые насекомые, связанные с растительным ярусом).

К группе собственно подстилочных обитателей можно отнести лишь те формы, которые реализуют в подстилке основные функции видовой жизни – питание, размножение, для нелетающих форм – расселение. В умеренном климате наиболее распространенные в лесных подстилках группы – пауки, многоножки, мокрицы, личинки длинноусых двукрылых (Tipulidae, Bibionidae), личинки и имаго жуков, из которых наибольшим разнообразием и обилием отличаются Carabidae и Staphylinidae, подстилочные дождевые черви, наземные легочные моллюски, а также микроартроподы.

Все эти формы, относящиеся к далеким филогенетическим группам, имеют ряд общих адаптивных черт. Основной проблемой для них является сохранение влаги в теле, так как их кутикула проницаема для водных паров. В то же время для нормального дыхания они нуждаются в парциальном давлении кислорода, соответствующем таковому в атмосферном воздухе. Лесная подстилка создает им благоприятные условия тем, что экранирует поверхность почвы от прямой инсоляции и пересыхания и имеет рыхлую структуру, обеспечивая газообмен с надземным воздухом, что особенно существенно в периоды активного разложения растительного опада (осень, весна), сопровождающиеся усилением потока углекислоты. Поэтому поведенческие и экофизиологические адаптации подстилочных форм направлены на стабилизацию внешних условий путем а) миграций и б) формирования генетически закрепленных сезонных ритмов активности, скоррелированных с колебаниями мощности, структуры и влажности подстилочного слоя.

Миграционная активность охватывает почвенный и наземный ярусы. Так, диплоподы, некоторые жуки в южных широколиственных и субтропических лесах при переувлажнении подстилки после дождя мигрируют на стволы и кроны деревьев, а в период зимовки закапываются в почву. При этом они поддерживают масс-энергетические обмены между ярусами биогеоценоза, используя пищевые ресурсы и оставляя продукты обмена в своих временных местообитаниях.

Среди подстилочных обитателей многие крупные формы, относящиеся к сапротрофному блоку, имеют многолетние жизненные циклы и четкие сезонные ритмы активности. Пики их активности сопряжены со сменой абиотических условий в годовом цикле и с сукцессионными изменениями состава ресурсной базы. Смена активной жизнедеятельности периодами покоя реализуется по типу прямого воздействия негативных факторов и перспективного покоя (диапаузы), когда прекращение активности происходит до наступления неблагоприятных условий и регулируется сигнальными факторами, как и выход из диапаузы. Закрепление сезонных ритмов активности в генотипе способствует поддержанию определенных уровней обилия подстилочных животных и, следовательно, скоростей зоогенных деструкционных процессов.

Подстилочные жизненные формы беспозвоночных сформировались в отдаленные геологические эпохи вместе с появлением на земле древовидной растительности. Из отложений карбона известны некоторые крупные диплоподы, хелицеровые, крылатые насекомые, обитавшие в опаде лепидофитов.

Высокое видовое и групповое разнообразие и обилие подстилочных беспозвоночных сопряжено и с четкой дифференциацией их пищевых связей, что снижает конкурентный пресс при высоком обилии форм со сходными жизненными формами. В лесах, сохранивших элементы растительности и животного населения третичного периода (юг Приморского края), в подстилке на примере диплопод, моллюсков и подстилочных дождевых червей показана совместная встречаемость трех-шести видов одного рода в одном и том же местообитании. Это свидетельствует об активном симпатрическом видообразовании, в основе которого лежит разделение топотрофических ниш.

Таким образом, в подстилке ненарушенных лесов в процессе эволюции сформировались сообщества с высокой насыщенностью таксономического разнообразия, жизненных форм, способные к регуляции своей активности в сезонном цикле смены абиотических условий и доступности ресурсной базы, обладающие механизмами снижения конкурентного пресса, что обеспечивает высокие скорости деструкционных процессов, сопряженные с величиной детритного потока.

NATURAL CONTROL OF GRASSHOPPER BY ENTOMOPATHOGENIC FUNGI IN PAKISTAN

R. Sultana, S. Kumar

Department of Zoology, University of Sindh, Jamshoro, Pakistan

Entomopathogenic fungi play vital role in the suppresser of many insect species. They can develop dramatic epizootics that lead to rapid declines in host populations. During the present study some investigation has been carried out in order to know the effect of *Aspergillus* on the different species of grasshoppers, basically these fungi associated with foliar insect hosts, they are biotrophic and have limited host ranges, the soil is purely a reservoir environment in which their conidia and resting spores must persist, often when host are absent in the foliar environment above. In contrast many hypocrealean fungi are hemi-biotrophic have broad at least some of their life cycle in or the soil. The soil is not just a reservoir environment in which they persist but also they habitat in which much of their lifecycle occurs, including multiplication within host and also potentially saprophytic growth these difference have important implications for the conservation biological control approaches used. In this paper all the aspect of soil as reservoir environment was discussed.

МОЛЕКУЛЯРНЫЙ АНАЛИЗ «НЕКУЛЬТИВИРУЕМЫХ» МЕТАНОТРОФОВ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

М.В. Сухачева¹ И.К. Кравченко²

¹ Центр «Биоинженерия» РАН, г. Москва

² Институт микробиологии им. С.Н. Виноградского РАН, г. Москва

Дерново-подзолистые почвы формируются в зоне смешанных лесов и занимают более 70% территории Московской области. До настоящего времени сведения об участии этих почв в окислении метана атмосферы фрагментарны, а о микроорганизмах, участвующих в этом процессе, практически ничего не известно. В полевых исследованиях было установлено, что дерново-подзолистые почвы лесных объектов, расположенных на территории РСХА им. К.А. Тимирязева, являются стоком для метана атмосферы [1]. В настоящей работе впервые проведено изучение геномного разнообразия метанотрофных бактерий в этих почвах, включая организмы, не существующие в виде лабораторных культур.

Выделение препарата тотальной ДНК из почв проводили с помощью коммерческого набора реактивов Power Soil DNA Kit, (МО ВЮ, США), согласно рекомендациям производителя и амплифицировали фрагмент гена *pmoA*, молекулярного маркера метаноокисления с помощью системы праймеров A189F и A682R. Полученные ПЦР-продукты были проанализированы с помощью методов ДГГЭ и молекулярного клонирования с последующим сиквенса-анализом.

ДГГЭ-анализ выявил присутствие в почве лесного биоценоза только некультивируемых метанотрофов, относящихся к *Alphaproteobacteria*. Все полученные последовательности имели различную степень сходства (69-95%) с последовательностями, полученными при изучении микробных сообществ вулканических почв Гавайев, окисляющих метан атмосферы. Полученные методом молекулярного клонирования данные в целом подтвердили результаты анализа методом ДГГЭ-анализа, однако позволили получить более детальную картину. Метанотрофы продемонстрировали сходство с природными клонами, обнаруженными ранее в ферральсолях Бразилии, почвах Гренландии и некоторых лесных и степных экосистем европейской части России [2]. Проведенный анализ показал, что эти метанотрофы формируют глубокую ветвь на филогенетическом дереве *pmoA* и образуют компактный обособленный кластер.

Для изучения «некультивируемых» метанотрофов, названных нами UNSC (uncultured native soil cluster), была создана

праймерная система, позволяющая амплифицировать консервативные специфичные для них фрагменты генов *pmoA* в ходе end-point ПЦР и количественной ПЦР в реальном времени.

С помощью разработанной системы праймеров UNSC метанотрофы детектированы не только в свежееотобранных образцах дерново-подзолистой почвы леса, но и в образцах, более восьми лет хранившихся при +4 °C и естественной влажности, в замороженном (при -18 °C) и воздушно-сухом состоянии. Количество копий гена *pmoA* группы UNSC, определенное в свежих образцах почвы методом ПЦР в реальном времени, было 1.2×10^6 на 1 г в.с. почвы, что составляет 0.3% от общего количества бактерий. В инкубационных экспериментах установлено, что однократное внесение дрожжевого экстракта, пептона, глюкозы (5 мг/г) приводит к снижению количества копий гена *pmoA* UNSC в 5-30 раз, в то время как при добавлении ацетата, бутирата и метанола достоверных различий не выявлено.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 13-04-00603_а.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чистотин М.В., Хайдуков К.П., Сафонов Ф.Ф. Связь между пространственной вариацией потоков С-содержащих газов и свойствами почвы длительного опыта ТСХА // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии, 2012. № 3. С. 27-35.
2. Kizilova A., Yurkov A., Kravchenko I. Aerobic methanotrophs in natural and agricultural soils of European Russia // Diversity, 2013. № 5. P. 541-556.

К ИЗУЧЕНИЮ МОРФОЛОГИИ РИСУНКА НАДКРЫЛИЙ У ЖУКОВ-МОГИЛЬЩИКОВ РОДА *NICROPHORUS* (SILPHIDAE, COLEOPTERA) С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММЫ QGIS

О.А. Толстогузова, С.Н. Лябзина

Петрозаводский государственный университет, г. Петрозаводск

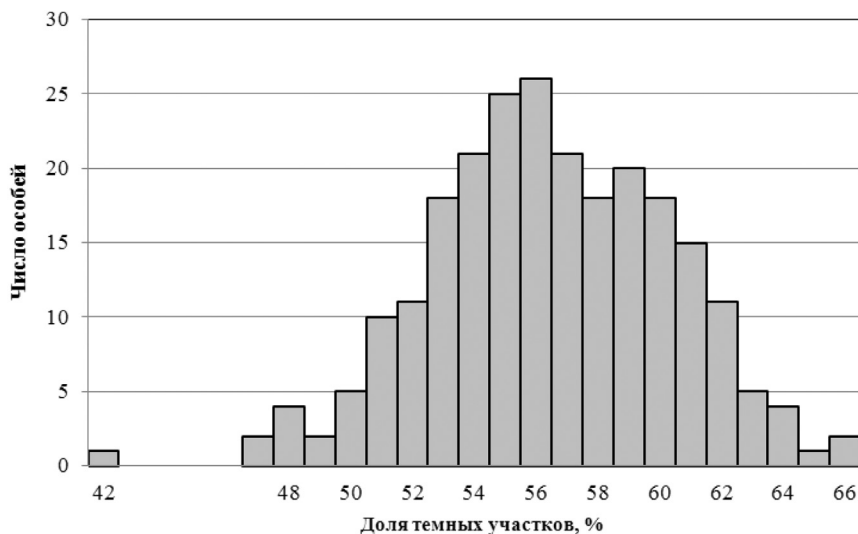
За последние годы накоплены обширные литературные данные по изучению фенетической структуры популяций жесткокрылых насекомых [1, 4, 5]. Большинство авторов выделяют морфы у насекомых на основе визуального анализа характера и цветности рисунка переднеспинки, надкрыльев.

Цель данной работы – изучение морфологической изменчивости рисунка могильщика-исследователя (*Nicrophorus investigator*)

с помощью программы Quantum GIS 2.2.0-Valmiera (www2.qgis.org/ru/site/). Сбор материала проводился летом 2014 г. в парковых зонах г. Петрозаводска (61°42' N, 34°22' E). Всего собрано и промерено 240 особей.

Пойманных жуков фотографировали на фоне миллиметровой бумаги. Жуков не умертвляли, делали метки на надкрыльях для исключения вторичной поимки особей и отпускали. Снимки с рисунками надкрыльев внедряли в среду Quantum GIS по условным координатам. Путем ректификации фотографии «подгонялись» к единому контуру надкрылий. Метод ректификации (геометрической коррекции) позволяет исправлять пространственные искажения на снимках. Идея метода состоит в том, чтобы использовать информацию о расположении пикселей образцового изображения для изменения позиций пикселей других снимков [2]. Дальнейшая обработка материала проводилась по правому надкрылью. Для каждой особи были вручную нарисованы участки темного цвета, рассчитана их площадь и доля (%) от общей площади надкрылья. Анализ распределения полученных значений проводили в среде Microsoft Excel.

Выявлена практически непрерывная изменчивость исследуемого признака (см. рисунок). Выделено две морфы – типичная и редкая. Первая имеет характерный черный рисунок, до-



Гистограмма распределения доли темных участков надкрылий у *Nicrophorus investigator*.

ля темных участков часто встречаемой вариации – 51-62% (частота встречаемости – 90%). Имеются крайние вариации типичной морфы, где черный цвет либо сильно редуцирован – 47-50% (частота встречаемости – 5%), либо, наоборот, занимает большую часть поверхности надкрылий – 63-66% (частота встречаемости – 4%).

Редкая морфа характеризуется очень низкой долей темных участков (42%) и почти полным отсутствием двух перепонок (см. рисунок). Встречаемость особей с таким рисунком единична. Специфические рисунки зачастую имеют мутационную природу и могут являться ответом на действие антропогенных факторов [3].

Авторы выражают благодарность за помощь в сборе материала выпускнику эколого-биологического факультета Н. Болсуну.

ЛИТЕРАТУРА

1. Голуб В.Б., Лихман Н.С. Фенетический анализ группировок клопа *Lygus rugulipennis* popp. (Heteroptera, Miridae), населяющих г. Воронеж и его окрестности // Вестник ВГУ, 2003. № 1. С. 41-45.
2. Коросов А.В., Коросов А.А. Техника ведения ГИС. Приложение в экологии: Учебное пособие. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2005. 188 с.
3. Левых А.Ю., Пузынина Г.Г. Фенетический анализ популяций животных в условиях урбоэкосистемы // Вестник Тюменского государственного университета, 2013. № 6. С. 87-95.
4. Негрбов С.О. Аберративная изменчивость рисунка надкрылий рода *Agrilinus* (Aphodiidae, Coleoptera) в условиях центрального Черноземья // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Сер. Естественные науки, 2010. Т. 21. № 13. С. 69-72.
5. Трофимов И.Е. Некоторые результаты популяционно-фенотипического анализа *Nicrophorus vespillo* (Coleoptera, Silphidae) из Калужского городского бора // Зоологический журнал, 2008. Т. 87. № 6. С. 658-664.

ФАУНА ФИТОПАРАЗИТИЧЕСКИХ НЕМАТОД В ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ НА ТЕРРИТОРИИ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ

Р.В. Хусаинов

Центр паразитологии Института проблем экологии и эволюции
им. А.Н. Северцова РАН, г. Москва

Почвенные нематоды по объему биомассы занимают ведущее место среди других компонентов почвенной микробиоты. Они участвуют в пищевых звеньях и являются деструкторами расти-

тельных остатков. Лесные экосистемы – достаточно комфортная среда обитания для ризосферных фитопаразитических нематод. Это связано не только с наличием стабильного источника питания, но и с особенностью лесных почв, которые обладают повышенной влагоемкостью. Поэтому в лесных ценозах фауна нематод обладает большей устойчивостью и неизменным видовым составом. Тем не менее, влияние типа почвы на фауну фитопаразитических нематод в лесных экосистемах изучено недостаточно полно.

Почвенные пробы отбирались в период с 2011 по 2014 г. на территории европейской части России из ризосферы различных древесных, кустарниковых и травянистых растений. Сборы проводились в низинных и равнинных лесах на территории Тверской, Московской, Калужской, Тульской областей и Республики Мордовия, а также в предгорных лесах Адыгеи и Краснодарского края. При обследовании учитывали возраст и состав ценоза, микро- и макрорельеф местности. Глубина отбора составляла 15–25 см. Нематод из почвы выделяли вороночным способом Бермана (время экспозиции 48–70 ч) или отмыванием на ситах и фиксировали 4%-ным раствором ТАФ.

Результаты показали большую дифференциацию видового разнообразия нематод в зависимости от типа ландшафта, где произрастает лес. Основную массу нематод во всех пробах составляли представители отряда Tylenchida. На серых лесных почвах центрально-европейской части России типичными нематодами были представители сем. Belonolaimidae (*Tylenchorhynchus*), Hoplolaimidae (*Helicotylenchus*, *Rotylenchus*), Pratylenchidae (*Pratylenchus*) и Criconematidae (*Macrophostonia*, *Mezocriconema* и др.). Наибольшая численность отмечена для тилотиленхов (90 особей/100 см³ почвы), ротиленхов (85) и пратиленхов (50). Численность кольчатых нематод (криконемы, паратиленхи) колебалась от 20 до 44 особей/100 см³ почвы. Нематоды из сем. Longidoridae (*Longidorus*, *Xiphinema*) и Heteroderidae (*Heterodera*, *Meloidodera*) приурочены к берегам лесных рек, ручьев и озер. Нематоды из сем. Trichodoridae (*Paratrachodorus*, *Trichodorus*) встречались исключительно в лесах, произрастающих на супесчаных почвах. Численность лонгидорид колебалась от 6 до 105 особей/100 см³ почвы, а триходорид – от 2 до 50. Наименьшее количество по численности и родовому разнообразию было характерно для почв тяжелого гранулометрического состава, подвергающихся периодическому затоплению.

В лесных экосистемах юго-запада России (регионы Причерноморья) наблюдался схожий фаунистический состав нематод.

Самым большим видовым разнообразием обладали места с повышенной увлажненностью (горная зона). На бурых лесных почвах численность кольчатых нематод выше, чем на серых (до 170 особей/100 см³ почвы). В предгорных лесах Краснодарского края на почвах легкого гранулометрического состава в почвенных пробах отмечены все группы фитопаразитических нематод из трех отрядов. Численность лонгидорид достигала до 140 особей/100 см³ почвы, а количество цист гетеродер – до 64.

Также на видовое разнообразие и численность фитопаразитических нематод оказывал влияние тип напочвенного покрова. При живом напочвенном покрове (трава) родовое разнообразие было выше, чем при мертвом (листовой опад, мох). Живой напочвенный покров – дополнительный источник питания для фитопаразитов, в то время как мертвый служит средой обитания исключительно для бактерио-, микофагов и сапробиотических видов. Так как большинство выявленных нами фитопаразитических нематод являются полифагами, то их разнообразие слабо зависело от видового состава растений-хозяев. Тем не менее, в почвенных пробах из еловых и сосновых лесов лонгидориды и гетеродериды отмечались крайне редко.

Таким образом, полученные данные показали, что численность и родовое разнообразие фитопаразитических нематод в лесных биотопах зависит от специфики рельефа, механического состава почвы, степени облесения и типа напочвенного покрова. Влажность и гранулометрический состав почвенного яруса являлись доминирующими факторами при формировании структуры фаунистического комплекса нематод.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СЕЗОННОЙ ДИНАМИКИ ДОЖДЕВОГО ЧЕРВЯ *APORRECTODEA CALIGINOSA*

М.П. Шашков^{1,2}, Б.Р. Стриганова³, А.С. Комаров², П.В. Фролов¹

¹ Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения,
г. Пушкино

² Пушкинский государственный естественно-научный институт, г. Пушкино

³ Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова, г. Москва

Многолетняя и сезонная динамика популяций дождевых червей до настоящего времени изучена недостаточно полно [1, 2, 4, 5]. При этом многие популяционные процессы для данной группы организмов по полевым данным или в лабораторных условиях оценить затруднительно. В то же время подобные сведения необходимы для оценки вклада этой группы организмов в круговорот органического вещества почвы.

Для изучения популяционной динамики массового внутрипочвенного червя *Aporrectodea caliginosa* использованы данные сборов, проведенных в старовозрастных широколиственных лесах Калужской области в течение шести полевых сезонов. Были проанализированы сведения по индивидуальной биомассе и онтогенетическим состояниям 2296 экз. червей.

Для анализа сезонной и межсезонной динамики использовали типы возрастных спектров популяции: ювенильный (левосторонний), полночленный и половозрелый (правосторонний). Эти типы спектров подробно описаны в предыдущих работах [2, 3] и выделены на основе распределения червей по классам, характеризующим онтогенетическое состояние особей и их биомассу (четыре размерных класса ювенильных червей, два – созревающих и три – половозрелых).

Анализ полевых данных позволил выявить следующие схемы динамики популяций *Aporrectodea caliginosa*: 1) увеличение биомассы в начале лета со снижением к осени при сохранении полночленного спектра («базовая схема» динамики) или с переходом от полночленного спектра к половозрелому; 2) незначительное снижение в течение сезона с изменением типа спектра от ювенильного – весной к полночленному – летом и возврату к ювенильному – осенью; 3) снижение биомассы к началу лета и восстановление осенью (спектр при этом, как правило, полночленный). При всех вариантах предполагается, что в течение перезимовки часть червей гибнет.

На основе полевых данных разработана матричная модель динамики популяции, основанная на вероятностях перехода особей из одного класса онтогенетического состояния в другой и поливариантности онтогенеза дождевых червей. Сезон был разделен на семь периодов, различающихся характером активности дождевых червей (ранняя и поздняя весна, первая и вторая часть лета, ранняя и поздняя осень, перезимовка). Каждый период соответствует одному шагу моделирования, в течение которого дождевой червь может перейти в следующую стадию, остаться в той же или погибнуть. Для половозрелых червей также возможен переход в репродуктивно неактивное состояние (возврат в предыдущую стадию), и указывается число коконов, откладываемых за каждый период. Для каждой из описанных выше схем сезонной динамики определены наборы матриц со специфическими коэффициентами (вероятностями переходов). Еще один наблюдаемый в природе вариант сезонной динамики, при котором биомасса монотонно снижалась в течение сезона, для моделирования не рассматривался, так как при повторении подобной ди-

намики в последующие сезоны популяция неизбежно вымрет, а смена схемы динамики от сезона к сезону в модели пока не предусмотрена.

Модель позволяет оценить смертность дождевых червей в каждой стадии в процессе развития популяции в течение сезона, а также во время перезимовки (особенно в экстремальные зимы) и скорости перехода из одного онтогенетического состояния в другое, а также темпы восстановления популяций после неблагоприятных воздействий.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 12-04-01734-а).

ЛИТЕРАТУРА

1. Горизонтова М.Н., Красная Л.А., Перель Т.С. Наблюдения над распространением и численностью дождевых червей в почве в течение года // Ученые записки Московского городского педагогического института им. В.П. Потемкина, 1951. Т. 65. С. 161-178.
2. Шашков М.П. Многолетняя популяционная динамика дождевого червя *Aporrectodea caliginosa* в широколиственных лесах Калужской области // Научные основы устойчивого управления лесами: Матер. Всерос. науч. конф. М.: ЦЭПЛРАН, 2014. С. 185-186.
3. Шашков М.П. Популяционно-демографические подходы к изучению дождевых червей (*Oligochaeta*, *Lumbricidae*) на примере внутривидового вида *Aporrectodea caliginosa* // Лесоведение (в печати).
4. Rundgren S. Seasonality of Emergence in Lumbricids in Southern Sweden // Oikos, 1977. Vol. 28. №. 1. P. 49-55.
5. Schmidt O., Curry P.J. Population dynamics of earthworms (*Lumbricidae*) and their role in nitrogen turnover in wheat and wheat-clover cropping systems // Pedobiologia, 2001. Vol. 45 (2). P. 174-187.

МИКРОБНЫЙ СТАТУС ПОЧВ, ФОРМИРУЮЩИХСЯ В ГРАДИЕНТЕ ВЛАЖНОСТИ СОСНОВЫХ ЛЕСОВ НА ЕВРОПЕЙСКОМ СЕВЕРО-ВОСТОКЕ РОССИИ

Н.Н. Шергина^{1,2}, А.Д. Филатов^{1,2}, Ю.А. Виноградова¹, Е.М. Лаптева¹

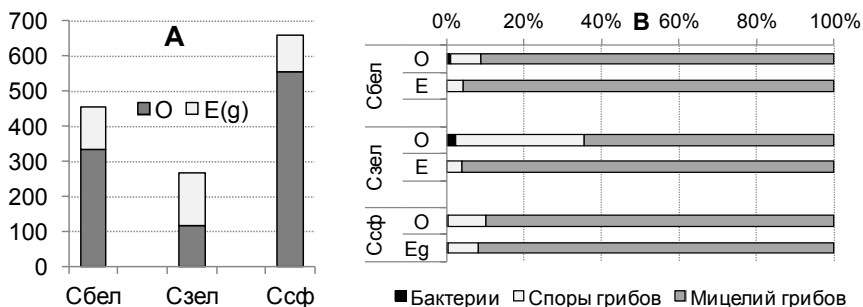
¹ Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

² Институт естественных наук Сыктывкарского государственного университета им. Питирима Сорокина, г. Сыктывкар

Сосновые леса приурочены к бедным, малогумусным почвам легкого гранулометрического состава, характеризующимся резким дефицитом влаги в летний период [1]. В зависимости от рельефа местности, условий увлажнения и характера напочвенного покрова под пологом сосновых лесов формируются различные ти-

пы и подтипы почв, которые существенно отличаются по условиям функционирования почвенной микробиоты. Учитывая своеобразие экологических условий в сосновых лесах, формирующихся в градиенте влажности, нами рассмотрены особенности формирования и функционирования в них почвенных микробных сообществ. С этой целью были проведены исследования в различных сообществах сосновых лесов, образующих естественный ряд по нарастанию грунтового увлажнения почв: зеленомошно-бело-мошном (*С бел*), чернично-зеленомошном (*С зел*) и чернично-багульниково-сфагновом (*С сф*). На участках *С бел* и *С зел* развиты подзолы иллювиально-железистые, *С сф* – торфяно-подзолы иллювиально-гумусовые. Все выделенные ключевые участки расположены на боровой террасе долины среднего течения р. Печора (Республика Коми, Печорский район, северная тайга). Численность и соотношение эколого-трофических групп микроорганизмов (ЭТГМ) оценивали методом посева почвенных суспензий на селективные среды [3], состав микробной биомассы (МБ) – методом люминесцентной микроскопии [4], функциональную активность (ФА) микроорганизмов – методом мультисубстратного тестирования [2].

Как показали проведенные исследования, основную роль в структуре МБ в рассмотренных почвах играет мицелий микроскопических грибов. На его долю в органогенных горизонтах приходится 84-89%, в минеральных – 90-98% от общей МБ. Максимальные значения МБ отмечены в почве участка *С сф*, минимальные – *С зел* (см. рисунок). В органогенном горизонте почвы *С зел* выше вклад бактерий и спор грибов в МБ за счет резкого (в 4-6.5 раз) снижения в нем, по сравнению с *С бел* и *С сф*, биомассы грибного мицелия.



Суммарная микробная биомасса (А; мкг/г почвы) и соотношение ее компонентов (В; %) в органогенных (О) и подзолистых (Е и Еg) горизонтах почв сосновых лесов. Обозначения сообществ – в тексте.

Соотношение ЭТГМ и профильное распределение численности аммонификаторов, микроорганизмов, усваивающих минеральные формы азота, педотрофов и олигонитрофилов не соотносится с данными прямого подсчета числа клеток бактерий. Однако эти параметры достаточно четко отражают условия увлажнения почв, характер распределения в их профиле органического вещества и возможность протекания минерализационных процессов. Несмотря на различия в численности микроорганизмов, их суммарной биомассе, экологических условиях формирования почв, микробные сообщества почв участков *С бел* и *С сф* оказались близки по величине удельной метаболической работы W (1195-1157). Микробные сообщества почвы участка *С зел*, при меньших величинах суммарной МБ отличались более высокой функциональной активностью ($W = 1640$). Для них отмечено существенно более активное потребление в качестве источников энергии аминокислот, что коррелирует с высокой численностью здесь бактерий, растущих на мясо-пептонном агаре. В условиях повышенной влажности в структуре микробных сообществ органогенных горизонтов активизируются компоненты, участвующие в утилизации олигосахаров, спиртов и низкомолекулярных органических кислот, а в минеральных горизонтах – аминокислот.

ЛИТЕРАТУРА

1. Атлас почв Республики Коми / Под ред. Г.В. Добровольского, А.И. Таскаева, И.В. Забоевой. Сыктывкар, 2010. 356 с.
2. 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.
3. Методы почвенной микробиологии и биохимии / Под ред. Д.Г. Звягинцева. М.: Изд-во МГУ, 1991. 304 с.
4. Полянская Л.М., Звягинцев Д.Г. Содержание и структура микробной биомассы как показатель экологического состояния почв // Почвоведение, 2005. № 6. С. 706-714.

Секция 4. ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО ЛЕСНЫХ ПОЧВ

КОНЦЕНТРАЦИИ ФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ И ЛИГНИНА В РАСТИТЕЛЬНОМ ОПАДЕ И ОРГАНОГЕННЫХ ГОРИЗОНТАХ ПОЧВ СЕВЕРОТАЕЖНЫХ ЕЛОВЫХ ЛЕСОВ

Н.А. Артемкина¹, М.А. Орлова², Н.В. Лукина²

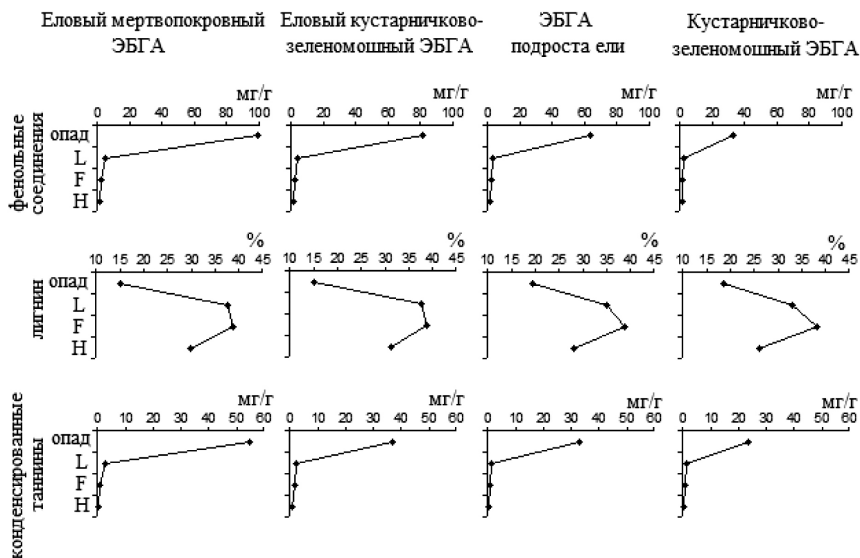
¹ Институт проблем промышленной экологии Севера Кольского НЦ РАН,
г. Апатиты

² Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН, г. Москва

Опад является важным специфическим компонентом лесных экосистем. Разложение растительного опада – один из основных процессов, регулирующих круговорот углерода и элементов питания и формирование органогенного горизонта почв бореальных лесов. На региональном уровне ведущую роль в этом процессе играет климат, на локальном – основное значение имеет качество опада и подстилки, а также микроклиматические условия. При исследовании параметров качества подстилки, с точки зрения интенсивности процессов ее разложения, основное внимание уделяется содержанию в ней азота, соотношениям C/N и лигнин/N [2]. Однако, фракционный состав органического вещества растительного опада, в том числе содержание полифенолов, является не менее важным фактором, определяющим темпы разложения [3].

Цель данного исследования – изучение закономерностей изменения концентраций вторичных метаболитов в подгоризонтах лесной подстилки. Объектами исследования послужили ельники кустарничково-зеленомошные, произрастающие в окрестностях оз. Умбозеро (Кольский п-ов; N 67°29', E 34°32'). Внутрибиогеоценотическое варьирование оценивали на основе сопоставления данных в различных элементарных биогеоареалах (ЭБГА) [1].

Сравнение концентраций вторичных метаболитов и лигнина в многолетних листьях/хвое растений (потенциальном опаде) и в



Концентрации фенольных соединений, лигнина и конденсированных таннинов в многолетних листьях/хвое (потенциальном опаде) растений и органогенном горизонте почв в различных элементарных биогеоареалах (ЭБГА [1]). L, F, H – подгоризонты подстилки.

L, F, H-подгоризонтах подстилки в различных элементарных биогеоареалах показало, что содержание суммы фенольных соединений, а также конденсированных таннинов значительно снижается в органогенных подгоризонтах подстилки по сравнению с опадом, что объясняется интенсивными процессами вымывания и деструкции этих веществ. Происходит дальнейшее снижение концентраций фенольных соединений и таннинов вниз по профилю подстилки с минимальными значениями в H-подгоризонте. По уровню содержания фенольных соединений и таннинов в опаде можно предложить следующий ряд: еловый мертвопокровный ЭБГА > еловый кустарничково-зеленомошный ЭБГА > ЭБГА подроста ели > кустарничково-зеленомошный ЭБГА (см. рисунок).

По сравнению с опадом лигнин накапливается в органогенных подгоризонтах подстилки с максимумом содержания в F-подгоризонте, а в H-подгоризонте происходит снижение концентрации лигнина.

Таким образом, выявлены разнонаправленные тренды изменения концентраций вторичных метаболитов и лигнина в подгоризонтах подстилки по сравнению с опадом.

Работа поддержана грантом Программы фундаментальных исследований Президиума РАН «Биоразнообразие природных систем» (подпрограмма «Оценка взаимосвязей биоразнообразие – экосистемные функции лесов») и грантом РФФИ 13-04-01644а.

ЛИТЕРАТУРА

1. Орлова М.А. Элементарная единица лесного биогеоценозического покрова для оценки экосистемных функций лесов // Труды Карельского научного центра. Серия «Экологические исследования», 2013. № 6. С. 126-132.
2. Berg B. Litter decomposition and organic matter turnover in northern forest soils // Forest Ecology and Management, 2000. Vol. 133. P. 13-22.
3. Hättenschwiler S., Vitousek P.M. The role of polyphenols in terrestrial ecosystem nutrient cycling // Trends in Ecology and Evolution., 2000. Vol. 15. № 6. P. 238-243.

ВОДОРАСТВОРИМЫЕ КОМПОНЕНТЫ ГУМУСА В ПОЧВАХ ЕЛЬНИКА ЧЕРНИЧНОГО И ПРОИЗВОДНЫХ ЛИСТВЕННО-ХВОЙНЫХ НАСАЖДЕНИЙ

Н.Н. Бондаренко, Е.М. Лаптева, Е.В. Шамрикова, О.С. Кубик, В.В. Пунегов
Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

Водорастворимые органические соединения (ВОС) являются важным компонентом почвенного органического вещества (ПОВ). Они образуются в результате протекания биологических и химических процессов, определяющих формирование и функционирование почв как компонентов наземных экосистем [2, 3, 6, 7]. В связи с этим при исследовании почв и процессов почвообразования значимое внимание уделяется оценке содержания в почвах углерода ВОС [4] и их отдельных компонентов – низкомолекулярных органических кислот, спиртов и углеводов [9, 10].

Цель данной работы – изучение качественного и количественного составов низкомолекулярных органических веществ, образующихся в подзолистых суглинистых почвах в процессе естественного лесовосстановления после сплошнолесосечных рубок еловых лесов.

Объектами исследования послужили почвы ненарушенного рубками ельника черничного (ПП1) и разновозрастных насаждений, сформировавшихся на участках сплошнолесосечных рубок, выполненных в зимний период 2001/2002 гг. (ПП2) и 1969/1970 гг. (ПП3) (Республика Коми, Усть-Куломский район). Характеристика почв и растительного покрова ключевых участ-

ков приведена в работе [5]. Определение низкомолекулярных органических соединений в водных вытяжках из почв выполнено методом хромато-масс-спектрометрии на спектрометре «TRACE DSQ» («Thermo Electron») [8-11].

В результате проведенных исследований установлено, что восстановление древостоя на вырубках среднетаежных еловых лесов приводит к снижению запасов органического вещества в органогенных горизонтах почв, изменению их кислотно-основного состояния и уменьшению, по сравнению с почвами коренных еловых лесов, продуцирования водорастворимых низкомолекулярных органических соединений. В рассмотренном ряду почв (ПП1 → ПП2 → ПП3) максимальным количеством идентифицированных ВОС характеризуется почва ненарушенного елового леса – 738 мг/кг почвы. В почвах лиственно-хвойных насаждений, сформировавшихся на участках ПП2 и ПП3, массовая доля ВОС составила 294 и 441 мг/кг почвы соответственно. Это обусловлено снижением в почвах вырубок содержания всех групп водорастворимых низкомолекулярных компонентов ПОВ (рис. 1А).

В исследованных подзолистых почвах в структуре низкомолекулярных ВОС основную роль играют углеводы. На их долю приходится от 49 (ПП1) до 63-66% (ПП2 и ПП3) от суммарного содержания всех идентифицированных компонентов (рис. 1В). Возрастание в почвах вырубок относительного содержания сахаров может быть обусловлено изменением растительного покрова в процессе естественного лесовосстановления после сплошно-лесосечных рубок и включением в состав растительного опада (за счет смены пород) значительного количества листьев березы и осины [1].

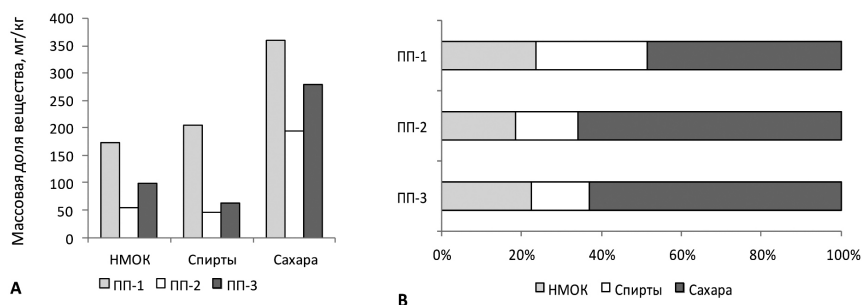


Рис. 1. Абсолютное (А, мг/кг почвы) и относительное (В, %) содержание водорастворимых низкомолекулярных органических кислот (НМОК), спиртов и сахаров в почвах коренного елового леса (ПП1) и лиственно-хвойных насаждений, сформировавшихся на вырубках 2001/2002 гг. (ПП2) и 1969/1970 гг. (ПП3).

Несмотря на снижение абсолютного содержания в почвах вырубок (ПП2 и ПП3) спиртов и низкомолекулярных карбоновых кислот (рис. 1А), вклад последних в структуру ВОС достаточно близок к почве контрольного участка (ПП1) и характеризуется величинами 18-23%. Доля спиртов в почвах вырубок снижается практически в два раза по сравнению с подзолистой почвой ненарушенного елового леса (рис. 1В).

На вырубках меняется не только общее содержание водорастворимых компонентов, но и соотношение индивидуальных низкомолекулярных соединений в составе водных вытяжек. В совокупности, с использованием метода хромато-масс-спектрометрии было идентифицировано 26 низкомолекулярных водорастворимых органических веществ, в том числе 12 карбоновых кислот, 10 углеводов и четыре спирта. В составе карбоновых кислот основную роль играют алифатические замещенные кислоты (рис. 2). Их общее количество, равно как и алифатических незамещенных и ароматических карбоновых кислот, снижается в почвах вырубок. Общей тенденцией является возрастание всех выделенных групп кислот по мере восстановления растительного покрова (рис. 2). Основной вклад в общее количество алифатических замещенных кислот в почвах всех участков вносят 2-оксипропановая, 2-оксипропановая и 2,3-диоксипропановая кислоты.

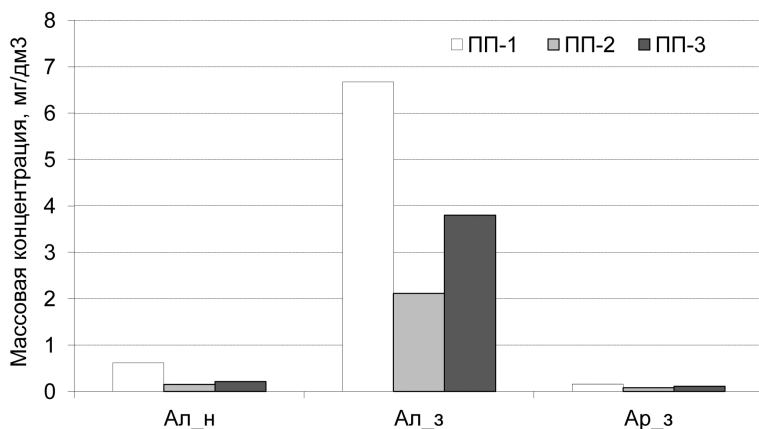


Рис. 2. Массовая концентрация (мг/дм³) алифатических незамещенных (Ал_н), алифатических замещенных (Ал_з) и ароматических замещенных (Ар_з) карбоновых кислот в водных вытяжках из почв коренного елового леса (ПП1) и лиственно-хвойных насаждений, сформировавшихся на вырубках 2001/2002 гг. (ПП2) и 1969/1970 гг. (ПП3).

В процессе сукцессионной смены растительности в почвах вырубок по мере формирования листовенного древесного полога происходит снижение в составе водорастворимых спиртов доли эритрита (от 52 до 40% от суммарного содержания спиртов) и возрастание – глицерина (от 46 до 72%).

Из 10 идентифицированных моно- и дисахаров в рассмотренном ряду почв основную роль играют манноза, галактопираноза и D-рибоза. В почвах вырубок отмечено возрастание доли галактопиранозы и D-рибозы при уменьшении практически в два раза относительного содержания маннозы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дымов А.А., Бобкова К.С., Тужилкина В.В., Ракина Д.А. Растительный опад в коренном ельнике и листовенно-хвойных насаждениях // Лесной журнал, 2012. № 3. С. 7-18.
2. Кауричев И.С., Яшин И.М. Образование водорастворимых органических веществ в почвах как стадия превращения растительных остатков // Известия ТСХА, 1989. Вып. 1. С. 47-57.
3. Орлов Д.С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации. М.: Изд-во МГУ, 1990. 325 с.
4. Орлов Д.С., Бирюкова О.Н., Розанова М.С. Дополнительные показатели гумусного состояния почв и их генетических горизонтов // Почвоведение, 2004. № 8. С. 918-926.
5. Путеводитель научной почвенной экскурсии. Подзолистые суглинистые почвы разновозрастных вырубок (подзона средней тайги). Сыктывкар, 2007. 84 с.
6. Регуляторная роль почвы в функционировании таежных экосистем. М.: Наука, 2002. 365 с.
7. Тейт Р. III. Органическое вещество почвы. М.: Мир, 1991. 400 с.
8. Шамрикова Е.В., Груздев И.В., Пунегов В.В. и др. Качественный анализ водных вытяжек из подзолистых почв Республики Коми на содержание органических соединений хромато-масс-спектроскопическим методом // Вода: химия и экология, 2011. № 11. С. 58-63.
9. Шамрикова Е.В., Груздев И.В., Пунегов В.В. и др. Индивидуальные органические соединения водных вытяжек из подзолистых почв Республики Коми // Почвоведение, 2012. № 10. С. 1068-1076.
10. Шамрикова Е.В., Груздев И.В., Пунегов В.В. и др. Водорастворимые низкомолекулярные органические кислоты в автоморфных суглинистых почвах тундры и тайги // Почвоведение, 2013. № 6. С. 691-697.
11. Шамрикова Е.В., Кубик О.А., Пунегов В.В., Груздев И.В. Влияние разнообразия биоты на состав низкомолекулярных водорастворимых органических соединений почв южной тундры // Почвоведение, 2014. № 3. С. 295-303.

ПОЛИЦИКЛИЧЕСКИЕ АРОМАТИЧЕСКИЕ УГЛЕВОДОРОДЫ И Н-АЛКАНЫ – ИНДИКАТОРЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ ТАЕЖНОЙ ЗОНЫ

Д.Н. Габов, В.А. Безносовых, Б.М. Кондратенко, И.В. Груздев
Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

От свойств почв и биоклиматических условий территории зависят интенсивность накопления, миграционные характеристики, возможность консервации и последующей мобилизации органических веществ в окружающей среде. Изучение неспецифических органических соединений перспективно для получения информации о путях образования и особенностях их накопления, распределения в почвах фоновых и техногенных территорий и о функциональном состоянии почв [1].

Цель работы – изучение количественного и качественного составов н-алканов и полициклических ароматических углеводородов (ПАУ), выявление закономерностей их накопления и миграции в почвах целинных и аэротехногенно-нарушенных ландшафтов таежной зоны, нахождение индикаторов экологического состояния почв.

Объекты исследований – торфянисто-подзолисто-глееватые почвы фоновых и аэротехногенно-нарушенных ландшафтов в средней и северной тайге. Почвы сформированы на однородных по гранулометрическому, химическому и минералогическому составу покровных суглинках. Определение содержания н-алканов и ПАУ в почвах осуществляли методами газожидкостной и высокоэффективной жидкостной хроматографии, соответственно [2, 3].

Выявлены сходные закономерности вертикальной дифференциации ПАУ и н-алканов в техногенно-трансформированных и фоновых почвах. В профилях почв, формирующихся в условиях интенсивной техногенной нагрузки (сажевый завод, целлюлозно-бумажный комбинат) и фоновых аналогах, наблюдается резкая приповерхностная аккумуляция неспецифических органических соединений: органогенные горизонты служат геохимическим барьером на пути миграции ПАУ и н-алканов в пределах вертикального профиля.

Массовая доля суммы ПАУ в почвах северной тайги ниже, чем в средней, что обусловлено как разной интенсивностью эмиссии полиаренов на поверхность почв в техногенных зонах, так и неодинаковым накоплением природных ПАУ вследствие разных биоклиматических условий. В органогенных горизонтах при аэротехногенном воздействии суммарная массовая доля тяжелых

5-6-ядерных ароматических структур практически не превышает фоновые уровни. Отмечен более высокий уровень массовой доли суммы 3-4-ядерных полиаренов в техногенных почвах по сравнению с фоновыми: почвообразовательные процессы в аэротехногенно-загрязненных почвах протекают в условиях интенсивного поступления и аккумуляции низкомолекулярных 3-4-ядерных ПАУ от техногенных источников.

Насыщенные углеводороды представлены гомологическими рядами *n*-алканов, C₂₁-C₃₃; в составе органического вещества фоновых и техногенных почв преобладают структуры с «нечетным» числом атомов углерода. В минеральных горизонтах массовая доля «нечетных» алканов уменьшается на порядок и выравнивается с «четными» алканами. Накопление *n*-алканов в органических горизонтах почв северной тайги ниже в два раза, чем в средней, что, по-видимому, обусловлено замедленной минерализацией органического вещества растительного и животного происхождения в почвах северной тайги в связи с холодным температурным режимом. Отмечено увеличение содержания «четных» *n*-алканов в техногенных почвах, что, возможно, обусловлено загрязнением почв углеводородами и изменением биопродуктивности надпочвенного покрова.

Таким образом, существует возможность оценить уровень техногенного воздействия на почвы, используя в качестве критериев как соотношение суммы биогенных 5-6-ядерных к сумме техногенных 3-4-ядерных ПАУ, так и отношение сумм «нечетных» и «четных» алканов – carbon preference index (CPI).

ЛИТЕРАТУРА

1. Геннадиев А.Н., Пиковский Ю.И., Флоровская В.Н. и др. Геохимия полициклических ароматических углеводородов в горных породах и почвах. М.: Изд-во МГУ, 1996. 196 с.
2. Габов Д.Н., Безносиков В.А., Кондратенко Б.М., Груздев И.В. Насыщенные углеводороды в фоновых и загрязненных почвах предуралья // Почвоведение, 2010. № 10. С. 1190-1196.
3. Габов Д.Н., Безносиков В.А., Кондратенко Б.М., Яковлева Е.В. Закономерности формирования полициклических ароматических углеводородов в почвах северной и средней тайги // Почвоведение, 2008. № 11. С. 1334-1343.

ВЛИЯНИЕ РАСТИТЕЛЬНОГО ОПАДА НА ФОРМИРОВАНИЕ ИЗОТОПНОГО СОСТАВА ПОЧВЕННЫХ ПОДСТИЛОК НА ПРИМЕРЕ ПРЕДГОРНЫХ БОРЕАЛЬНЫХ ЛЕСОВ СЕВЕРНОГО УРАЛА (ВЕРХОВЬЯ РЕКИ ПЕЧОРА)

С.М. Горбунова¹, А.А. Семиколенных^{1,2}

¹ Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва

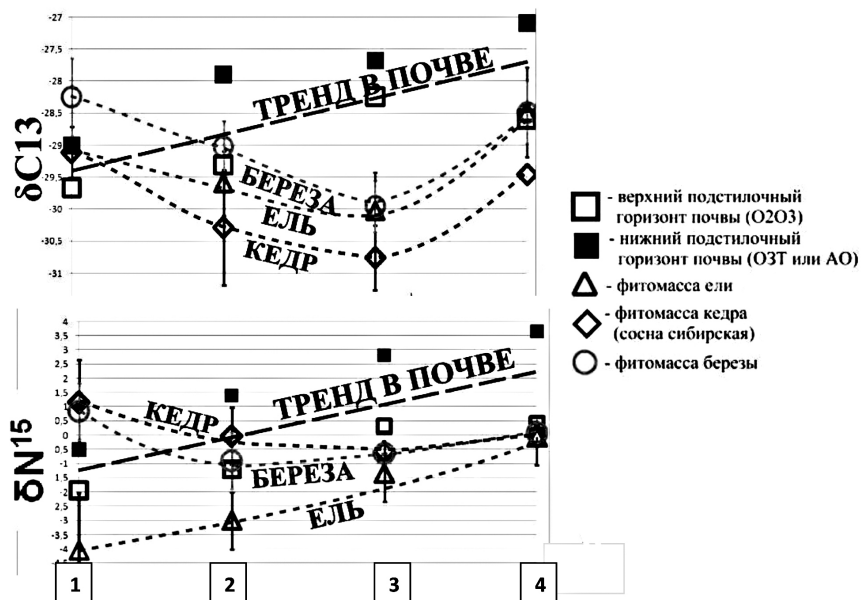
² Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН, г. Москва

Анализ изотопного состава азота и углерода позволяет исследовать механизм процессов почвообразования, оценить роль растительности и микроорганизмов в процессе гумификации, а также проследить движение изотопов углерода и азота внутри системы и использовать их в качестве интегральных показателей интенсивности многих процессов [2].

Исследовались ландшафтные комплексы, представленные различными типами леса в предгорной части Печоро-Илычского заповедника в бассейне р. Большая Порожня (верховья р. Печора). Объектами работ являлась транссекта «Рай» (59.0551°, 62.0532°). Ее точки, расположенные с шагом 100-150 м и сопряженные по рельефу, соответствовали различным типам леса: 1 – хвойному криволесью на краю каменной осыпи, 2 – пихто-ельнику кустарничково-зеленомошному, 3 – пихто-ельнику крупнопоротниковому, 4 – пихто-ельнику высокотравному. Для анализа отбирались два подстилочных горизонта (1-2 см – О1О2, и ~3-5 см – нижний слой подстилки: О2О3 или ОТ, и зеленая фитомасса основных видов древесных растений: *Betula pendula* (береза обыкновенная); *Picea abies* (ель обыкновенная); *Pinus sibirica* (сосна сибирская/кедр). Использовалась трехкратная повторность (с разных растений). Изотопный состав определялся на изотопном масс-спектрометре Thermo-Finnigan Delta V Plus в ИПЭЭ им А.Н. Северцова РАН (при содействии А.В. Тиунова).

В ходе проведенных исследований было обнаружено достоверное отличие изотопного состава фитомассы и почвенных подстилок в различных типах леса. Для почвенных подстилок наблюдается закономерное увеличение долей тяжелых изотопов углерода и азота вниз по склону, что логично объясняется нарастанием интенсивности и глубины процессов трансформации опада и общим возрастом почвообразования.

Однако в отношении фитомассы деревьев выявились особенности, заключающиеся в аномально «утяжеленном» составе углерода и азота для березы и кедра на первой точке транссекты. По-видимому, в отношении углерода значительную роль играют



Изменения изотопного состава азота и углерода по трансекте.

близость точки к открытому склону и разреженность древесного яруса (т.е. выше доля чистого атмосферного углерода без перефиксации эмиссии из почвы). В отношении азота различия могут быть связаны со строением корневых систем, а именно поверхностным залеганием корней ели и более глубоким проникновением в глубину корней березы и кедр. Также обращает на себя внимание заметное «утяжеление» углерода в фитомассе на точке 4. Возможным объяснением могут быть более высокие показатели микробной активности на высокотравном участке и эмиссии углекислоты из богатой почвы (бурозем) с последующей ассимиляцией почвенного CO_2 деревьями или так называемым «сапору» эффектом [1].

ЛИТЕРАТУРА

1. Brooks J.R., Flanagan L.B., Buchmann N., Ehleringer J.R. Carbon isotope composition of boreal plants: functional grouping of life forms // Ecology, 1997. № 110. P. 301-311.
2. Robinson D. $\delta^{15}N$ as an integrator of the nitrogen cycle // Trends Ecol. Evol., 2001. Vol. 16. P. 153-162.

ВЛИЯНИЕ РУБОК И ПОЖАРОВ НА ПОЧВЫ И ПОЧВЕННОЕ ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО

А.А. Дымов

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

Ведущими факторами, обуславливающими изменение таежных экосистем, являются рубки леса и пожары. В настоящее время отсутствуют обобщающие работы по оценке их влияния на почвы.

Цель данной работы – анализ публикаций, собственных результатов по влиянию рубок и пожаров на почвы и почвенное органическое вещество.

Рубка леса оказывает существенное влияние на лесные биогеоценозы, сведение наиболее ценных хвойных лесов приводит к формированию на вырубках лиственных пород. К настоящему времени выявлены основные закономерности изменения растительности в процессе вторичных сукцессий после рубок хвойных. Степень преобразования лесных почв определяется технологией лесозаготовок, типом почв, характером их изначального увлажнения. Преимущественно лесозаготовительные мероприятия проводят с использованием сплошнолесосечных рубок. При таком типе рубок на территории лесосек выделяют несколько технологических участков, различающихся по характеру воздействия на экосистемы, и почвы в частности. Наиболее часто выделяют «пасечный» участок, трелевочные волока (или технологические коридоры) и лесопогрузочные площадки. При этом площадь «пасечных» участков составляет 59-71%, трелевочных волоков – 18-29, погрузочных площадок – 6-15% от общей площади лесосеки [9]. Изменение почв и последующее возобновление растительности на рассматриваемых участках будут иметь свои особенности. Наибольшие изменения почв, заключающиеся в физической трансформации, турбировании и перемешивании почвенных горизонтов, погребении порубочных остатков и подстилок. Рубки приводят к существенному изменению биогеохимического цикла углерода. На молодых вырубках (до момента смыкания крон) роль основного эдификатора переходит к растениям напочвенного покрова [3]. По мере развития фитоценоза (через лиственные древесные породы) существенно изменяется его качественный состав растительного опада. Увеличение доли опада лиственных древесных растений обуславливает возрастание поступления на поверхность почв кальция, марганца, магния и других элементов. Благодаря увеличению доли быстроразлагающе-

гося опада, наряду с залповым поступлением порубочных остатков после рубки, происходит существенное изменение морфологического строения лесных подстилок. Изменение мощности подстилки на пасечных участках неоднозначно, в существенной степени зависит от исходного типа леса, лесохозяйственных мероприятий. В почвах ряда послерубочных фитоценозов в первые десятилетия отмечается рост мощности подстилок, активизация процессов огления и конкрециообразования [1]. Но при этом ряд авторов отмечает уменьшение мощности подстилок. В основном, уменьшение мощности подстилки наблюдается в автоморфных, хорошо дренируемых позициях ландшафтов. «Залповое» поступление порубочных остатков и изменение качественного состава опада приводят к увеличению реакционной способности органического вещества, возрастанию доли водо- и кислоторастворимых форм, а в их составе сильно- и среднекислых ионогенных функциональных групп [7], увеличению в составе свободных (способных к миграции) фракций, доли гидрофильных компонентов [6]. Реакционно-активные гидрофильные продукты гумификации в почвах вырубок на первых стадиях лесовозобновления способствуют интенсификации кислотного гидролиза минералов и накоплению Fe-Al-органических соединений в верхних минеральных горизонтах профиля. Рубки являются существенным фактором изменения химического состава лесных водотоков. В водотоке лиственно-хвойного леса выше концентрации карбоната и сульфат-ионов, кальция, магния, натрия и железа [2]. На вырубках и вторичных лесах существенно изменяются амплитуды и микроклиматические условия. Почвы вырубок и вторичных мелколиственных лесов обычно теплее по значениям среднегодовой и среднемесячной температуры, но при этом характеризуются большими амплитудами значений суточных температур в летний период [8].

Необходимо отметить, что в настоящее время хлыстовая трелевка древесины постепенно замещается скандинавской технологией. Большинство крупных предприятий, особенно на северо-западе европейской части России, внедряют в практику использование пары харвестер-форвардер с сортиментной заготовкой деловой древесины. В отличие от скандинавских стран и регионов Российской Федерации с близкими эдафическими условиями произрастания лесов, влияние использования этой технологии на почвы на территории России практически не изучено. В некоторых случаях, особенно при летних заготовках на полугидроморфных почвах использование тяжелой техники может приводить к критическим последствиям.

Пожары сильно изменяют облик лесных почв. Формируются специфические пирогенные горизонты и признаки, сохраняющиеся в почвах десятки лет. Последствия влияния огня на почвы в существенной степени зависят от исходных ландшафтных условий, типа леса и вида пожара. Обычно при пожарах в лесах на автоморфных почвах происходит полное уничтожение подстилок, в то время как подстилки в полугидроморфных ландшафтах выгорают «очагами», формируя своеобразный пирогенный микрорельеф, сохраняющийся десятилетиями. Морфологические пирогенные изменения прослеживаются до глубины 20(30) см. [4, 5]. В почвах гарей изменяется кислотность, степень насыщенности основаниями, происходит уменьшение водорастворимого органического вещества, возрастание гидрофобности минеральных горизонтов, возрастание содержания ПАУ [10]. Запасы углерода в почвах в большинстве случаев уменьшаются, но в отдельных случаях могут возрасти за счет включения продуктов неполного горения КДО в состав ПОВ.

Необходимо отметить, что к настоящему времени существует значительное число публикаций, описывающих изменение почв при рубках и пожарах. Более подробно изучены морфологические свойства почв автоморфных ландшафтов, менее затронуты исследованиями почвы полугидроморфных ландшафтов. Практически не изучены изменения пространственного варьирования свойств почв на вырубках при удалении основных эдификаторов. При этом имеющиеся литературные данные свидетельствуют о существенно большей потенциальной опасности рубок и пожаров для биогеоценозов. Основными белыми пятнами являются количественные оценки влияния рубок и пожаров на геохимические циклы элементов. К настоящему времени для европейского северо-востока России существуют отрывочные единичные данные, свидетельствующие об изменении химического состава водотоков, оценке поступления твердого стока в водотоки. Нет сомнений, что почвы бореальных лесов необходимо рассматривать не только как ресурс, определяющий дальнейшее воспроизводство лесных ресурсов, но также и уделять внимание экологической составляющей и роли почв и почвенного покрова в лесных ландшафтах.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РФФИ (13-04-00570-а) и гранта Президента РФ МК-2905.2015.4.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дымов А.А. Изменение почв в процессе естественного лесовосстановления (на примере подзолов средней тайги, сформированных на

двучленных отложениях): Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Сыктывкар, 2007. 20 с.

2. Дымов А.А. Химический состав водотоков в коренном еловом и производном лиственнично-хвойном лесах // Вода: химия и экология, 2013. № 4. С. 97-101.

3. 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.

4. Дымов А.А., Габов Д.Н., Дубровский Ю.А. Пирогенные изменения подзолов иллювиально-железистых (средняя тайга, Республика Коми) // Почвоведение, 2014. № 2. С. 144-154.

5. Дымов А.А., Габов Д.Н., Дубровский Ю.А. и др. Влияние пожара в северотаежном ельнике на органическое вещество почв // Лесоведение, 2015. № 1. С. 52-62.

6. 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.

7. Дымов А.А., Милановский Е.Ю., Лаптева Е.М. Изменение почв и почвенного органического вещества в процессе естественного лесовозобновления после рубки сосняка бруснично-зеленомошного // Вестник МГУЛ – Лесной вестник, 2012. № 2. С. 67-71.

8. Дымов А.А., Старцев В.В. Изменение температурного режима подзолистых почв в процессе естественного лесовозобновления после сплошнолесосечных рубок // Почвоведение, 2016 (в печати).

9. Паутов Ю.А., Ильчуков С.В. Пространственная структура производных насаждений на сплошных концентрированных вырубках в Республике Коми // Лесоведение, 2001. № 2. С. 27-32.

10. Dymov A.A., Gabov D.N. Pyrogenic alterations of Podzols at the North-East European part of Russia: morphology, carbon pools, PAH content // Geoderma, 2015. Vol. 241-242. P. 230-237.

ГУМУС ГОРНО-КОРИЧНЕВЫХ ПОЧВ ЮГА ФЕРГАНСКОЙ ДОЛИНЫ

М. Исагалиев, Г. Юлдашев

Ферганский государственный университет, г. Фергана, Узбекистан

Горно-коричневые почвы имеют распространения в пределах Узбекистана в горах Чаткал, Туркестан и др. в поясе коричневых почв на высоте 1200-1400 м, приурочены к низкогорным формам рельефа.

Исследованные нами горно-коричневые карбонатные почвы сформированы на северных солнечных экспозициях склонов в элювиально-ксероморфных условиях увлажнения под изреженным травянистым покровом и древесно-кустарниковой расти-

тельностью на мощных мелкоземисто-скелетных элювиях, делювиях.

Нами набраны и составлены средние образцы почв и растений, согласно морфогенетического метода Докучаева, на девяти ключевых участках, где заложены по девять опорных почвенных разрезов и 32 прикопки. Первая группа разрезов заложена на целинном участке, вторая – на условно-поливных ключевых участках, которые были взяты на одинаковом расстоянии от рудника Чауая на юг и север по 500 м, т.е. верх и вниз от рудника.

Глубина разрезов и мощность горизонтов в целях удобного сопоставления с учетом глубины пахотного горизонта приняты одинаковые, такие как 0-7, 8-15, 15-60, 60-100, 100-120 см. В целинных почвах разрезов 1-4 содержание гумуса в дерновом горизонте (0-7 см) составляет в среднем 4.2%, под дерновым (8-15 см) – 3.3%.

Содержание азота колеблется в пределах 0.28-0.45%, количество валового фосфора в этих горизонтах – в пределах 0.20-0.22%, подвижных – 40-60 мг/кг; валовых и подвижных форм калия – в интервалах 2.2-2.5%, 250-320 мг/кг соответственно. В дерновом и под дерновым горизонтами содержание карбонатов держится в интервале от 4 до 7%. По всему профилю его содержание находится на уровне 4-21%. Сумма поглощенных катионов (Ca^{++} , Mg^{++} , K^{+} , Na^{+}) в указанных почвах составляет 12-14 ммоль на 100 г почвы.

В условно-поливных почвах сформированы пахотные горизонты с мощностью до 15 см, редко – 20 см. В условно-поливных почвах разрезов 1^а-4^а гумус в пахотном горизонте составляет 2.3%, что намного меньше, чем в целинных почвах. Их можно

Изменение группового состава гумуса, %

Номер разрезов	Глубина, см	$C_{\text{общ.}}$	$C_{\text{ГК}}$	$C_{\text{ФК}}$	$C_{\text{ГК}}:C_{\text{ФК}}$	Негидролизующий остаток
1-4	0-15	2.07	$\frac{0.62}{30.0}$	$\frac{0.52}{25.1}$	1.2	44.9
	15-60	1.17	$\frac{0.28}{24.2}$	$\frac{0.29}{25.5}$	0.95	50.3
	60-100	0.50	$\frac{0.40}{20.3}$	$\frac{0.15}{30.2}$	0.67	49.5
1 ^а -4 ^а	0-15	1.29	$\frac{0.39}{30.3}$	$\frac{0.38}{29.7}$	1.03	40.08
	15-60	1.01	$\frac{0.25}{25.2}$	$\frac{0.27}{26.5}$	0.95	48.3
	60-100	0.45	$\frac{0.12}{26.3}$	$\frac{0.14}{31.2}$	0.84	57.5

отнести к малогумусным почвам. Но надо отметить, что содержание гумуса по всему профилю остается почти стабильным и колеблется в интервале 0.9-2.3%.

Согласно [1], травяной ярус горно-коричневых почв представлен как для субтропических степей-полусаванн. Указанные условия привели к некоторым изменениям в групповом составе гумуса как целинных, так и условно-поливных почв региона.

В свое время [2, 3] и др. отмечали, что при длительном сельскохозяйственном использовании почв степи минерализуются наиболее подвижные вещества неспецифической природы. Данные таблицы показывают, что длительное орошение в течение 7-10 лет влияет не только на количество гумуса, но и групповой состав. В изученных почвах, особенно в условно-поливных горно-коричневых, под влиянием орошения уменьшение общего количество гумуса сопровождается снижением содержания гуминовых и фульвокислот. При этом происходит некоторое сужение соотношения $C_{ГК}:C_{ФК}$.

При орошении в составе гумуса падает количество углерода гуминовых кислот от 0.62 до 0.39%, при этом соотношение $C_{ГК}:C_{ФК}$ изменяется в целинных почвах в пределах 0.67-1.20, а в условно-поливных почвах – 0.84-1.03. Углерода гумусовых веществ в целинных почвах содержится по всему профилю 0.5-2.07%, а в условно-поливных – 0.45-1.29%.

В изученных почвах под влиянием орошения наряду с уменьшением гумуса наблюдается снижение содержания гуминовых и фульвокислот, но при этом происходит некоторое сужение соотношения $C_{ГК}:C_{ФК}$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Коровин Е.П. Растительность Средний Азии и Южного Казахстана. М., 1957. 238 с.
2. Кононова М.М. Органическое вещество почвы, его природа, свойства и методы изучения. М., 1963. 314 с.
3. Бельчикова Н.И. Органическое вещество почв различной степени окультуренности // Агрохимия, 1965. № 2. С. 98-109.

РОЛЬ ЛИГНИНА В ФОРМИРОВАНИИ ГУМУСА ЛЕСНЫХ ПОЧВ (ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ)

И.В. Ковалев¹, Н.О. Ковалева²

¹ Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва

² Институт экологического почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва

В последние годы, благодаря развитию новых методов тонкой биохимии, наблюдается возрождение интереса к лигнину в различных объектах биосферы. Комплексная ароматическая структура, гидрофобные свойства, высокая биохимическая стабильность лигнина и его склонность к конденсации за счет образования устойчивых С-С связей определяют уникальную роль этого биополимера в процессах гумификации, органоминеральных взаимодействий и планетарном круговороте углерода. Вопросы о географических закономерностях распространения лигнинов в почвах, о содержании и механизмах трансформации и путях стабилизации лигниновых фенолов в различных почвенных типах лесных экосистем и на всех иерархических уровнях структурной организации почв до сих пор остаются открытыми. На наш взгляд, именно поэтому современные взгляды на пути гумусообразования и механизмы стабилизации органического вещества столь противоречивы.

Объекты и методы исследования: евразийские леса из сосны, лиственницы, кедра, ели, пихты; южнотаежные березо-осиновые леса и агроэкосистемы, в том числе и осушенные, Коломенского ополья Московской области; дубово-липовые широколиственные леса («Тульские засеки») на серых почвах; березовые колки лесостепи и агроэкосистемы Брянской области на агросерых почвах; типичный чернозем (Курский биосферный заповедник, Кисловодская котловина); тропический лес Амазонии на красноземах (Бразилия); аридные экосистемы вертикальных природных зон Тянь-Шаня; гумидные экосистемы Северного Кавказа. Апробированная методика мягкого щелочного окисления органического вещества оксидом меди в азотной среде с последующим использованием хроматографии тонкого слоя является наиболее перспективной для анализа содержания и состава лигнина в объектах наземных экосистем: не только в тканях растений, но и в дневных и погребенных почвах, включая минеральные мало-гумусные горизонты, в конкреционных новообразованиях, агрегатах, гранулометрических фракциях почв, препаратах гуминовых кислот. Щелочное окисление образцов оксидом меди дало 11 фенолов, которые сгруппированы по их химической приро-

де в четыре структурных семейства: ванилиновые (гваяциловые) (V), сирингиловые или сиреневые (S), п-кумаровые (C) и феруловые фенолы (F). Сумма продуктов окисления (VSC) отражает общее содержание лигнина в образце.

Установлено, что независимо от географической приуроченности экосистемы равнинных или горных ландшафтов тип поступающего в почву лигнина определяется разными типами растительных ассоциаций: в хвойных лесах доминируют гваяциловые (ванилиновые) фенолы, широколиственным и мелколиственным лесам свойственны равные пропорции ванилинов и сирингилов, в степных экосистемах доминируют феруловые фенолы, а в луговых сообществах – циннамиловые структуры. По величинам лигниновых параметров VSC (общее количество продуктов окисления лигнина) C/V (циннамилы/ванилины), S/V (сирингилы/ванилины), K/F (кумарилы/ферулы), кислоты/альдегиды можно выделять разные типы растительных тканей (хвойные и лиственные, древесные и недревесные, травянистые разнотравные и злаковые). Впервые установлен химический состав лигнина из тканей можжевельника. Соотношение VSC в нем составило 41:1:2. Определение продуктов окисления лигнина в подстилках разных типов растительных ассоциаций показало, что различия лигниновых параметров в них менее контрастны, а содержание лигнина значительно ниже по сравнению с живыми растительными тканями. Но композиционно подстилки повторяют характерные для живых тканей закономерности: подстилки хвойных пород характеризуются накоплением ванилиновых (гваяциловых) фенолов – до $33 \text{ мг г}^{-1} \text{ C}_{\text{орг.}}$ под кроной можжевельника, и сохраняют тенденцию к меньшему содержанию сирингиловых и кумариловых структур; лиственных – имеют примерно равные соотношения ванилиновых (гваяциловых) и сирингиловых фенолов и меньшее по сравнению с кумаровыми количество феруловых кислот (V:S:C – 4:4:1; 2:1:1). Значительное уменьшение продуктов окисления лигнина характерно для буково-грабово-каштанового опада с 10.4 до 2.2 мг/г углерода; опада в березовой роще – с 24.5 до 10.9 , осиновой роще – с 9.3 до 1.6 мг/г углерода [2, 4]. Значимо установлено, что наибольшее содержание лигниновых фенолов свойственно не надземным, а подземным тканям растений [2, 4]. Коэффициент корреляции содержания лигнина в почве и биомассы корней – $0.92-0.99$. Наибольший вклад корневого лигнина присущ луговым экосистемам и особенно в степных сообществах со значительным преобладанием подземной биомассы над надземной, где отношение подземных органов к надземным достигает 20. В лесных экосистемах оно значительно ниже,

отношение подземных органов к надземным – 3-7. Наименьшая роль корней в круговороте лигнина обнаружена в агро-антропогенных экосистемах с равными долями надземной и подземной биомассы, достигая 1. Соотношения лигниновых фенолов в корневой биомассе повторяют закономерности, свойственные надземным органам.

Типичные структурные фрагменты лигнина еще долго узнаваемы в почвах [3]. Например, в серых лесных почвах Колымского ополья величина отношения сирингилов к ванилинам S/V около 1. Эти цифры соответствуют значениям, типичным для свежих тканей березы, характеризующихся эквивалентным вкладом сирингиловых и ванилиновых единиц. Почвы «Тульских засек» характеризуются отношением сирингиловых фенолов к ванилинам S/V около 0.8 в верхней части профиля, что типично для древесных широколиственных пород. Установлено, что наибольшее суммарное (VSC) количество продуктов окисления лигнина в рассматриваемых горизонтальных рядах почв приурочено к почвам естественных биогеоценозов с наивысшей биопродуктивностью: серая лесная почва Тульских засек, черноземы Курского заповедника, красноземы тропического леса Амазонии. При этом показана линейная зависимость увеличения степени измененности боковых цепочек лигниновых структур. Так, в почвах южной тайги она составляет 5-8%, лесостепи – 9-10, черноземах – 10-12, достигая максимальных значений в красноземах тропического леса до 30-50%, т.е. фактически следует за величиной периода биологической активности. В почвах вертикального ряда наблюдается параболический характер распределения лигнина в ряду: от подножия к вершинам с максимумом содержания лигнина в субальпийских черноземовидных почвах (Тебердинский заповедник Кавказа и заказник Чон-Курчак Тянь-Шаня). В условиях антропогенного использования (пашня Русской равнины, плантация производственной древесины Бразилии, вторичные леса Красноярска) количество лигнина в почвах уменьшается по сравнению с естественными аналогами.

Установлено распределение лигниновых фенолов на всех уровнях структурной организации почв. На уровне почвенного профиля наибольшее суммарное количество продуктов окисления (VSC) лигнина в рассматриваемых рядах почв приурочено к верхним гумусово-аккумулятивным горизонтам – до 12-18 мг/г $C_{орг.}$, наименьшее (1-4 мг/г $C_{орг.}$) – к нижним частям профилей. В гумусовых горизонтах количественно преобладают альдегиды, а в иллювиальных – кислоты. Последнее обусловлено большей подвижностью кислот в профиле почв. Вероятно, именно вани-

линовая кислота обладает наибольшей миграционной способностью в профилях таежных почв, внося свою долю в пул органических кислот, формирующих подзолистые и глеевые горизонты. Агрегатный уровень организации почвенной массы демонстрирует, что на поверхности агрегата в окислительных условиях наблюдается меньшее количество продуктов окисления лигнина и более высокая степень его окисленности (более высокие величины отношения кислоты/альдегиды) в ванилиновых и сиригильовых единицах, нежели внутри агрегата, где складывается восстановительная обстановка и преобладают факультативные анаэробные микроорганизмы. На уровне элементарных почвенных частиц содержание лигниновых фенолов с уменьшением размера частиц значительно снижается ($p < 0.001$) – в 10 раз по сравнению с фракциями крупных частиц. Однако именно к наиболее мелким илистым и пылеватым фракциям приурочены величины максимальной степени окисленности и степени трансформации боковых цепочек биополимера. При этом в мелких фракциях характерно и наибольшее содержание биофильных элементов: углерода, азота, серы.

Оригинальные результаты о количестве и степени трансформации молекул биополимера в ряду: «ткани растений–подстилка–почва–дневные гуминовые кислоты–погребенные гуминовые кислоты» позволяют оценить решающую роль ароматических структур лигнина в гумификации почв. В обозначенном ряду увеличивается количество ароматических кислот по отношению к альдегидам во всех типах объектов независимо от общего количества лигнина в них и достигает максимума в препаратах гуминовых кислот из погребенных почв [2, 4]. Тем самым, наши результаты подтверждают положение о нарастающем карбоксилировании лигниновых остатков как о главном процессе их трансформации в гумус. С помощью количественного анализа лигниновых фенолов и ^{13}C -ЯМР-спектроскопии также доказывается, что лигнин высших растений принимает участие в формировании специфических соединений гумуса почв, входя структурными фрагментами в алифатическую часть молекулы (пики при 56 ppm), так и в ароматическую часть молекул гуминовых кислот (пики при 147 ppm) [3]. Коэффициент корреляции (r) между содержанием лигнина (VSC) в гумусовых горизонтах почв гумидных ландшафтов и площадью пика лигнинового происхождения в алифатической части ^{13}C -ЯМР-спектра при 56 ppm – 0.94 ($P = 0.95$). В гуминовых кислотах почв лесостепи, сформированных на лессе, а также в черноземах, вклад ароматических лигниновых фрагментов в два раза больше в ядерной, чем в периферий-

ной частях молекулы. Коэффициент корреляции между содержанием лигнина (VSC) в гумусовых горизонтах почв семиаридных ландшафтов и площадью пика лигнинового происхождения в ароматической части ^{13}C -ЯМР-спектра при 147 ppm -0.93 [3]. Сравнение ^{13}C -ЯМР-спектров нативных препаратов лигнина, выделенных из разных пород древесных и травянистых растений, со спектром молекулы гуминовой кислоты позволило впервые обнаружить, что, во-первых, спектр пиков, наследуемых гуминовой кислотой от растительной ткани весьма широк. Они отчетливо диагностируются при 56, 102, 115, 119, 131, 151-152, 160 ppm. Во-вторых, набор пиков разнороден в спектрах разных растений и, соответственно, в молекулах гуминовых кислот разных почв он тоже должен быть разным, т.е. различия в химическом строении лигнина хвойных и лиственных пород, злаковых и травянистых растений заключаются не только в количественном содержании основных типов межмономерных связей $\beta\text{-O-4}$, $\beta\text{-5}$, $\beta\text{-}\beta$, $\text{C}_{\text{аром.}}\text{-C}$, но и в соотношении мономерных звеньев: ванилиновых, сирингильных и *n*-кумаровых. В-третьих, лигнин древесных растений южной тайги становится источником пространственно вытянутых с развитой алифатической частью молекул гуминовых кислот, а феруловые и кумариловые фенолы степных растений формируют пространственно компактные структуры гуминовых кислот черноземов с хорошо выраженной ароматической частью.

Раскрыты вероятные механизмы стабилизации лигнина в почвах: 1) абиогенное накопление в восстановительной среде с заторможенной биологической активностью почв [1]; 2) при погребении: вторые гумусовые горизонты, погребенные горизонты; 3) стабилизации лигнина в составе смешаннослойных минералов; 4) физическая стабилизация – анализ лигниновых фенолов в гранулометрических фракциях, на поверхности и внутри агрегата; 5) в составе металлорганических комплексов; 6) при конкрециообразовании; 7) в гуминовых кислотах. Установлено, что благодаря химической и физиологической специфичности фенольных соединений растительного происхождения, наряду с их высокой устойчивостью к разложению, лигнины должны быть использованы как молекулярные следы наземного органического вещества при реконструкции условий палеосреды [5].

Исследования выполнены при финансовой поддержке DAAD в Байройтском университете ФРГ, грантов РФФИ № 08-04-00809, 09-04-00747, 11-04-00453

ЛИТЕРАТУРА

1. Ковалев И.В., Ковалева Н.О. Биохимия лигнина в почвах периодического переувлажнения (на примере агросерых почв ополей Русской равнины) // Почвоведение, 2008. № 10. С. 1205-1216.
2. Ковалев И.В., Ковалева Н.О. Лигнин в почвах как молекулярный индикатор палеорастворимости // Электронный журнал «Доклады по экологическому почвоведению», 2013. Вып. 18. № 1. С. 235-262. <http://soilinst.msu.ru>.
3. Ковалев И.В., Ковалева Н.О. Новое в исследовании лигнина (по данным ¹³C ЯМР-спектроскопии в ГК почв разных природных зон) // Роль почв в биосфере. М.: МАКС-Пресс, 2013. С. 67–91 (Тр. Ин-та экологического почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова. Вып. 13).
4. Ковалева Н.О., Ковалев И.В. Биотрансформация лигнина в дневных и погребенных почвах разных экосистем // Почвоведение, 2009. № 11. С. 84-96.
5. Ковалева Н.О., Ковалев И.В. Лигниновые фенолы в почвах как биомаркеры палеорастворимости // Почвоведение, 2015. № 9 (в печати).

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ И ВЛАЖНОСТИ НА МИНЕРАЛИЗАЦИЮ И ГУМИФИКАЦИЮ ЛИСТВЕННОГО ОПАДА В МОДЕЛЬНОМ ИНКУБАЦИОННОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ

А.А. Ларионова, А.Н. Мальцева, В.О. Лопес де Гереню, А.К. Квиткина,
С.С. Быховец

Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,
г. Пущино

Оценка влияния температуры и влажности на гумификацию растительных остатков в лесных экосистемах представляет большой интерес в связи с современными изменениями климата, однако до настоящего времени эта проблема остается недостаточно изученной. В отличие от минерализации, которая сопровождается потерей углерода и элементов минерального питания в ходе разложения растительного опада, гумификация является очень важным экологическим процессом, позволяющим стабилизировать органический углерод в экосистеме.

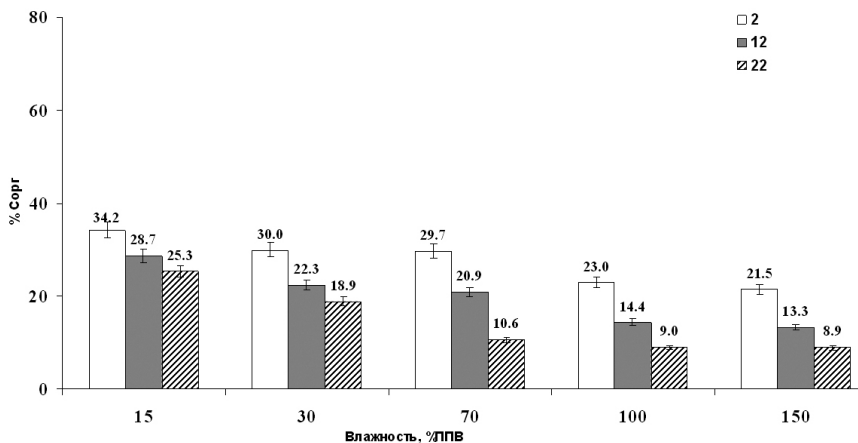
Цель настоящей работы – оценка влияния температуры и влажности на эмиссию CO₂, биохимический состав листового опада и содержание гуминовых веществ (ГВ) в процессе годового разложения.

Листовый опад (C_{орг.} 46.9%; C/N 31.2) отбирали в смешанном лесу Приокско-Террасного заповедника, измельчали на фрагменты диаметром 1 см, смешивали с песком в соотношении

1:20 и инкубировали при температурах 2, 12, 22 °С и влажности 15, 30, 70, 100 и 150% ППВ. В динамике определяли интенсивность выделения CO_2 , а в конце инкубации (390 сут.) – содержание С, N, лигнина, целлюлозы и гемицеллюлозы. Гумификацию оценивали по накоплению ГВ в конце эксперимента [1] и величине предельной минерализации листовного опада, рассчитанной на основании кумулятивных потерь CO_2 [2].

Процесс минерализации листовного опада оказался наиболее чувствительным к изменениям температуры и влажности почвы на начальной стадии разложения (в течение первых 30 сут. инкубации), когда преимущественно происходит деструкция лабильных компонентов. Уменьшение влияния гидротермических свойств на минерализацию в ходе разложения опада может быть связано как с исчерпанием наиболее доступных субстратов, так и с адаптацией микробного сообщества к установившимся значениям температуры и влажности.

Гумификация, рассчитанная по предельной минерализации опада, практически не зависела от температуры, но существенно уменьшалась от 70 до 3% $\text{C}_{\text{орг.}}$ с увеличением влажности от 15 до 150% ППВ. Расчет коэффициентов гумификации (Kg) листовного опада как отношение содержания углерода, экстрагируемого пирофосфатом Na, в конечной пробе к содержанию углерода в исходном образце (см. рисунок) позволил более четко оценить влияние температуры и влажности на этот процесс.



Коэффициенты гумификации, выраженные в % от исходного содержания $\text{C}_{\text{орг.}}$ в листовном опаде по вариантам инкубационного опыта.

Множественная линейная корреляция между K_g , температурой и влажностью опада оказалась достоверной ($P < 0.001$), а уравнение регрессии выглядит следующим образом:

$$K_g = 36.26 - 0.69 \times T - 0.65 \times W,$$

где T и W – температура и влажность соответственно.

В отличие от минерализации, процесс гумификации оказался менее адаптирован к изменению температуры и влажности, поскольку он связан с трансформацией и синтезом довольно сложных органических соединений.

Максимальное значение $C_{гк}/C_{фк}$ – показателя глубины гумификации – наблюдалось в варианте 12°C и 15% ППВ, поэтому оптимальными гидротермическими условиями для гумификации являются средняя температура и минимальная влажность.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Александрова Л.Н.* Органическое вещество почвы и процессы его трансформации. Л.: Наука, 1980. 287 с.
2. *Berg B.* Decomposition patterns for foliar litter: A theory for influencing factors // *Soil Biol. Biochem.*, 2014. Vol. 78. P. 222-232.

ОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ В ПОЧВАХ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРО-ВОСТОКА РОССИИ

Е.Д. Лодыгин, В.А. Безносиков, Д.Н. Габов
Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

Фундаментальными свойствами гумусовых веществ (ГВ) являются нестехиометричность состава, нерегулярность строения, гетерогенность структурных элементов и полидисперсность, которые усложняют систематизацию структурно-функциональных параметров ГВ. Зональные биоклиматические особенности условий северного почвообразования (высокая криогенность и увлажненность почв по сравнению с южными регионами России, кислая реакция среды, низкая степень насыщенности почв основаниями) приводят к существенным изменениям состава и свойств высокомолекулярных гумусовых веществ и спектра низкомолекулярных органических соединений. Их педоморфизм (по И.П. Герасимову) логично рассматривается как гумификация – гумусообразование, т.е. разложение с образованием промежуточных (предгумусовых) веществ, так и собственно гумуса.

Цель работы – изучить структурно-функциональные параметры гумусовых веществ и количественный состав неспецифических органических соединений в почвах таежной зоны.

Объекты исследований: типичные подзолистые, глееподзолистые и торфянисто-подзолистые глееватые почвы, сформированные на покровных суглинках.

В результате проведенных исследований идентифицированы и количественно определены следующие функциональные группы и молекулярные фрагменты: карбоксильные ($-\text{COOH}$); карбонильные ($-\text{C=O}$); CH_3- , CH_2- , CH- алифатические; $-\text{C-OR}$ спиртов, эфиров и углеводов; фенольные (Ar-OH); хинонные (Ar=O); ароматические (Ar-), что свидетельствует о большой сложности строения гумусовых веществ и их полифункциональных свойствах, обуславливающих их активное участие в почвенных процессах. Гуминовые кислоты содержат в своем составе значительное количество ароматических фрагментов (до 44.6%), что обуславливает их высокую термодинамическую устойчивость. В углеродном скелете фульвокислот преобладают алифатические цепочки и структуры типа углеводов, аминокислот (до 77.8%). В гуминовых кислотах почв содержание свободных радикалов в два-пять раз больше, чем в препаратах фульвокислот, обуславливая высокую способность гуминовых кислот к реакциям полимеризации и комплексообразования по радикальному механизму.

Содержание свободных радикалов в препаратах гуминовых кислот уменьшается по профилю как подзолистых, так и болотно-подзолистых почв, что говорит о большей биотермодинамической устойчивости их молекул в минеральных горизонтах по сравнению с гуминовыми кислотами органогенных горизонтов.

В составе неспецифических органических соединений в почвах определены н-алканы, полициклические ароматические соединения (ПАУ). Идентифицирован гомологический ряд н-алканов $-\text{C}_{21}-\text{C}_{33}$. Исследования показали, что в составе органического вещества почв преобладают структуры с числом атомов углерода C_{25} , C_{27} , C_{29} , C_{31} , а отношение «нечетных» н-алканов к «четным» (индекс CPI) превышает 1. Это свидетельствует, что накопление насыщенных углеводородов в органогенных горизонтах почв происходит в основном в результате трансформации органического вещества высшей растительности.

В почвах обнаружены следующие ПАУ: фенантрен, антрацен, флуорантен, пирен, бенз[а]антрацен, хризен, бенз[б]флуорантен, бенз[к]флуорантен, бенз[а]пирен, дибенз[а, h]антрацен, бенз[ghi]перилен, индено[1,2,3-cd]пирен. Показано, что накопление как легких, так и тяжелых полиаренов происходит, главным образом, в процессе почвообразования, механизмы формирования состава ПАУ идентичны для средней и северной тайги. Предложен критерий степени загрязнения почв, основанный на рас-

чете биогеохимических потенциалов трансформации ПАУ, который может быть использован при разработке проектов по охране окружающей среды регионального уровня.

Таким образом, фундаментальное познание органического вещества почв на «молекулярно-фрагментарном» уровне определяет предпосылки для создания теоретических основ науки о сложных по составу, структуре природных органических веществ почв Севера и разработке фрагментов эволюционно-процессной теории гумусообразования. Изучение гидрофобных ароматических структур ГВ позволило оценить экологическую устойчивость почвенного гумуса. Исследования динамичной части гумусовых кислот – неспецифических фракций, является основой для диагностики процессов почвообразования и степени деградации почвенного органического вещества при антропогенных нагрузках. Неспецифические компоненты гумуса, обладающие активными лабильными свойствами, могут отражать биохимическую ситуацию в таежных почвах европейского северо-востока России.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФИ (№ 13-04-00070-а, 14-04-31303-мол_а) и Программы УрО РАН.

ПОТЕРИ ПОЧВЕННОГО УГЛЕРОДА ПРИ ЛЕСОТОРФЯНОМ ПОЖАРЕ (НА ПРИМЕРЕ УЧАСТКА В МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ)

Д.А. Макаров¹, И. Гуммерт², Г.Г. Суворов¹, О.Н. Успенская¹, А.А. Сирин¹

¹ Институт лесоведения РАН, с. Успенское

² Greifswald University, Greifswald, Germany

Торфяные пожары приводят к потере почвенного углерода (С), который поступает, прежде всего в виде CO_2 , в атмосферу, усиливая парниковый эффект. Торфяные пожары имеют широкое распространение [2], и наиболее пожароопасны осушенные неиспользуемые торфяники [1]. Учет потерь почвенного С при торфяных пожарах важен для оценки их экологических последствий и обоснования значения противопожарного обводнения торфяников для смягчения изменения климата. Представленные предварительные результаты определения запаса С в торфяных почвах являются частью работ по оценке потерь почвенного С при лесоторфяных пожарах.

Исследования проводятся на примере участка, пройденного лесоторфяным пожаром в экстремальный для центра европейской территории России 2010 г., расположенного в Шатурском

районе Московской области (N 55°37'38.75", E 39°34'32.50"). Площадь гари ~6 га; средняя глубина прогорания торфяных почв, определенная по положению корневой шейки сохранившихся пней деревьев, – 16 см [3]. Запас почвенного С определялся на участках, расположенных в нескольких десятках метров от внешней границы гари и могущих характеризовать сгоревшие при пожаре лесные биогеоценозы. В целом, участок (продольный и незатронутый пожаром) был частично осушен предположительно в первой половине XX столетия. Определение запаса С было привязано к пробным площадям (п/п) 5×5 м, характеризующих участки с разным древостоем: на п/п Р1 преобладает береза высотой до 20 м и сосна до 22 м; на п/п Р2 – береза и сосна – до 27 м; на п/п Р5 – только ольха черная высотой до 20 м; на п/п Р6, непосредственно примыкающей к границе гари, – береза и осина высотой до 25 м.

Пробы отбирались с помощью металлической конструкции из нержавеющей стали П-образной формы шириной 11 и глубиной 20 см, которая заточенными краями врезалась в боковую стенку почвенного разреза. Извлеченный монолит торфа делился на равные слои толщиной 5 см, для которых вычислялась объемная масса. Параллельно отбирались образцы для определения ботанического состава и степени разложения торфа. Содержание С в послойных образцах определялось по двум навескам сухого измельченного торфа массой 2-3 г. Ботанический состав и степень разложения (**R**) торфа определяли микроскопическим методом центрифугирования; объемную массу – после высушивания при 105 °С; зольность – прокаливанием при температуре озоления 800 °С; содержание С – на элементном анализаторе vario

№ п/п	Глубина, см	Вид торфа	R, %	Зольность, %	Объемная масса, г/см³	Содержание С, г/см³	Запас С в слое, кг/м²
Р1	0-5	Древесный	–	21.8	0.17	0.085	4.26
	5-10	Древесный	35	18.0	0.20	0.104	5.22
	10-15	Древесный	30	10.4	0.19	0.106	5.30
Р2	0-5	Древесно-сфагновый	40-45	27.0	0.17	0.076	3.82
	5-10	Древесно-сфагновый	40	17.7	0.17	0.077	3.87
	10-15	Древесно-сфагновый	35-40	14.0	0.19	0.100	5.02
Р5	0-5	Древесный	45	18.5	0.14	0.068	3.42
	5-10	Сфагновый	40	16.7	0.12	0.057	2.85
	10-15	Магелланикум	25	3.88	0.16	0.077	3.84
Р6	0-5	–	40-45	27.5	0.27	0.093	4.63
	5-10	Сосновый	40	5.36	0.20	0.112	5.58
	10-15	Сосново-пушицевый	35	3.10	0.13	0.072	3.59

MICRO cube (Elementar, Германия), сгорание образца при температуре 1140 °С, разделение газов с помощью метода программируемой ступенчатой десорбции – TPD (Temperature Programmed Desorption), трехкратная повторность.

Согласно полученным данным, запас С в верхнем 15-сантиметровом слое преимущественно верховой торфяной почвы, уплотненной в результате усадки после воздействия частичного осушения, составил для рассмотренных п/п 14.78, 12.71, 10.11, 13.8 кг/м². Принимая минимальное значение в 10 кг/м² и полученную ранее [3] среднюю глубину прогорания торфа для рассматриваемой гари в 16 см, можно получить предварительную оценку потери запасов почвенного С при пожаре, которая составит более 100 т/га.

Работа выполнена при финансовой поддержке Проекта № 11 III 040 RUS К Восстановление торфяных болот.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Сирин А., Минаева Т., Возбранная А., Барталев С.* Как избежать торфяных пожаров? // Наука в России, 2011. № 2. С. 13-21.
2. *Minayeva T., Sirin A., Stracher G.B.* The Peat Fires of Russia // Coal and peat fires: a global perspective. Vol. 2: Photographs and multimedia tours / Ed. by G.B. Stracher, A. Prakash, E.V. Sokol. Amsterdam-Waltham: Elsevier, 2013. P. 375-394.
3. *Макаров Д.А., Гуммерт И., Гопиус Ю.А., Сирин А.А.* Оценка потери торфа при лесоторфяном пожаре по положению корневой шейки пней деревьев // Материалы IV Международного полевого симпозиума (Новосибирск, 4-17 августа 2014 г.) / Под ред. А.А. Титляновой. Томск, 2014. С. 339-341.

ЛЕСНАЯ ПОДСТИЛКА И ПРОЦЕССЫ В МИНЕРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ПРОФИЛЯ – ФАКТЫ И ГИПОЗЕЗЫ

Е.Ю. Милановский

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва

Микробиологическая и химическая трансформация материала лесной подстилки приводит к образованию водорастворимых органических веществ (ВОВ) – короткоцепочечных алифатических карбоновых кислот, углеводов, аминокислот, растворимых продуктов разложения лигнина и целлюлоз. Представляя малую часть почвенного органического вещества, ВОВ является основным компонентом жидкой фазы почв, активно участвующим в химических и биологических процессах в почве.

Безусловна роль лесной подстилки как источника ВОВ, которые поступают в верхние минеральные горизонты профиля, образуют ненасыщенные металлорганические комплексы, мигрирующие с гравитационной влагой в нижележащие горизонты, где осаждаются в насыщенном металлами состоянии [2-4 и др.]. Отдавая приоритетную роль ВОВ в генезисе таежных почв, функциональная специфичность ВОВ почв лесостепной зоны в процессах трансформации их твердой фазы далеко не раскрыта.

Полевые (Оренбургская, Воронежская, Курская области) и лабораторные исследования показали, что по сравнению с черноземом пашни гумусово-аккумулятивный горизонт чернозема, прилегающего к пашне, мертвопокровного дубового леса (леса-полосы) содержит на 2-5% больше углерода и характеризуется прекрасной водоустойчивой агрегатной структурой, обеспечивающей высокую фильтрационную способность. Более 60 лет назад в работе [1] отмечено, что в Каменной Степи содержание гумуса и качество структуры чернозема под 50-летними мертвопокровными лесными полосами дуба не уступает чернозему многолетней некосимой залежи и существенно превышает варианты с травяно-польной системой. Причину автор связывает с водорастворимыми гуминовыми кислотами: «...вымываясь из подстилки в почву, они пропитывают структурные отдельные и, переходя из золя в гель, способствуют прочности агрегатов».

В полевом лизиметрическом эксперименте обнаружена миграция мелкозема при отсутствии подстилки на поверхности почвы лизиметра (2-6 мг/л с постилкой, 600-800 мг/л – без). В нативной форме мелкозем представлен микроагрегатами с преимущественными диаметрами 4,6, 11,0 и 27,4 мкм, которые распадаются после диспергации на элементарные почвенные частицы (ЭПЧ) диаметром 0,5 и 1,2 мкм.

Констатируется накопление гумуса и восстановление водоустойчивой агрегатной структуры в черноземах под мертвопокровными лесными насаждениями; интенсивный вынос мелкозема из почвы лизиметра при отсутствии на ней подстилки.

Объяснить наблюдаемое позволяет гипотеза о приоритетной роли компонентов ВОВ подстилки в процессах трансформации минеральной массы черноземов. ВОВ обладают наибольшей потенциальной способностью попасть на поверхность твердой фазы почв (включая микро- и нанопоры, недоступные биоте) и модифицировать ее. Гидрофильные компоненты ВОВ наиболее подвержены химической и микробиологической минерализации. Они обладают пониженной (по сравнению с гидрофобными ВОВ) сорбционной способностью. Микробиологически и химически

устойчивые гидрофобные компоненты ВОВ сорбируются твердой фазой. Итогом сорбции ВОВ на поверхности минеральных ЭПЧ стало их новое качество – способность вступать в межчастичные взаимодействия, являющиеся основой формирования устойчивой агрегатной структуры.

Процесс лессиважа при отсутствии подстилки на поверхности почвы лизиметров и его прекращение при наличии подстилки ставит вопросы, требующие ответа. В какой форме происходит миграция – в виде ЭПЧ или микроагрегатов? Что обуславливает и какой механизм (физический и/или микробиологический) обеспечивает стабилизацию мелкозема при наличии подстилки. Выражен ли данный процесс в пахотных почвах, и если да, где в профиле происходит иллювиальная аккумуляция мелкозема?

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 14-04-01683-а.

ЛИТЕРАТУРА

1. Байко А.С. Воздействие лесных полос на почву в Каменной Степи // Вопросы травопольной системы земледелия. М.: Наука, 1953. Т. 2. С. 423-437.
2. Пономарева В.В. Теория подзолообразовательного процесса. Биохимические аспекты. М.-Л.: Наука, 1964. 379 с.
3. Lundstrom U.S., Breemen N.V., Bain D. The podzolization process. A review // Geoderma, 2000. Vol. 4 (2-4). P. 91-107.
4. Buurman P., Jongmans A.G. Podzolisation and soil organic matter dynamics // Geoderma, 2005. Vol. 125. P. 71-83.

ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО ПОЧВ ТРЕЛЕВОЧНЫХ ВОЛОКОВ И ЛЕСОПОГРУЗОЧНОЙ ПЛОЩАДКИ

Н.А. Низовцев^{1, 2}, А.А. Дымов²

¹ Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина,
г. Сыктывкар

² Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар.

В бореальных лесах сосредоточены существенные запасы органического углерода, значительная часть которого аккумулируется в почвах. Важнейшим антропогенным фактором, оказывающим влияние на таежные экосистемы, являются лесозаготовительные мероприятия. При рубках лесных насаждений на лесосеках формируются несколько типов технологических участков, которые различаются по степени воздействия на окружающую среду. Наименее нарушены «пасечные» участки, не испытыва-

ющие прямого механического воздействия лесозаготовительной техники и занимающие от 50 до 70% площади лесосек. Основное влияние тяжелой агрегатной техники происходит на лесопогрузочных площадках и трелевочных волоках, совместно занимающих от 15 до 30% общей площади лесосек [4]. При этом изменение органического вещества почв, подвергающихся существенно му механическому воздействию, практически не изучено.

В связи с этим цель данной работы – изучение особенностей органического вещества почв, механически трансформируемых при лесозаготовительных работах.

Изучены почвы трелевочных волоков (8 и 35 лет) и лесопогрузочной площадки (8 лет), расположенных в подзоне средней тайги (Усть-Куломский, Прилузский районы Республики Коми). Оценку амфифильных свойств гумусовых веществ проводили с использованием метода жидкостной хроматографии гидрофобно-го взаимодействия [3].

Верхние генетические горизонты исследуемых почв полностью трансформированы по сравнению с почвами условно-фоновых участков [1]. Они представлены турбированными горизонтами смесью минеральных горизонтов, подстилок и порубочных остатков. Особенностью исследуемых почв является наличие на глубине от 20 до 40 см горизонта погребенной органики. В почвах восьмилетних трелевочного волока и лесопогрузочной площадки в составе погребенных органических горизонтов диагностируются порубочные остатки, компоненты растительного опада, подстилок. В почве волока 35-летнего возраста органическое вещество погребенных горизонтов более разложено, компоненты растительного опада практически полностью утратили анатомическое строение. Почвы восьмилетних технологических элементов лесосек практически лишены напочвенного покрова. На поверхности 35-летнего волока формируется маломощная подстилка мощностью 1-2 см. Верхние минеральные горизонты исследуемых почв уплотнены, в значительной степени изменены характеристики латеральных потоков почвенно-грунтовых вод, четко диагностируются процессы оглеения. Турбации верхних горизонтов, удаление растений напочвенного покрова с привносом порубочных остатков, способствуют уменьшению кислотности, возрастанию содержания биофильных элементов в верхних горизонтах почв.

Органическое вещество почв технологических участков существенно отличается от почв «пасечных» участков [2]. В связи с дополнительным поступлением древесных компонентов и их ускоренной минерализацией происходит возрастание содержа-

ния гидрофильных органических соединений в верхних горизонтах исследуемых почв. Гидрофильные органические соединения способствуют возрастанию соединений, связанных с железом и алюминием. Переувлажнение, характерное для трелевочных волоков, способствует возрастанию доли гидрофильных органических соединений. В составе органического вещества восьмилетних погребенных горизонтов преобладают гидрофильные органические соединения. В погребенном горизонте 35-летнего волока высокое содержание гидрофильных соединений сохраняется, но при этом возрастает содержание органических соединений, связанных с железом и алюминием.

Таким образом, выявлено, что на трелевочных волоках и лесопогрузочных площадках органическое вещество характеризуется доминированием гидрофильных, способных к миграции в водных растворах органических соединений. Погребенные органические горизонты сохраняются более трех десятков лет, характеризуются высоким содержанием гидрофильных органических соединений и определяют специфику почв трелевочных волоков и лесопогрузочных площадок.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РФФИ (13-04-00570-а) и гранта Президента РФ МК-2905.2015.4.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дымов А.А. Изменение почв в процессе естественного лесовосстановления (на примере подзолов средней тайги, сформированных на двучленных отложениях): Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Сыктывкар, 2007. 20 с.
2. 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.
3. Милановский Е.Ю. Гумусовые вещества почв как природные гидрофильно-гидрофобные соединения. М.: ГЕОС, 2009. 186 с.
4. Паутов Ю.А., Ильчуков С.В. Пространственная структура производных насаждений на сплошных концентрированных вырубках в Республике Коми // Лесоведение, 2001. № 2. С. 27-32.

ВОДОРАСТВОРИМОЕ ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО В ПОЧВАХ ПОСТПИРОГЕННЫХ СОСНЯКОВ ЛИШАЙНИКОВЫХ И БРУСНИЧНО-ЗЕЛЕНОМОШНЫХ

В.В. Старцев¹, Н.А. Низовцев^{1,2}, О.М. Зуева¹, А.А. Дымов¹

¹ Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

² Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина,
г. Сыктывкар

Водорастворимое органическое вещество (ВОВ) почв играет важную роль в функционировании лесных экосистем и оказывает существенное влияние на формирование лесных почв [2]. Одним из ведущих факторов изменения лесных экосистем являются пожары. Они оказывают существенное воздействие на морфологические, физико-химические свойства почв, перераспределение запасов углерода между минеральными и органогенными горизонтами. Но при этом изменение содержания ВОВ в лесных почвах европейского севера России при воздействии пожаров к настоящему времени практически не изучено.

В связи с этим цель работы – изучение содержания углерода ВОВ в постпирогенных иллювиально-железистых подзолах.

Исследования проводили на участках, расположенных в средней тайге Республики Коми. В качестве условно-фоновых участков были исследованы подзолы иллювиально-железистые, формирующиеся в сосняках бруснично-зеленомошном и лишайниковом. Условно-фоновые участки не горели в предыдущие несколько десятилетий. Для оценки пирогенного воздействия изучены почвы сосняков лишайниковых, пройденных низовыми пожарами 2, 10 и 16 лет назад, и два участка сосняков бруснично-зеленомошных, пройденных огнем за 50 дней до отбора образцов. Морфологические и физико-химические свойства исследуемых участков описаны нами ранее [1, 3]. Экстракцию ВОВ проводили водой для лабораторного анализа, полученного на установке PURELAB (ELGA, Англия), фильтрование – на Millipore с использованием кварцевых фильтров (MN GF5, Германия). Общий (ТС) и неорганический углерод (IC) определяли на анализаторе TOC-VCPN (Япония, Shimadzu) с модулем TNM-1, общий органический углерод (ТОС) рассчитывали по разнице ТС и IC. Полученные результаты пересчитывали на навеску почв.

Влияние пожара на морфологические свойства почвы связано, в основном, с выгоранием подстилки и крупных древесных остатков, располагающихся на поверхности почвы. Морфологические изменения почв прослеживаются до глубины 20-

30 см [1]. В сосняках лишайниковых подстилки выгорели полностью, бруснично-зеленомошных – до ферментативного подгоризонта подстилки.

При анализе содержания углерода ВОВ выявлено, что максимальные содержания ТС, ТОС характерны для подгоризонтов подстилок. В подстилке сосняка бруснично-зеленомошного содержание ТС составляет 7.6-15.1, в сосняке лишайниковом – от 5.4-9.2 мг/г почвы. Более 99% представлено органическими соединениями. В пирогенных горизонтах почв сосняков лишайниковых выявлено существенное уменьшение содержания углерода ВОВ в подстилке двухлетней гари – до 2.4 мг/г. При постепенном восстановлении подстилок наблюдается возрастание содержания ТС в верхних подгоризонтах подстилок. Концентрации углерода ВОВ подстилок пирогенных сосняков лишайниковых, 10 и 16 лет назад испытывших пирогенное воздействие, составляет 5.6-6.0 мг/г почвы. Выявлено, что в пирогенных подгоризонтах сосняков лишайниковых содержание всех форм углерода ВОВ существенно ниже по сравнению с нижним подгоризонтом подстилки условно-фонового участка. Существенных различий содержания углерода ВОВ в минеральных горизонтах постпирогенных почв и почвы условно-фонового участка не выявлено. В подстилках сосняков бруснично-зеленомошных, пройденных пожарами за 50 дней до отбора образцов, наблюдается снижение концентрации углерода ВОВ в органогенных горизонтах до 2.7-6.0 мг/г. В минеральных горизонтах почв выявлено возрастание содержания ВОВ.

Таким образом, проведенные исследования позволили выявить, что низовые пожары в сосняках приводят к существенному уменьшению содержания углерода ВОВ в лесных подстилках. При этом в первый год после пожара происходит возрастание концентрации углерода ВОВ в минеральных горизонтах почв.

Работа выполнена в ходе выполнения проекта РФФИ (№ 13-04-00570а) и гранта Президента РФ для молодых кандидатов наук (МК-2905.2015.4).

ЛИТЕРАТУРА

1. Дымов А.А., Габов Д.Н., Дубровский Ю.А. Пирогенные изменения подзолов иллювиально-железистых (средняя тайга, Республика Коми) // Почвоведение, 2014. № 2. С. 144-154.
2. Прокушкин С.Г., Богданов В.В., Прокушкин А.С., Токарева И.В. Послепожарное восстановление органического вещества в напочвенном покрове лишайничников криолитозоны центральной Эвенкии // Известия РАН. Сер. биол., 2011. № 2. С. 227-234.

3. *Dymov A.A., Gabov D.N.* Pyrogenic alterations of Podzols at the North-East European part of Russia: morphology, carbon pools, PAH content // *Geoderma*, 2015. Vol. 241-242. P. 230-237.

ПОТЕРИ УГЛЕРОДА ОСУШЕННЫМ ЛЕСОБОЛОТНЫМ БИОГЕОЦЕНОЗОМ ПРИ ДОБЫЧЕ ТОРФА И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ В МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Г.Г. Суворов¹, М.В. Чистотин^{1,2}, А.А. Сири¹

¹ Институт лесоведения РАН, Московская обл., Одинцовский р-н, с. Успенское

² ВНИИ агрохимии, г. Москва

Осушение лесоболотных биогеоценозов и их дальнейшее хозяйственное использование оказывают сильное влияние на запас сосредоточенного в них углерода, большая часть которого может переходить в атмосферу в виде CO_2 . В наибольшей степени отрицательно изменяет углеродный баланс добыча торфа и сельскохозяйственное использование частично выработанных торфяников [3]. Основные потери углерода (С) при этих антропогенных воздействиях связаны с 1) удалением растительности при осушении и подготовке площадей для добычи торфа; 2) собственно добычей торфа; 3) сокращением фиксации С при фотосинтезе и усилением минерализации сохранившейся торфяной залежи.

Сделана попытка оценить указанные потери С на примере относительно характерного для центра ЕТР и Московской области частично осушенного Дубненского болотного массива (56°42' с.ш., 37°50' в.д.). Наблюдения проводились на: 1) осушенном участке, оставленном без рекультивации после добычи торфа (растительность в точке наблюдений практически отсутствует); 2) частично выработанном осушенном участке, рекультивированном под посев многолетних трав и примерно 20 лет использовавшемся как сенокосные угодья; 3) участке неосушенного болота (контроль) [2]. Расстояние между точками наблюдений, размещенными на этих участках, составляет 150-300 м. Стратиграфия торфяной залежи и другие данные свидетельствуют, что до антропогенных воздействий изучаемая территория была занята одним лесоболотным биогеоценозом; в настоящее время он сохранился на контрольном участке. Принято допущение о возможности использования данных по запасам углерода фитомассы и торфа контрольного участка для оценки их потерь на антропогенно измененных участках.

По данным ^{14}C -датирования торфа, долговременная кажущаяся скорость накопления углерода (long-term apparent rate of

carbon accumulation – LORCA) для рассматриваемой части болотного массива составляла $0.14-0.17 \text{ т С га}^{-1}\text{год}^{-1}$, что близко к имеющимся оценкам для болот лесной зоны ЕТР [1]. Речь идет о средней скорости накопления С, которая могла существенно варьировать в течение существования болота. Запасы С в фитомассе контрольного участка были определены отдельно для древесного, травяно-кустарничкового и мохового (включая очес) ярусов и составили $\sim 20 \text{ т С га}^{-1}$. Для биогеоценозов с более развитым древесным ярусом, на которые приходится большая доля болот, осушенных для добычи торфа и сельскохозяйственного использования, эти потери могут быть выше. Потери С при торфодобыче для участка торфоразработки и сенокоса составили 640 и 350 т С га^{-1} . При продолжительности добычи 26 и 11 лет, средние ежегодные потери С для этих участков составляли 25 и 32 т С га^{-1} соответственно. Учитывая нормативы торфодобычи, потери С на этой стадии для других торфяников могут быть на порядок больше.

По данным круглогодичных измерений статическим камерным методом в период с 2005 по 2014 г., годовая эмиссия CO_2 на участке торфодобычи варьировала от 1.6 до 4.7 $\text{т С га}^{-1}\text{год}^{-1}$. Следовательно, потери С от минерализации здесь составляют около 3 $\text{т С га}^{-1}\text{год}^{-1}$, что на порядок превышает скорость накопления торфа, отмеченную выше. В результате минерализации за 10 лет здесь теряется количество С, изымаемое за один средний год добычи торфа. Из-за технической сложности отдельного измерения автотрофного и гетеротрофного дыхания почвы на сенокосе здесь можно указать лишь верхний предел оценки потерь С за счет гетеротрофного дыхания, который для 2008 г. составил $80 \text{ г С м}^{-2}\text{год}^{-1}$, что примерно равно 1 $\text{Тс га}^{-1}\text{год}^{-1}$. В сравнении с участком добычи торфа, сенокос имеет меньшие потери С от минерализации торфяной залежи.

Осушенные торфяники, выведенные из хозяйственного оборота, вне зависимости от их состояния, продолжают терять запасы С, накопленные ранее в торфе. Залужение снижает эти потери. При отсутствии хозяйственного интереса они должны быть обводнены для снижения потерь углерода, эмиссии парниковых газов и пожарной опасности этих объектов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Проекта № 11 III 040 RUS K Восстановление торфяных болот.

ЛИТЕРАТУРА

1. Минаева Т.Ю. и др. Накопление углерода в почвах лесных и болотных экосистем южного Валдая в голоцене // Известия РАН. Сер. биол., 2008. № 5. С. 607-616.

2. Чистотин М.В., Сири́н А.А., Дулов Л.Е. Сезонная динамика эмиссии углекислого газа и метана при осушении болота в Московской области для добычи торфа и сельскохозяйственного использования // *Агрохимия*, 2006. № 6. С. 54-62.

3. Assessment on Peatlands, Biodiversity and Climate Change. Main Report // Eds. F. Parish, A. Sirin, D. Charman et al. / Global Environment Centre, Kuala Lumpur and Wetlands International, Wageningen, 2008. 179 p. <http://www.gec.org.my/index.cfm?&menuid=48&parentid=63>.

ВОЗМОЖНЫЕ СРОКИ РАЗЛОЖЕНИЯ ДРЕВЕСНОГО ОТПАДА В ТЕМНОХВОЙНЫХ ЛЕСАХ ПЕЧОРО-ИЛЫЧСКОГО ЗАПОВЕДНИКА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ РАДИОУГЛЕРОДНОГО ДАТИРОВАНИЯ ДРЕВЕСИНЫ

В.С. Хусаинова (Кожина)¹, А.А. Семиколенных^{1,2}, Э.П. Зазовская³

¹ Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва

² Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН, г. Москва

³ Институт географии РАН, г. Москва

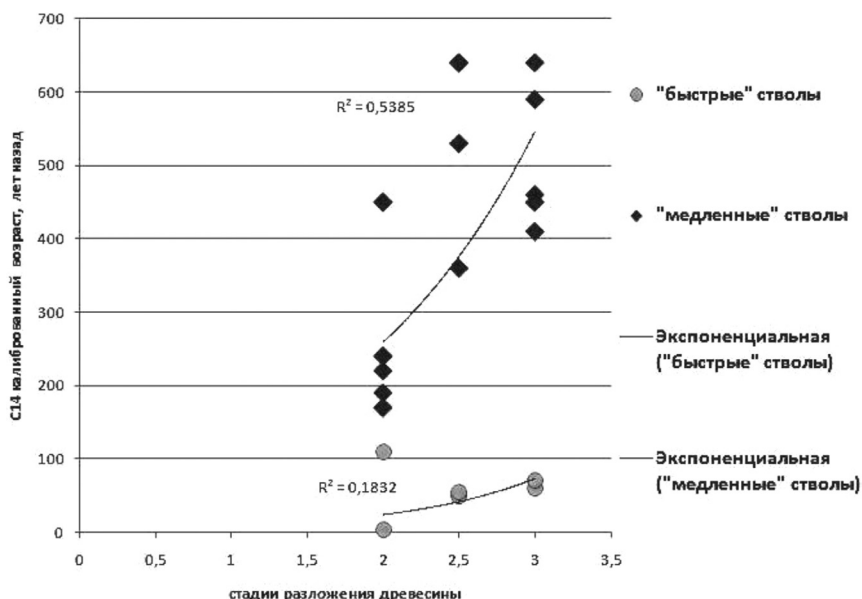
Среди пулов органического углерода для лесов средней и северной тайги большую значимость имеет вклад углерода крупных древесных остатков. Сроки древесины, полученные методом математического моделирования, составляют от 70 до 250 лет [1], методом косвенных признаков – от 25-30 лет [4], до 50-60 [3], 100 [2] и методом радиоуглеродного датирования – от 110±40 до 680±100 лет [2].

Образцы для исследования отбирались в предгорной части Печоро-Илычского заповедника в нижнем течении р. Большая Порожня – правого притока р. Печора. Бралась наиболее плотная и сохранившаяся древесина из внешнего слоя ствола (соответствующая последним годам жизни дерева) различных стадий в нескольких типах леса. Степень разложения оценивалась визуально по шкале [4].

Подготовка образцов к радиоуглеродному датированию проводилась традиционно принятым для древесины методом – так называемым АВА-метод [5]. Он включает последовательную обработку кислотой и щелочью, в том числе и при кипячении. Счет активности C^{14} производился на альфа-бета спектрометре-радиометре Quantulus 1220 (лаборатория Института географии РАН).

Проведенное радиоуглеродное датирование древесины показало на выборке из 19 образцов, что сроки разложения крупных древесных остатков выраженно разделяются на две выборки (кластера): имеющих малые и современные возрасты («быстрые стволы») и возрасты в несколько сотен лет («медленные стволы»).

лы»). Из 19 образцов шесть имеют современные и близкие к ним возрасты, для остальных получены даты, значительно превышающие существующие оценки и составляющие до 650 лет для ели и до 400 лет – пихты. Наличие таких возрастных кластеров может объясняться тем, что в природе значительная часть стволов, переходящих из древостоя в древесный отпад, не сразу попадает на поверхность почвы (сухостой, зависание на соседних деревьях и неоднородностях микрорельефа). Для образцов второй стадии радиоуглеродный возраст составил от 100 до 450 лет, для третьей – от 400 до 650. Для ели сроки разложения выше, чем для пихты. Сопоставление полученных возрастов для двух типов леса – пихто-ельника крупнопоротникового и высокотравного – также выявило различия. Более благоприятные условия для биологических процессов на высокотравном участке (лучшие условия увлажнения и более короткий период промерзания за счет положения участка в середине склона, высокое биоразнообразие) способствуют сокращению сроков минерализации стволов примерно на 25-30%.



С¹⁴-возрасты древесины, различных стадий разложения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Карелин Д.В., Уткин А.И. Скорость разложения крупных древесных остатков в лесных экосистемах // Лесоведение, 2006. № 2. С. 26-33.
2. Сковороца Е.Б., Уланова Н.Г., Басевич В.Ф. Экологическая роль ветровалов. М.: Лесн. пром-ть, 1983. 192 с.
3. Стороженко В.Г. Древесный отпад в коренных лесах Русской равнины. М., 2011. 122 с.
4. Широков А.И., Спиринов В.А., Шестакова А.А., Походяева М.Е. Особенности гумификации валежа и динамика напочвенного покрова в пихтово-ельниках липовых нижегородского Заволжья // Вестник Нижегородского университета, 2001. № 1. С. 18-24.
5. Ramsey B.C. Radiocarbon dating: revolutions in understanding // Archaeometry, 2008. Vol. 2. № 50. P. 249-275.

МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА СТОКА РАСТВОРЕННОГО ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА С ПОЧВ ВОДОСБОРА БЕЛОГО МОРЯ (ПО ДАННЫМ ЛИЗИМЕТРИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ)

Т.А. Черепанова, Т.Т. Горбачева

Институт проблем промышленной экологии Севера Кольского НЦ РАН,
г. Апатиты

В Мировом океане выделяются три формы существования органического вещества (ОВ) – живое, взвешенное и растворенное – в примерном соотношении 1:13:250, основной формой является растворенная (РОВ) ($<0.45\text{ мкм}$) [1]. Автором упомянутой работы проведен расширенный анализ данных о массовых потоках ОВ в самых разных частях гидросферы, состав которой он обоснованно дополняет почвенными водами. Им же констатируется факт весьма слабой изученности массовых потоков ОВ, в частности, относительно терригенной составляющей стока РОВ, а именно – эта фракция признается наиболее устойчивой к биодеградации в морских водах.

Цель данной работы – изучение многолетней динамики стока РОВ с почвенными водами с территории водосбора Белого моря в природных условиях и ее изменения в процессе техногенной (деградационной) сукцессии почв.

Известно, что основной поток терригенного материала в морские экосистемы идет за счет речного стока. Реки водосбора Белого моря имеют преимущественно снеговое питание. В период снеготаяния почвы региона находятся в промерзшем состоянии, и их основной слой на протяжении практически всего этого пе-

риода остается водонепроницаемым [2]. Отсюда наиболее актуальным вопросом является сток с самого верхнего (подстилочного) слоя почв. Результаты данного исследования получены нами на 11 мониторинговых площадках сети ИППЭС, попадающих на территорию водосбора Белого моря, в течение длительного периода ежегодных наблюдений (1999-2012 гг). Мониторинговая сеть приурочена к территориям, занятым сосновыми и еловыми лесами разного уровня их техногенной сукцессии (типы состояния лесов: условно-фоновые, дефолирующие, техногенное редколесье, техногенная пустошь). Приемниками почвенных вод являлись гравитационные лизиметры конструкции Д. Дерома [3]. Они установлены на мониторинговых площадках стационарно. Принцип их устройства рассчитан на отбор преимущественно свободной почвенной влаги, а значит, позволяет судить о динамике миграционноспособного ОВ, в том числе попадающего в речной сток.

По схеме мониторинговых исследований отбор проб проводится ежемесячно в течение вегетационного периода. Нами использованы результаты анализа проб, отобранных после периода снеготаяния (начало июня). Динамика органического вещества приравнивалась к динамике общего углерода, поскольку при высоком уровне кислотности ($\text{pH} < 5$), характерном для почвенных вод исследуемого региона, содержание минеральных форм углерода (карбонатов, гидрокарбонатов) незначимо. Общий углерод в почвенных водах определялся бихроматным методом после отделения взвешенных частиц на бумажном фильтре «синяя лента» (диаметр пор 1.5-2 мкм). Массовый поток органического вещества в период снеготаяния (кг/га) рассчитывался, исходя из концентрации $C_{\text{общ}}$ (мг/л) в подстилочных водах, объема лизиметрических вод (мл) и площади воронки-приемника лизиметрической установки (м^2).

Четыре мониторинговые площадки, принимаемые нами за условно-фоновые, расположены практически на одной широте с побережьем Белого моря со стороны Кольского п-ова. Массовый поток $C_{\text{общ}}$ в период снеготаяния на фоновых территориях слабо варьировал по годам и составлял в среднем 18 ± 8 кг/га ($n=42$). В дефолирующих лесах межгодовая изменчивость была выше фоновой – на стадии интенсивной дефолиации 40 ± 22 кг/га ($n=24$), а при переходе в стадию затухающей дефолиации снижалась до уровня 14 ± 6 кг/га ($n=52$) кг/га. Уменьшение массы растительного опада и интенсивная потеря растворенного органического вещества в периоды интенсивного индустриального развития в 1980-1990-х гг. на территории Кольского п-ова спо-

собствовало резкому снижению массовых потоков органического вещества с территорий водосбора, занятых техногенными редколесьями – до 4.3 ± 2.8 кг/га ($n=82$).

Следует отметить, что за исследованный период не отмечается статистически значимых трендов к снижению или повышению массового потока ОБ с территорий водосбора ни по одной площадке. Это можно признать позитивной тенденцией стабилизации состояния техногенно трансформированных экосистем. Однако высокая межгодовая вариабельность стока РОВ при относительной стабильности среднего стока по каждой отдельной площадке указывает на заторможенность восстановительной сукцессии нарушенных территорий водосбора Белого моря даже в условиях выраженного снижения техногенной нагрузки с конца 1990-х гг.

ЛИТЕРАТУРА

1. Романкевич Е.А., Ветров А.А. Массы углерода в гидросфере Земли // Геохимия, 2013. № 6. С. 483.
2. Система Белого моря / Отв. ред. А.П. Лисицын. М.: Научный мир, 2010. Т. 1. 478 с.
3. Derome J., Niska K., Lindroos A.-J., Välikangas P. Ion-balance monitoring plots and bulk deposition in Lapland during July 1989 – June 1990 // The Finnish Forest Research Institute, Research Papers, 1991. Vol. 373. P. 49-76.

ВОДОРАСТВОРИМЫЕ КИСЛОТЫ, СПИРТЫ И САХАРА В РАЗЛИЧНЫХ ВИДАХ ЛИШАЙНИКОВ И МХОВ

Е.В. Шамрикова¹, А.Г. Заварзина², О.С. Кубик¹, В.В. Пунегов¹

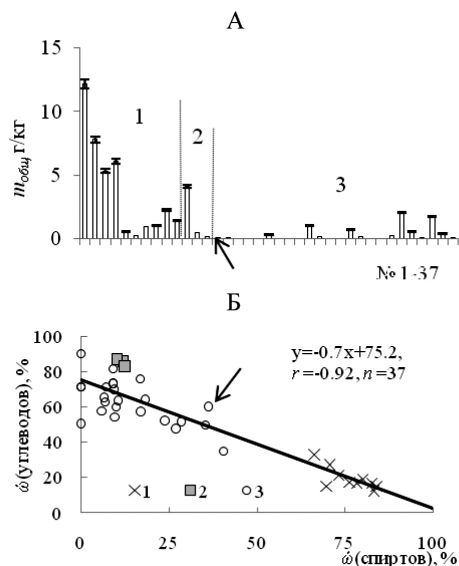
¹ Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

² Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва

Лишайники и мхи являются сукцессионными предшественниками сосудистых растений и играют важную роль в первичном почвообразовании. Известна роль лишайников в трансформации минерального субстрата, образовании мелкозема и вторичных минералов, а процессы гумусообразования в мохово-лишайниковых сообществах практически не изучены. Представляет интерес химический состав лишайников и мхов как гумусообразователей. Нами изучено содержание кислот, спиртов и сахаров – потенциальных неспецифических соединений гумуса – в водных вытяжках из ряда мхов и лишайников, а также в подстилке развитой под ними почвы.

Объектами исследования служили лишайники двух систематических групп, относящиеся к порядкам *Peltigerales* (*Peltigera canina*, *Solorina crocea*, *Nephroma arcticum*) и *Lecanorales* (*Cladonia arbuscula*, *C. stellaris*, *C. rangiferina*, *Cetraria islandica*, *Flavocetraria nivalis*), а также мхи *Pleurozium schreberi*, *Racomitrium lanuginosum* и *Racomitrium canescens*, отобранные на территории Хибинского горного массива (Кольский п-ов). Также была изучена подстилка почвы, развитая под сообществами мха *Racomitrium lanuginosum* и лишайника *F. nivalis*. Для сравнения взяты органо-генные горизонты почв Республики Коми ($n = 23$), состоящие из остатков сосудистых растений, мхов и лишайников [1, 2].

Методом ГХ/МС установили, что содержание спиртов, углеводов и кислот ($m_{\text{общ}}$, см. рисунок, А) в изученных видах лишайников составляет 0.3-12.3, мхах – 0.2-4.1 г/кг(‰). Наименьшим значением $m_{\text{общ}}$ характеризуются представители рода *Cladonia* (0.3-0.5), несколько выше – *Cetraria* (1.4-2.3), далее – *Peltigera* (5.3-6.1) и *Nephroma*, *Solorina* (7.8, 12.3 г/кг соответственно). Среди мхов близкие значения отмечены у видов *R. lanuginosum* и *R. canescens* (0.2 и 0.5), существенно выше – у *Pleurozium schreberi* (4.1 г/кг). Почвы в большинстве случаев характеризуются более низкими значениями $m_{\text{общ}} = 0.01-2.71$ г/кг, включая почву, развитую под сообществами мхов и лишайников (0.1 г/кг).



Общее содержание идентифицированных соединений (А); взаимосвязь относительных количеств спиртов и углеводов (Б) в лишайниках (1), мхах (2), органо-генных горизонтах почв (3). Стрелками отмечена подстилка почвы Хибин.

Для выборки, включающей все объекты, установлена высокая корреляция между относительными содержаниями спиртов и сахаров (см. рисунок, Б). В водных экстрактах лишайников преобладают спирты – 70-90% от идентифицированных водорастворимых соединений, сахара составляют 10-20%. Во мхах, напротив, доминируют сахара – 80-90%, доля спиртов менее 10%. В подстилке

почвы Хибин спирты и сахара составляют 36 и 60%. Общим для перечисленных объектов является низкая доля кислот (в среднем около 5%), тогда как в почвенных образцах она достигает 40% за счет более широких пределов колебаний относительных содержаний сахаров и спиртов (40-90 и 0-50% соответственно) [1, 2]. Во всех мхах и лишайниках спирты на 60-100% определяются глюкозой и рибитолом, причем в *S. crocea*, *N. arcticum* и *P. canina* доминирует первый, в остальных объектах – второй. Среди углеводов во мхах более всего D-рибофуранозы, в *P. canina* и *S. crocea* – сахарозы. *N. arcticum*, *Cladonia spp.* и *Cetraria spp.* характеризуются преобладанием глюкопиранозы и D-фруктозы. Кислоты во мхах и *P. canina* в большей степени представлены молочной и яблочной, в *S. crocea* и *N. arcticum*, кроме того, галактоновой. Для *Cladonia spp.* и *Cetraria spp.* характерно преобладание глицириновой кислоты.

Таким образом, в отношении содержания и состава низкомолекулярных веществ показаны существенные отличия лишайников, мхов и образованной ими подстилки почвы Хибин от органических горизонтов почв, сформированных остатками сосудистых растений.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 13-04-01693.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шамрикова Е.В. Кислотность почв таежной и тундровой зон европейского северо-востока России. СПб.: Наука, 2013. 157 с.
2. Шамрикова Е.В., Каверин Д.А., Пастухов А.В. и др. Водорастворимые органические кислоты торфяных мерзлотных почв юго-востока Большеземельской тундры // Почвоведение, 2015. № 3. С. 288-295.

Секция 5.

АНТРОПОГЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

МОНИТОРИНГ СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ МУЗЕЯ-ЗАПОВЕДНИКА ОСТРОВА КИЖИ

Г.В. Ахметова

Институт леса Карельского НЦ РАН, г. Петрозаводск

Остров Кижы расположен в северной части акватории Онежского озера. На сегодняшний день его территория испытывает значительную рекреационную нагрузку, так как расположенный на острове музей-заповедник является самым популярным туристическим направлением на территории Республики Карелия.

В настоящее время лесная растительность на территории острова почти полностью сведена, остались небольшие участки леса в северо-западной части, в подурочище Бачуева. Наиболее распространенные почвы о-ва Кижы – буроземы шунгитовые каменистые [2]. Они отличаются высоким содержанием органического вещества и равномерным распределением его по профилю. Почвы острова давно освоены и имеют хорошо развитый дерновый горизонт. В понижениях на западном и восточном окраинах развиты болотные почвы. Важная особенность условий почвообразования – специфичные почвообразующие породы – шунгитовая морена [1].

На о-ве Кижы с 1999 г. регулярно проводится мониторинг загрязнения почв тяжелыми металлами (Cd, Pb, Cu, Zn, Ni, Co, Cr, Fe, Mn). При первичном обследовании почвенного покрова было заложено пять основных почвенных разрезов и 49 прикопок. Получены данные по содержанию тяжелых металлов, которые показали превышение нормативных показателей как фоновых значений для почв республики [4], так и в отдельных случаях. Почвы острова в среднем отличаются накоплением кадмия (1.27 мг/кг), меди (40-50), никеля (34), железа (до 40 тыс.), марганца (450) и особенно цинка (180-200 мг/кг). На одном уровне с фоном

выявлена концентрация свинца (15-17 мг/кг) и меньше – хрома (30). Повышенная концентрация металлов связана в основном с естественными факторами, главным образом, высоким содержанием тяжелых металлов в почвообразующих породах острова [3]. Выявлены некоторые закономерности в пространственном распределении тяжелых металлов в почвах острова: его северная часть отличается высокими значениями большинства металлов (медь, цинк, хром и железо), центральная и южная – низкими. Северо-восточная оконечность острова отличается самыми низкими концентрациями исследуемых элементов.

Следующий этап проводился в 2005 г. Программой было предусмотрено провести повторный отбор образцов почв в местах с наибольшим и самым низким содержанием тяжелых металлов. Отобраны образцы почв из дернового и гумусово-аккумулятивного горизонтов в 14 точках. Из-за использования различных методов определения тяжелых металлов оказалось проблематичным выявить изменения при сравнении с данными 1999 г. Различие в методах сказалось на результатах определения элементов, входящих в кристаллические решетки силикатов – железа и цинка. Полученные сведения показали, что содержание остальных металлов в почвах острова находится на прежнем уровне, кроме меди (до 60-70 мг/кг) и никеля (до 50), а также можно отметить, что эти цифры превышают установленные нормативы (ПДК и ОДК).

Программой работ 2011 г. было предусмотрено провести повторное исследование в местах отбора образцов в 2005 г. По сравнению с предыдущим этапом исследований концентрации в почвах острова свинца (19 мг/кг), цинка (45-50) и марганца (600-700) увеличились, в то время как никеля, кобальта, хрома и железа находятся на прежнем уровне. Обнаружено точечное загрязнение почв свинцом (30 мг/кг), медью (135), никелем (93) и кобальтом (20 мг/кг) в районе подурочища Босаево, на северо-западе острова. Источником загрязнения, вероятно, служат строительные материалы и техника, так как во время отбора образцов в этом месте велось строительство. Исследование почв небольшой свалки бытовых отходов, загрязнение которой тяжелыми металлами выявлено в 2005 г., в настоящее время не обнаружило превышения ПДК и показатели остались на уровне среднего содержания их в почвах острова.

ЛИТЕРАТУРА

1. 10 лет экологическому мониторингу музея-заповедника «Киж». Петрозаводск, 2005. 178 с.

2. Морозова Р.М. Лесные почвы Карелии. Л.: Наука, 1991. 184 с.
3. Тойкка М.А., Перевозчикова Е.М., Левкина Т.И. и др. Микроэлементы в Карелии. Л.: Наука, 1973. 284 с.
4. Федорец Н.Г., Бахмет О.Н., Солодовников А.Н., Морозов А.К. Почвы Карелии: геохимический атлас. М., 2008. 47 с.

АНАЛИЗ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОГО РАЗНООБРАЗИЯ ДЫХАНИЯ ПОЧВ ГОРОДСКИХ ЛЕСОВ РАЗЛИЧНЫХ БИОКЛИМАТИЧЕСКИХ ЗОН

В.И. Васенев^{1,2}, Д.А. Саржанов², М.М. Визирская², И.З. Васенева²,
Р. Валентини²

¹ Российский университет дружбы народов, г. Москва

² Российский государственный аграрный университет –
Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева, г. Москва

Урбанизация – важная тенденция изменения современного землепользования. Переход лесных и агроэкосистем в городские сопряжен с необратимой сменой растительного и почвенного покрова, потоков вещества и энергии. Потоки парниковых газов (ПГ) – один из ключевых факторов, воздействующих на глобальные климатические изменения, что обуславливает актуальность изучения почвенного дыхания для различных биомов. На данный момент большинство исследований эмиссии ПГ проводилось для естественных и агроэкосистем, в то время как дыхание городских почв остается малоизученным.

Несмотря на то, что общая доля урбанизированных территорий на планете не превышает 3%, их вклад в основные биогеохимические циклы велик. Городские почвы могут содержать значительное количество органического углерода за счет добавления торфосодержащих смесей при озеленении, мероприятий по уходу, наличия погребенных горизонтов и культурных слоев. В то же время потенциальная эмиссия CO₂ городскими почвами значительна, что определяется активной минерализацией верхнего органогенного горизонта, созданного на основе торфосодержащих субстратов.

Для городских территорий характерно высокое пространственное разнообразие, обусловленное сочетанием контрастных функциональных зон, участков разной степени запечатанности и антропогенной нагрузки. Пространственная неоднородность городских почв определяет значительную вариабельность почвенного дыхания во времени и пространстве. Дыхание городских почв определяется как традиционными биоклиматическими фак-

торами (климат, биоценоз, тип почвы), так и антропогенным воздействием (загрязнение, переуплотнение, запечатанность). Вопрос о соотношении влияния биоклиматических и антропогенных факторов на пространственно-временное разнообразие дыхания городских почв представляет высокий научный и практический интерес.

Для решения данного вопроса было проанализировано дыхание почв городских лесов в двух различных биоклиматических зонах: г. Москва (южно-таежная зона, дерново-подзолистые почвы) и г. Курск (лесостепная зона, темно-серые лесные почвы). В каждом городе выбраны ключевые участки как в лесной урбоэкосистеме, так и на городском газоне селитебной, промышленной и рекреационной зон. Измерение дыхания проводилось с использованием ИК газового анализатора Li-820 (США) в 5-10 повторностях в период с июня 2013 г. по ноябрь 2014 г. Параллельно велся мониторинг температуры и влажности почв.

В обоих городах среднее значение дыхания почв газонов было значительно выше, чем для соответствующих лесных участков, при этом максимальный поток показан для наиболее нарушенных почв промышленной зоны [1]. Такая же закономерность показана и для величины пространственного разнообразия потока (коэффициента вариации). Средняя и общая эмиссия CO_2 почвами городских лесов заметно выше для Курска, в то время как для газонов двух городов значимых различий показано не было, что позволяет предположить интразональный характер функционирования городских почв как результат антропогенного воздействия.

Исследования выполнены при частичной поддержке гранта РФФИ № 14-04-31901 и гранта Президента РФ № МК.3962.2014.4.

ЛИТЕРАТУРА

1. Саржанов Д.А., Васенев В.И., Сотникова Ю.Л. и др. Краткосрочная динамика и пространственная неоднородность эмиссии CO_2 почвами естественных и городских экосистем Центрально-Черноземного региона // Почвоведение, 2015. № 4. С. 469-478.

ПОЧВЫ НА АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАМЯТНИКАХ ЛЕСНОЙ ЗОНЫ КАК ПОЧВЫ КАТАСТРОФ

А.А. Гольева, Н.М. Свирида, Ю.В. Богданова
Институт географии РАН, г. Москва

Почвы катастроф, сформированные после значительного кардинального события, – это почвы, постепенный эволюционный тренд развития которых прервался резким революционным сдвигом (катастрофой). Принципиальным отличием данных почв от других подобных объектов стало понимание того, что событие уже произошло. Оно имеет разовый или дискретный, но с длительным временным перерывом характер (перерыв порядка $10 \times n^2 - 10 \times n^3$ и более лет), т.е. для почвы подобное событие не является регулярной нормой или постоянным прессом, как в случае климатически-экстремальных или антропогенно-экстремальных почв. Нами исследовалась почва, в которой после какой-то катастрофы изменились многие параметры функционирования (гранулометрический и химический составы, положение в рельефе, возможно, гидрологический режим и т.п.), т.е. почве надо как-то приспособиться к новым условиям и научиться в них функционировать. В этом случае на первый план выходят показатели направленности и скорости процессов почвообразования и сами процессы. Необходим временной мониторинг, чтобы давать прогнозные сценарии развития почвы. Для оценки характера влияния прошедшей катастрофы на вновь формирующуюся почву нужен сравнительный аналог – почва, расположенная рядом, но не испытывавшая подобного экстремального воздействия.

Объектами наших исследований являются почвы, имеющие меньшее время развития, где признаки катастрофы сохранились ярче. Одними из них являются постселитебные почвы, поскольку развитие на культурных слоях – это сильный стресс для почвообразования, а благодаря археологам можно довольно точно определять время начала этого процесса, т.е. выходить на скорости и тренд почвообразования в новых посткатастрофических условиях.

Так, например, проанализованы результаты, полученные для средневекового селища Сосновка (Московская область). Определено, что специфика хозяйствования в прошлом оказывает существенное воздействие на химические свойства современных почв. Особенно это очевидно для участков, куда люди в прошлом приносили известняк для каких-то своих бытовых целей. За прошедшее время привнесенные карбонаты включились в общий био-

логический цикл углерода, что привело к подщелачиванию не только нижней части профиля, но и верхней, где известняка исходно не было никогда, т.е. гумидный климат лесной природной зоны ведет к растворению известняка, переводу его в почвенные растворы, поглощению корнями растений и этим способствует окисленности (а заодно и подщелачиванию) самых верхних горизонтов почвы.

Следовательно, привнос известняка в прошлом кардинальным образом изменил тренды содержания и распределения основных почвенных элементов в современной почве: органического углерода и валового фосфора. Иными словами, однократное использование ранее обломков известняка для каких-то бытовых целей привело к полной перестройке типа почвообразования на локальном участке. Здесь даже спустя сотни лет (не менее 500) наблюдаются щелочные значения pH, высокие значения карбонатов, органического вещества и валового фосфора, что резко отличает данный локальный участок от остальных, где известковая крошка в прошлом не использовалась людьми.

Полученные выводы были подтверждены работами на пост-селитебных почвах и более ранних поселений лесной зоны, например, Дудино и Ростиславль (Ранний железный век). Скорости трансформации культурных слоев в интразональные почвы напрямую зависят от гранулометрического состава и мощности культурного слоя. На песчаных породах процессы почвообразования идут быстрее и уже через 1500-2000 лет восстанавливаются многие зональные химические показатели (pH, содержание и распределение органического вещества), но количественные значения и тренды распределения, например, валового фосфора, остаются неизменными. Маломощные культурные слои изменяются быстрее, чем участки хозяйственных ям, где за счет большой мощности культурный слой сохраняется неопределенно долгое время.

Таким образом, в лесной зоне есть участки, где функционируют интразональные дерновые почвы со своими специфическими свойствами. Причиной формирования подобных почв является их генезис на культурных слоях древних поселений, что можно рассматривать как катастрофическое преобразование исходного ландшафта, интенсивность которого была столь велика, что даже спустя тысячи лет не формируются зональные почвы.

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЛЕСНЫХ ПОДЗОЛОВ НА ТЕХНОГЕННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Е.В. Дабах

Вятская государственная сельскохозяйственная академия, г. Киров
Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар
Вятский государственный гуманитарный университет, г. Киров

На территории Кировской области существует несколько потенциально опасных объектов. Необходимость размещения их вдали от крупных населенных пунктов предопределила территориальную приуроченность к лесным массивам, характерным для таежно-лесной зоны. В частности, комплексный объект по хранению и уничтожению химического оружия (КОХУХО) расположен в Оричевском районе Кировской области. В геоморфологическом отношении это перигляциальная равнина, сложенная водно-ледниковыми песками различной мощности, местами подстилаемыми на небольшой глубине пермскими глинами. Флювиогляциальными отложениями сформирована и Кильмезская низменность, на территории которой расположено захоронение ядохимикатов. Факторы воздействия на природные объекты различные: в первом случае (КОХУХО) – возможные выбросы соединений фосфора, фтора, мышьяка; во втором (Кильмезское захоронение ядохимикатов) – пестициды, продукты их деструкции, появление которых в почвах может быть связано с грунтовым потоком или поверхностным стоком.

Подзолы отличаются малой буферной способностью, их низкая устойчивость к загрязнению обусловлена свойством «сбрасывать с себя» техногенное воздействие [2].

В связи с этим цель нашей работы – сравнительная оценка состояния подзолов, расположенных в сосновых лесах в санитарно-защитной зоне (СЗЗ) двух экологически опасных объектов.

В течение всего периода наблюдений результаты определения специфических загрязняющих веществ показали, что в почвах в окрестностях КОХУХО мышьяк накапливается в иллювиальных и нижележащих горизонтах глеевых подзолов на площадках мониторинга, расположенных к западу от объекта, – в направлении движения грунтовых вод. Судить о загрязнении почв соединениями фосфора при относительно быстром разложении фосфорорганических отравляющих веществ [1], высоким природном содержании этого элемента в почвах и активном участии его в биологическом круговороте почти невозможно. Косвенным свидетельством поступления соединений фосфора в окружающую среду является его более высокое, по сравнению с фоном, содержание в

лишайниках и спиртовых вытяжках из почв (МИ № 031-03-353-2011) на площадках мониторинга, расположенных ближе к объекту.

В окрестностях Кильмезского захоронения ядохимикатов на лесных площадках мониторинга периодически проявляется значимое (выше предела обнаружения метода, но ниже ПДК) содержание пестицидов, в отдельные годы отмечается небольшое превышение ПДК (в 1.5 раза) подвижного цинка – элемента, входящего в состав ядохимикатов.

Воздействие на верхние почвенные горизонты, отбор смешанных образцов из которых рекомендуется в нормативных документах, в песчаных подзолах почти не проявляется. Географически удаленные друг от друга почвы, расположенные в разных подзонах – средней (КОХУХО) и южной (Кильмезское захоронение) тайги – на водно-ледниковых песках, характеризуются очень близким составом и свойствами. По показателю химического загрязнения уровень воздействия на лесные почвы в обоих случаях оценивается как допустимый.

Отмеченные признаки воздействия объектов были выявлены либо благодаря длительному периоду наблюдений, либо вследствие более глубокого изучения почв – заложения полных разрезов на площадках, расположенных в понижениях по направлению движения грунтовых вод.

Таким образом, сравнительная оценка свойств песчаных подзолов на лесных площадках мониторинга в СЗЗ экологически опасных объектов показала, что в ландшафтах с преобладанием неустойчивых к загрязнению почв необходимо анализировать все возможные пути миграции веществ и проводить более глубокое изучение почв и почвенного покрова территории.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Наумов П.В.* Физико-химические аспекты разложения и миграции некоторых фосфорорганических соединений в почве: Автореф. дис. ... канд. хим. наук. Иваново, 2014. 16 с.
2. *Снакин В.В., Мельченко В.Е.* и др. Оценка состояния и устойчивости экосистем. М., 1992. 128 с.

ПОЧВЕННЫЕ УСЛОВИЯ ПРОИЗРАСТАНИЯ ХВОЙНЫХ ДРЕВОСТОЕВ СОСНЫ И ЕЛИ ЛЕСНОГО МАССИВА «КУРГИНСКИЙ ЛЕС»

Д.А. Данилов¹, Н.В. Беляева²

¹ Ленинградский научно-исследовательский институт
сельского хозяйства «БЕЛОГОРКА», дер. Белогорка

² Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет,
г. Санкт-Петербург

Смешанные древостои ели и сосны с малой долей лиственных пород на северо-западе РФ, по данным Государственного учета лесного фонда (ГУЛФ), произрастают на 16-20% лесопокрытой площади. Модальные смешанные елово-сосновые древостои занимают более 70% лесопокрытых площадей зеленомошных типов леса в этом регионе.

Цель данной работы – выявить влияние почвенно-гидрологических условий местопроизрастаний на состав смешанных хвойных древостоев различных типов леса (на примере лесного массива «Кургинский лес» Рылеевского участкового лесничества Ленинградской области).

Исследуемые древостои находятся в одном лесном массиве. Для сравнительного анализа подбирались насаждения одного класса и возраста. В смешанных насаждениях сосновый ярус старше еловой части древостоя на 10-15 лет. Древостои произрастают в сравнительно однородных условиях на почвах двучленного строения, подстилаемых моренными тяжелыми суглинками (см. таблицу).

На большинстве пробных площадей (ПП) ярко выражен подзолистый супесчаный горизонт Е, переходящий в супесчаный В1, который, в свою очередь, подстилается суглинистым В2. На ПП 3 и 5 более 30 лет назад были проведены проходные рубки, и поэтому запас здесь ниже, чем на других объектах, где рубки не проводились. На опытном участке 2 из-за более низкого положения в рельефе по сравнению с другими участками наблюдается временное застойное переувлажнение, что приводит к увеличению мощности подстилки и ее оторфовыванию. Объект 6 – это заросший тальвег бывшего водотока (ручья). В сосняке сфагновом осушенном (ПП 7) в настоящее время имеется мелиоративная сеть.

Кроме того, распределение площадей, занимаемых хвойными породами, по типам леса показывает, что в кисличном типе насаждения ели занимают ненамного больше площади, чем древостои с преобладанием сосны. В черничной серии типов леса древостои сосны занимают лидирующее положение. Это лиш-

**Характеристика почвенных условий произрастания
смешанных хвойных древостоев на опытных объектах**

Номер ПП	Состав древостоя	Тип леса	Запас, м³/га	Мощность почвенных горизонтов	Название почвы
1	3,5E ¹⁰⁰ 3,5E ⁸⁰ 3C ¹¹⁰ +Ос, Б	Е.КС	413	L – 4 см; А – 9 см; Е – 11 см; В1 – 13 см (супесь); В2 – красный суглинок	Модергумусная сильноподзолистая супесчано-суглини- стая на двучленных наносах
2	6E ⁹⁰ 4C ¹⁰⁰	Е.ЧС	492	L – 9 см; АЕ – 7 см; Е – 12 см; Вfe – 19 см (супесь); В2 – красный суглинок	Торфянисто-грубогу- мусный железисто- иллювиальный под- зол на двучленных наносах
3	9C ⁹⁰ 1E ⁸⁰ +Б, Ос	С.КС	354	L – 5 см; А – 7 см; Е – 10 см; В1 (супесь) – 27 см; В2 – красный суглинок	Модергумусная сильноподзолистая супесчано-суглини- стая на двучленных наносах
4	8E ⁸⁵ 2C ¹⁰⁰ +Б, Ос	Е.КС	400	L – 8 см; А – 12 см; Е – 11 см; В1 (супесь) – 25 см; В2 – красный суглинок	Модергумусная сильноподзолистая супесчано-суглини- стая на двучленных наносах
5	8E ⁹⁰ 2C ¹⁰⁰	Е.КС	352	L – 7 см; А – 13 см; Е – 10 см; В1 (супесь) – 22 см; В2 – красный суглинок	Модергумусная сильноподзолистая супесчано-суглини- стая на двучленных наносах
6	8C ⁸⁵ 2E ⁸⁰	С.ЧДЛ	305	L – 10 см; А – 12 см; Е – 11 см; В1 (супесчано-суглини- стый) – 22 см; В2 – красный суглинок	Торфянисто-грубогу- мусная сильно- подзолистая супес- чано-суглинистая иллювиально-глее- ватая

Примечания. Е.КС – ельник кисличный, С.КС – сосняк кисличный, Е.ЧС – ельник чер-
ничный свежий, С.ЧДЛ – сосняк чернично-долгомошный, С.СО – сосняк сфагновый осушен-
ный, С.БР – сосняк брусничный.

ний раз подчеркивает устойчивое положение сосны на почвах двучленного строения, подстилаемых моренными тяжелыми суглинками в данном лесном массиве, и указывает, что сосна бо-
лее приспособлена к данным почвенно-гидрологическим услови-
ям, чем ель.

ТРАНСФОРМАЦИЯ МЕРЗЛОТНЫХ ПОЧВ МЕЖАЛАСНЫХ ПРОСТРАНСТВ ЦЕНТРАЛЬНО-ЯКУТСКОЙ РАВНИНЫ

П.П. Данилов, Г.Н. Саввинов, В.С. Макаров, А.И. Дмитриев

Научно-исследовательский институт прикладной экологии Севера
Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова, г. Якутск

На сегодняшний день территория Центрально-Якутской равнины, являясь наиболее освоенной частью Якутии, испытывает интенсивную антропогенную нагрузку и претерпевает заметные изменения в условиях колебаний современного климата [5]. В связи с этим изучение «поведений» основных компонентов экосистем данной территории приобретает особую актуальность для прогнозирования их дальнейших действий.

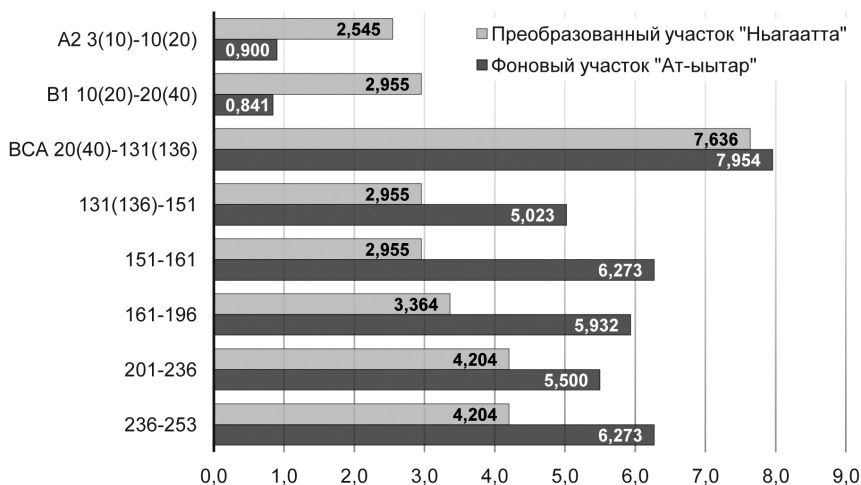
Цель исследований – мониторинг состояния лесных мерзлотных почв и трансформации их морфогенетических характеристик в условиях усиления антропогенного воздействия и глобального изменения климата.

Материал собран в сентябре 2013 г. в северной части Лено-Амгинского междуречья, который представлен восточной частью Центрально-Якутской равнины.

Исследование почв проводилось по общепринятым в почвоведении методами [4]. Образцы почв отобраны согласно ГОСТ и проанализированы по общепринятым методикам в лаборатории физико-химических методов анализа НИИПЭС СВФУ (Аттестат аккредитации № РОСС RU. 0001.517741) [1,2].

В пределах исследуемой территории межаласные пространства представлены лиственничными лесами различного бонитета, под которыми сформированы разные подтипы мерзлотных палевых почв [3]. На трансформированных участках, в отличие от фоновых, преобразование растительности выражено в виде отсутствия подлеска и вырубки более крупных лиственниц. Здесь в почвенных профилях изменения произошли как в морфологическом отношении, так и в химическом составе. Среди основных морфологических признаков заметно увеличены мощности почвенных профилей, т.е. сезонно-талый слой. В химическом составе наблюдаются уменьшение карбонатов в нижних горизонтах почв и/или почвообразующих отложениях и накопление их в верхних генетических горизонтах лесных почв (см. рисунок).

В целом, нами зафиксировано нехарактерное распределение карбонатов и солей в почвенной толще и нижележащих почвообразующих отложениях, что, несомненно, является последствием антропогенного воздействия и современных колебаний климата в исследуемом регионе.



Сравнительное содержание CaCO_3 в различной степени преобразованных мерзлотных палевых почвах и почвообразующих отложениях Лено-Амгинского междуречья.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агрохимические методы исследования почв / Отв. ред. акад. А.В. Соколов. М.: Наука, 1975. 656 с.
2. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. Изд. 2-е, перераб. и доп. М.: Изд-во МГУ, 1970. 487 с.
3. Еловская Л.Г. Классификация и диагностика мерзлотных почв Якутии. Якутск, 1987. 109 с.
4. Евдокимова Т.И. Почвенная съемка. М.: Изд-во МГУ, 1987. 269 с.
5. Федоров А.Н., Константинов П.Я. Реакция мерзлотных ландшафтов Центральной Якутии на современные изменения климата и антропогенные воздействия // География и природные ресурсы, 2009. № 2. С. 56-62.

ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ЛЕСНЫХ ПОДЗОЛОВ В ЗОНЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ГАЗОВОЗДУШНЫХ ВЫБРОСОВ АЛЮМИНИЕВОГО ЗАВОДА В УСЛОВИЯХ КОЛЬСКОЙ СУБАРКТИКИ

Г.А. Евдокимова, Н.П. Мозгова

Институт проблем промышленной экологии Севера Кольского НЦ РАН,
г. Апатиты

Выполнен сравнительный анализ изменений некоторых свойств лесных подзолов, произошедших за последние 10-13 лет по градиенту загрязнения воздушными выбросами Кандалакш-

ского алюминиевого завода. Концентрация соединений приоритетного загрязнителя фтора, имеющего высокую степень токсичности для живых организмов, достоверно снизилась в 2011-2013 гг. относительно 2001 г. в атмосферных выпадениях и органогенном горизонте почвы в зоне воздействия завода, благодаря введению в эксплуатацию газоочистных сооружений. В связи со снижением объема загрязняющих веществ в выбросах завода и уменьшением степени загрязнения почв изменилось зонирование территории, выполненное нами в 2001 г. Протяженность зоны максимального загрязнения сократилась с 2.5 км до 1.5 км от источника выбросов, сильного и умеренного – на 5 км (табл. 1).

В зоне максимального загрязнения отмечена значительная аккумуляция как валового фтора, так и водорастворимых форм его соединений не только в подстилке, но и иллювиальном горизонте (16-20 см). Причем с годами содержание соединений фтора в иллювиальном горизонте возрастало.

Концентрация Al снизилась только в непосредственной близости к заводу (до 2 км). В результате поступления в подстилки с атмосферными осадками Ca и Mg произошло заметное снижение их кислотности, но только вблизи завода, на расстоянии до 2 км.

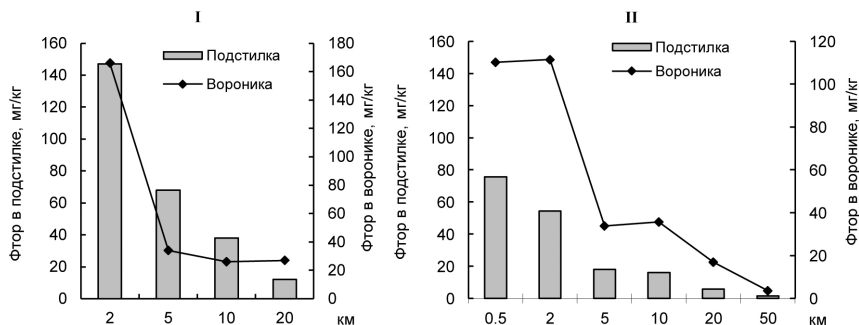
Выявлена тесная связь содержания фтора в подстилках и растениях ($r = 0.976$, $p < 0.001$) (см. рисунок, табл. 2). Повышенный фон содержания фтора в почвах приводит к накоплению его в тканях растений, особенно мхов и вороники. Однако, коэффициент биологического поглощения этих растений достигает всего лишь 0.1, у грибов он был еще ниже – 0.01-0.02. Из шляпочных грибов базидиомицетов пластинчатые формы накапливали больше фтора, чем трубчатые.

Химический состав растений более консервативен в отношении воздействия на них техногенного загрязнения, чем подстилка, интенсивно аккумулирующая химические элементы. Это связано с относительной избирательностью растений при потреблении ими питательных элементов. Тем не менее, можно отметить

Таблица 1

Зоны загрязнения подстилок фтором в 2001 и 2011-2013 гг.

Загрязнение	2001г.		2011-2013 гг.	
	Расстояние от КАЗ, км	Содержание F, мг/кг	Расстояние от КАЗ, км	Содержание F, мг/кг
Максимальное	0-2.5	>1200	0-1.5	> 1000
Сильное	2.5-13	1200-400	1.5-8.0	1000-400
Умеренное	13-19	400-200	8.0-15	400-200
Отсутствует	≥20	<200	>15	<200



Содержание водорастворимого фтора в подстилке и воронке по градиенту от источника выбросов, I – 2001 г; II – 2013 г.

Таблица 2

Содержание валового фтора в подстилке и растительном материале, мг/кг абс. сух. почвы, 2013 г.

Расстояние от источника выбросов, км	Подстилка	<i>Empetrum hermaproditum</i> (воронка)	<i>Pleurozium schreberi</i> (зеленый мох)	<i>Leccinum versipelle</i> (подосиновик желто-бурый)	<i>Lactarius torminosus</i> (волнушка розовая)
0.5	2595	110	160	29	52
2	1795	111	147	29	62
5	562	34	22	5	5
10	371	36	14	4	8
20	145	17	11	3	Не опр.
50	78	4	2	1	2

вполне закономерное и достоверное увеличение в составе растений на сильно загрязненной площадке F, Al, Si, Fe, Zn, Ni.

СУКЦЕССИОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ И ПОЧВ НА ЗАЛЕЖНЫХ ЗЕМЛЯХ СРЕДНЕЙ ТАЙГИ

Г.Я. Елькина, Е.М. Лаптева, И.А. Лиханова, Ю.В. Холопов
Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

С конца 90-х гг. прошлого столетия в России произошло значительное сокращение сельскохозяйственных угодий [1, 7]. На заброшенных пашнях, сенокосах и пастбищах начался процесс самовосстановительной сукцессии [4, 5]. Изменение среды под влиянием смены растительного покрова требует выявления закономерностей трансформации почв после перехода пахотных угодий в стадию залежи с целью оценки этапов их постагрогенной

эволюции и возможности последующего возврата в сельскохозяйственный оборот [2, 3]. Изучение структуры растительного покрова и почв в постагрозенных экосистемах Республики Коми проводили в подзоне средней тайги (на территории Сыктывдинского района).

Как показали проведенные исследования, характер восстановительной сукцессии во многом обусловлен исходным состоянием пахотных угодий и использованием залежи. В настоящее время оставленные без обработки посевы многолетних трав продолжают использоваться в качестве сенокосных участков. Регулярное кошение трав препятствует внедрению древесной растительности и на ранее обрабатываемых пахотных угодьях в течение длительного периода (около 20 лет) сохраняется луговая стадия зарастания. В травостое преобладают луговые злаки и разнотравье. На поверхности почвы отмечено образование лугового войлока из отмерших остатков трав, в толще бывшего пахотного слоя – серогумусового (дернового) горизонта P_{wpa} мощностью 3-4 см. В соответствии с принципами классификации и диагностики почв России [6], почвы таких участков отнесены к агроземам текстурно-дифференцированным реградированным.

При выводе пашни из оборота в период посевов однолетних и пропашных культур, а также при отсутствии сенокосения залежные участки, пройдя рудеральную стадию, зарастают березовыми и ольховыми молодняками. На этих участках сохраняются небольшие по площади луговые сообщества, густой травянистый покров которых препятствует внедрению древесных пород.

Наиболее интенсивной демулационной сукцессии подвержены заброшенные участки пашни с небольшой глубиной обработки пахотного слоя и низким плодородием пахотных почв. Травянистые сообщества на таких участках менее продуктивны и не составляют значительной конкуренции древесным породам. За 20-25-летний период на них формируются древесные насаждения из *Betula pendula* Roth, *Betula pubescens* Ehrh. с участием *Alnus incana* с высотой древостоя до 7.5 м, средним диаметром до 3.9 см, сомкнутостью крон 0.8. В сообществах выражен густой подрост из *Picea obovata* Ledeb. высотой до 0.5-0.8 м. В разреженном травяно-кустарничковом ярусе сохраняются некоторые луговые злаки и разнотравье в угнетенном состоянии. При наличии немногочисленных видов от сорной стадии зарастания в наземном покрове биоценозов начинают появляться лесные и опушечные виды.

Вследствие изначально низкого плодородия пахотных почв на участках, где сформировались молодые березовые леса, луго-

вая стадия демутационной сукцессии не привела к накоплению почвенного органического вещества и формированию в профиле агроземов серогумусового горизонта той же мощности, что и на участках с луговыми сообществами. Не исключено также, что меньшая мощность дернового горизонта связана с кратковременностью луговой стадии, а также его деградацией в связи с переходом к древесной стадии зарастания. В верхней части профилей отчетливо обособляется маломощный (до 1-3 см) подстильно-торфяной горизонт, представленный слаборазложившимися листьями древесных пород и отмершими остатками трав. В реградированном пахотном горизонте отчетливо заметна потеря структуры, что обусловлено снижением роли травянистой растительности, развитие которой угнетается древесным пологом.

Таким образом, направление и интенсивность демутационной сукцессии в постагрогенных ландшафтах средней тайги определяются хозяйственной деятельностью (наличие/отсутствие), исходными водно-физическими и физико-химическими свойствами почв пашни, качеством обработки. На первых этапах почвы постагрогенных экосистем в основном сохраняют признаки, присущие агроземам. Вместе с тем, в верхней части профиля формируется серогумусовый (дерновый) горизонт, который сохраняется и на древесной стадии зарастания. Этот горизонт отличается от толщи бывшего пахотного слоя более высоким содержанием органического вещества и азота. При этом относительное количество углерода в нем в большинстве случаев возрастает более интенсивно, чем содержание азота. Серогумусовый горизонт обогащен обменными основаниями. При зарастании *Betula pendula*, *Betula pubescens* происходит обеднение средней и нижней частей ранее обрабатываемого (бывшего пахотного) слоя углеродом, азотом и обменными основаниями.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агроэкологическое состояние и перспективы использования земель России, выбывших из активного сельского хозяйственного оборота / Под ред. Г. А. Романенко. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2008. 64 с.
2. Владыченский А.С., Телеснина В.М., Румянцева К.А., Чалая Т.А. Органическое вещество и биологическая активность постагрогенных почв южной тайги (на примере Костромской области) // Почвоведение, 2013. № 5. С. 570.
3. Владыченский А.С., Телеснина В.М., Румянцева К.А., Филимонова С.И. Динамика некоторых свойств постагрогенных почв южной тайги в связи с особенностями смены растительности // Вест. Московского ун-та. Серия 17: Почвоведение, 2009. № 1. С. 3-11.

4. Гусев А.П. Особенности начальных стадий восстановительной сукцессии в антропогенном ландшафте // Экология, 2009. № 3. С.174-179.
5. Гульбе А.Я. Динамика фитомассы и годичной продукции молодняка березы на залежи в южнотаежной подзоне (Ярославская область) // Вест. Оренбургского гос. ун-та, 2006. № 4. С. 34-37.
6. Классификация и диагностика почв России / Сост. Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева, М.И. Герасимова. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
7. Люри Д.И., Горячкин С.В., Караваева Н.А. и др. Динамика сельскохозяйственных земель России в XX веке и постагрогенное восстановление растительности и почв. М.: ГЕОС, 2010. 416 с.

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА РАЗНОВРЕМЕННЫХ ПОЧВ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ ПРЕДГОРНОГО И ГОРНОГО КРЫМА

Е.И. Ергина

Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, г. Симферополь

Энергетический и термодинамический подходы при изучении природных процессов, в том числе почвообразования, получают в последнее время все большее распространение. Энергетические характеристики гумуса, его количественные и качественные показатели определяют почти все агрономически ценные свойства почвы. Методической основой для нашей работы стали работы А.Е. Ферсмана [4] и В.Р. Волобуева [2], в которых намечены основные подходы к оценке термодинамических свойств различных веществ, в том числе почв, а также исследования И.В. Тюрина [3] и С.А. Алиева [1], в которых рассчитаны запасы энергии, аккумулированные в почвах ряда генетических типов и установлена закономерная связь между запасами гумуса в почве и относительной величиной энергии биологического круговорота. В почвах Крыма высокие значения энергии кристаллической решетки и свободной энергии Гиббса свойственны зональным полноголоценовым аналогам. Максимальные значения энергии решетки наблюдаются в каштановых почвах (17 857 кДж/г), минимальные – в коричневых (17 264). Меньшие значения термодинамических характеристик присущи разновозрастным почвам, сформированным на клерах Херсонесского государства возрастом 2 тыс. лет, руинах средневековых крепостей Харакс (2500 лет) и Чембало (500 лет), а также на более молодых субстратах антропогенного происхождения. Значения энергии решетки разновременных почв изменяются от 1356 до 10 184 кДж/г, что почти в 1.7 раз меньше, чем в зональных почвах, а значения энергии

Гиббса колеблются в пределах от 1007 до 974 кДж/г, тогда как в зональных почвах ее значение равно 1107. Сравнение энергии кристаллической решетки с процентной долей отношения свободной энергии к энергии кристаллической решетки показывает, что полнопрофильные зональные почвы имеют большие значения энергии кристаллической решетки, но в них меньше доля свободной энергии, которая может превращаться в работу. Очевидно, причины этого в химическом и минералогическом составе почв. В них малая доля энергии, которая высвобождается и может вызывать формирование таких свойств, на которые нужно затратить много энергии, например, процессы выветривания, формирования гумусового горизонта, физико-химические процессы, в том числе аккумулятирование гумуса. Этот факт необходимо иметь в виду при разработке комплексов мероприятий с целью улучшения свойств почв при их сельскохозяйственном использовании. Напротив, у молодых почв большая доля свободной энергии, что влечет освобождение большей части энергии, которая может превращаться в работу. Наибольшая энергия решетки, но низкая доля бескремнеземной части свойственна зональным почвам, богатым остаточными минералами, тогда как молодые почвы с небольшими значениями энергии решетки, но высокой долей бескремнеземной части богаты новоформированными минералами. Четкие временные зависимости и корреляция с почвообразующими породами наблюдаются и в закономерностях накопления энергии в гумусе почв. В почвах на плотных почвообразующих породах (известняки, конгломераты, сланцы), характерных для экосистем горного и Предгорного Крыма, энергия гумуса в слое почвы, сформировавшейся за 20 лет, изменяется от 93 до 306 ГДж/га. В окопах Второй мировой войны в почве возрастом 67 лет на делювии глинистых сланцев аккумулятировано 184-303 ГДж/га энергии гумуса. На отвалах аналогичного возраста, но на делювии известняка и мергеля, запасы энергии достигают 1075 ГДж/га. Запасы энергии, которая накапливается в почвах, сформировавшихся на протяжении 200-300 лет, сильно отличаются, что объясняется, прежде всего, механическим составом породы, на которой образуются почвы. Уже после 500 лет почвообразования запасы энергии достигают очень высоких значений – от 2031 до 2968 ГДж/га. В почвах 1000-летнего возраста они изменяются от 1324 до 3067 ГДж/га. Заметим, что прирост энергии более значителен на начальных этапах формирования почвы. Со временем процесс накопления энергии затухает. В почвах возрастом 1000-1500 лет значения энергии в гумусе почв становится близким к полнопрофильным голоценовым

почвам. Но в малогумусных видах запасов энергии даже меньше, чем в почвах, имеющих меньший возраст. Этот факт можно объяснить, прежде всего, низким содержанием гумуса и преобладанием процессов минерализации гумуса, который сопровождается потерями энергии при минерализации [1].

ЛИТЕРАТУРА

1. Алиев С.А. Методы определения биоэнергетических балансов органического вещества почв // Почвоведение, 1975. № 4. С. 27-32.
2. Волобуев В.Р. Опыт расчета энергии кристаллической решетки почвенных минералов // Почвоведение, 1968. № 4. С. 89-93.
3. Тюрин И.В. Органическое вещество почвы и его роль в плодородии. М., 1937. 231 с.
4. Ферсман А.Е. Избранные труды. М.: Изд-во АН СССР, 1958. Т. IV. 517 с.

ПОЧВЫ ГОРНЫХ ЛИСТВЕННИЧНЫХ ЛЕСОВ И РЕДКОЛЕСИЙ ПРИПОЛЯРНОГО УРАЛА: РАЗНООБРАЗИЕ, ГЕНЕЗИС, КЛАССИФИКАЦИЯ

Е.В. Жангуров, А.А. Дымов, Ю.А. Дубровский
Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

Несмотря на достаточно длительную историю исследований почв горной ландшафтной зоны Приполярного Урала, особенно генозиса, диагностики и классификации этих почв, высотной дифференциации почвенного покрова до сих пор остаются слабоизученными. Формирование почв на территории исследования в значительной мере определяется как характером рельефа, который представлен преимущественно среднегорными массивами с отметками высот от 700 до 1500 м над ур.м., так и спецификой высотной поясности растительного покрова. Литературные данные пространственного размещения типов и подтипов почв в системе высотного градиента от подножия до вершины склона горных хребтов являются фрагментарными и единичными.

Цель работы – на основании сравнительного исследования морфологических и физико-химических свойств, характера почвообразующих пород установить генетические особенности почв лиственничных лесов Приполярного Урала. Классификационное положение почв дано согласно «Классификации и диагностике почв России» (2004).

В составе формации лиственничников (*Lariceta sibiricae*) с учетом таксационных параметров древостоев выделены две субформации: лиственничные леса (*Lariceta*) и лиственничные редколесья (*Montano-Lariceta*).

Разнообразие и особенности морфологического строения почв в значительной степени определяются характером растительного покрова и литолого-геоморфологическими особенностями склона (крутизной и глубиной подстиления элювиально-делювиальных мелкоземисто-щебнистых отложений).

В условиях нижних и средних частей пологих склонов (с крутизной 3-5°) различных горных хребтов на относительно однородных легко-среднесуглинистых отложениях, подстилаемых с глубины 55-60 см щебнисто-глыбистой толщей кварц-мусковитовых сланцев, риолитов и кварцитов, формируются светлоземы иллювиально-железистые (см. таблицу). Профиль светлоземов (разрез 22-2009) практически не дифференцирован по илу и валовому содержанию оксида алюминия, но резко дифференцирован по оксидам железа за счет обеднения подзолистого горизонта его силикатными и несиликатными формами. Обесцвеченность как следствие выноса соединений железа свидетельствует о подзолистой природе осветленного горизонта. Почвы кислые ($pH_{\text{сол.}} 3.4-3.8$), с равномерно-аккумулятивным характером распределения органического углерода, ненасыщенны основаниями. При наличии карбонатных подстилающих пород (разрез 7-2010) в нижних горизонтах почвенного профиля значительно возрастает степень насыщенности основаниями.

В условиях достаточно крутых склонов (20-25°) с близким подстилением коренных карбонатных почвообразующих пород формируются дерново-подбуры иллювиально-железистые, которые диагностируются по сочетанию аккумулятивного серогумусового и залегающего ниже альфегумусового горизонтов. Обильно-щебнистая толща плотных карбонатных пород накладывает специфические особенности почвообразования: слабокислую и нейтральную реакцию среды ($pH_{\text{сол.}} 6.5-7.5$), относительно высокое содержание обменных оснований.

Лиственничные редколесья, которые распространены на высотах 450 (550)–730 м над ур.м., определяют облик растительности подгольцового пояса и выходят на верхнюю границу леса. Структура древесного яруса сообществ по сравнению с лесными фитоценозами упрощена, древостои разреженные. Основной фон почвенного покрова в условиях хорошей дренированности под чернично-зеленомошным напочвенным покровом составляют иллювиально-железистые подзолы, которые отчетли-

Типы почв и особенности растительного покрова горных лиственничных лесов Приполярного Урала

№ разреза, Тип почвы	Строение профиля	Положение в рельефе, абс. высота, м над ур.м.	Растительная ассоциация	Высота основного древесного полога, м	Почвообразующая порода
Подгорный пояс лиственничных редколесий					
9-2009. Лигозем грубогумусиро- ванный	Ово (0-4 см) – BCf (4-10 см) – BC (10-20 см) – C (20-30 см)	Вершина склона, 650	Лиственничное редко- лесье кустарничково- сфагновое	2-4 м	Кварц-серицитовые сланцы
10-2009. Подзол иллювиально-же- лезистый	О (0-10 см) – E (10-36 см) – BF (36-51 см) – BC (51-56 см)	Верхняя часть склона, 540	Лиственничное редко- лесье чернично-зеле- номошное	12-14 м	Кварц-серицитовые сланцы, песчаники
Горно-лесной пояс лиственничных лесов					
83-2012. Подзол иллювиально-же- лезистый	О (0-5 см) – E (5-15 см) – BF _{C_{Ca}} (15-20) – BC _{C_{Ca}} (20-40) – C _{C_{Ca}} (40-60)	Вершина склона, 443	Лиственничник кустар- ничково-зеленомошный	10-12 м	Карбонатные по- роды
22-2009. Светлозем иллювиально- железистый	О (0-6 см) – E (6-14 см) – BF (14-30 см) – CRM (30-55 см) – BC (55-70 см)	Средняя часть склона, 510	Лиственничник чернич- но-зеленомошный	16-18 м	Кварц-серицитовые сланцы, риолиты
7-2010. Светлозем иллювиально- железистый	О (0-16 см) – E (16-20 см) – BF (20-25 см) – CRM (25-40 см) – BC _{C_{Ca}} (40-55 см) – C _{C_{Ca}} (55- 70 см)	Средняя часть склона, 406	Лиственничник кустар- ничково-зеленомошный	19-22 м	Карбонатные по- роды
87-2012. Дерново-подбур иллюви- ально-железистый	О (0-5 см) – AY (5-15 см) – BF (15-25 см) – BC _{C_{Ca}} (25-50 см) – C _{C_{Ca}} (50-70 см)	Средняя часть склона, 410	Лиственничник кустар- ничково-зеленомошный	12-16 м	Карбонатные по- роды

во дифференцированы на генетические горизонты. Подзолы на кварц-серицитовых сланцах имеют сильноокислую реакцию среды ($\text{pH}_{\text{сол.}} 2.8-3.7$), низкую степень насыщенности основаниями, элювиально-иллювиальное распределение оксалато- и дитионит-растворимых форм соединений железа.

На верхней границе распространения сильно разреженных листовичных редколесий (на границе с горно-тундровым поясом) формируются литоземы грубогумусовые. Они отличаются слабой дифференциацией на горизонты и маломощным строением профиля (до 30 см).

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 13-04-00570.

ВЛИЯНИЕ ВНЕСЕНИЯ НЕТРАДИЦИОННЫХ УДОБРЕНИЙ НА МАССУ ХВОИ СЕЯНЦЕВ СОСНЫ В УСЛОВИЯХ ЮЖНОЙ ПОДЗОНЫ ТАЙГИ УРАЛА

С.В. Залесов, А.Г. Магасумова, Е.И. Лисина, Е.А. Фролова

Уральский государственный лесотехнический университет, г. Екатеринбург

В качестве нетрадиционных удобрений использовались следующие: смесь торфа и активного ила; избыточный активный ил, обработанный известковым молоком; избыточный активный ил после механического обезвоживания; зола отходов переработки древесины ОАО «Соликамскбумпром»; смесь осадка сточных вод и избыточного активного ила; смесь осадка сточных вод, избыточного ила и золы отходов переработки древесины ОАО «Соликамскбумпром».

Каждая из смесей вносилась в дозах 500 и 1000 кг/га на посевных отделениях питомника Уральского учебно-опытного лесхоза (УУОЛ) Уральского университета с одно- и двухлетними сеянцами сосны обыкновенной. Территория УУОЛ в соответствии со схемой лесорастительного районирования относится к южно-таежному округу Зауральской холмисто-предгорной провинции Западно-Сибирской равнинной лесорастительной области [1].

Исследования проводились по программе мелкоплощадного эксперимента [2, 3], в соответствии с которым удобрения вносились в междурядья посевных строк на учетных площадках размером 1×1 м (1 м²). Одновременно с закладкой опытных учетных площадок колышками закреплялись контрольные учетные площадки, где удобрения не вносились.

Удобрения вносились прикорневым способом с предварительным и последующим рыхлением почвы 10 июля 2013 г. при температуре воздуха 23-24 °С в пасмурную погоду без облаков.

После окончания вегетационного сезона была произведена выкопка 30 сеянцев в каждом варианте опыта. Образцы проанализированы в лабораторных условиях. При этом хвоя с каждой учетной площадки была взвешена во влажном состоянии, высушена при температуре 105 °С в сушильном шкафу и взвешена в абсолютно сухом состоянии. Полученные результаты представлены в таблице.

Лучшие результаты по показателю массы хвои 30 сеянцев были достигнуты внесением при выращивании двухлетних сеян-

**Влияние видов и доз нетрадиционных удобрений
на массу хвои сеянцев сосны обыкновенной**

Вид удобрения	Доза, кг/га	Масса хвои в абсолютно сухом состоянии, мг
Питомник УУОЛ УГЛТУ		
Сеянцы-двухлетки		
1. Смесь торфа и избыточно активного ила	500	19.22
	1000	23.41
2. Избыточно активный ил, обработанный известковым молоком	500	11.97
	1000	19.46
3. Избыточный активный ил после механического обезвоживания	500	8.88
	1000	14.33
4. Зола ОАО «Соликамскбумпром»	500	6.40
	1000	9.03
5. Смесь осадка сточных вод и избыточного активного ила	500	10.59
	1000	18.42
6. Смесь осадка сточных вод, избыточного активного ила и золы ОАО «Соликамскбумпром»	500	13.81
	1000	9.27
7. Контроль	—	17.07
Сеянцы-однолетки		
1. Смесь торфа и избыточно активного ила	500	3.43
	1000	2.71
2. Избыточно активный ил, обработанный известковым молоком	500	3.15
	1000	2.46
3. Избыточный активный ил после механического обезвоживания	500	4.50
	1000	2.54
4. Зола ОАО «Соликамскбумпром»	500	3.88
	1000	3.51
5. Смесь осадка сточных вод и избыточного активного ила	500	2.68
	1000	2.79
6. Смесь осадка сточных вод, избыточного активного ила и золы ОАО «Соликамскбумпром»	500	3.85
	1000	2.56
7. Контроль	—	2.60

цев сосны обыкновенной смеси торфа и избыточно активного ила в дозе 500 и 1000 кг/га. При внесении дозы 1000 кг/га результат получился больше на 37% выше контроля, при дозе 500 кг/га – всего на 11%. Внесение аналогичной смеси нетрадиционных удобрений на однолетние сеянцы также положительно повлияло в обоих случаях.

При внесении смеси избыточно активного ила, обработанного известковым молоком, в дозе 1000 кг/га результат получился на 14% больше контроля, а при дозе 500 кг/га – на 30% ниже. Смеси осадка сточных вод и избыточно активного ила в дозе 1000 кг/га результат получился немного выше контроля. Самое негативное влияние при выращивании двухлетних сеянцев сосны обыкновенной оказала зола ОАО «Соликамскбумпром» при дозе 500 кг/га, результат получился на 63% ниже контроля.

Следует отметить положительное влияние смеси избыточно активного ила после механического обезвоживания при дозе 500 кг/га, результат был на 73% выше контроля, а при увеличении дозы смесь повлияла негативно. Аналогично проявила себя смесь осадка сточных вод, избыточного активного ила и золы ОАО «Соликамскбумпром» в дозе 500 кг/га – результат выше контроля на 48%, а при увеличении дозы – на 2% ниже.

Можно сделать вывод: различия во влиянии нетрадиционных удобрений на массу хвои в абсолютно сухом состоянии вызывают необходимость продолжения исследований с целью выбора оптимальных видов и доз удобрений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Колесников Б.П., Зубарева Р.С., Смолоногов Е.П. Лесорастительные условия и типы лесов Свердловской области. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1973. 197 с.
2. Щерба С.В. Методика полевого опыта с удобрениями // Методика полевых и вегетационных опытов с удобрениями и гербицидами. М.: Наука, 1967. С. 3-69.
3. Залесов С.В., Магасумова А.Г., Платонов Е.П. и др. Влияние внесения нетрадиционных удобрений на рост сеянцев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.). // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 6; URL: [www: science-education.ru/120-14823](http://www.science-education.ru/120-14823) (дата обращения: 10.10.2014).

ДИНАМИКА МАССЫ И ФРАКЦИОННОГО СОСТАВА ДРЕВЕСНОГО ОПАДА СОСНОВЫХ ЛЕСОВ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА В УСЛОВИЯХ АЭРОТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Е.А. Иванова¹, Е.А. Белова¹, Н.В. Лукина²

¹ Институт проблем промышленной экологии Севера Кольского НЦ РАН,
г. Апатиты

² Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН, г. Москва

Древесный опад, составляющий до 60% от общего опада в северотаежных лесах [2], играет важную роль в биогеохимических циклах в лесных биогеоценозах. Опад – основной источник питания и среда обитания для большинства беспозвоночных животных и микроорганизмов, обеспечивающих его минерализацию. Кроме того, опад является источником органического вещества для формирования почв и питательных веществ для лесных растений [3].

Увеличение потока кислотообразующих веществ (соединений серы) и тяжелых металлов вследствие развития горнодобывающей промышленности негативно влияет на лесные биогеоценозы. В условиях воздушного загрязнения реакция растительности проявляется в изменении массы опада и составляющих его компонентов. В центральной части Кольского п-ова основным источником выбросов сернистого газа и полиметаллической пыли, определяющим техногенную нагрузку, является комбинат «Североникель». Исследование изменений в количестве общего опада и его отдельных фракций в многолетней динамике, а также тщательное изучение изменения соотношения отдельных фракций в зависимости от расстояния до источника техногенного загрязнения и выявление определенных закономерностей этих процессов могут способствовать более глубокому пониманию специфики биогеохимических циклов элементов в лесах Севера.

Цель данной работы – исследование динамики массы и фракционного состава древесного опада сосновых лесов Кольского п-ова в условиях техногенного загрязнения на основе многолетних данных. Растительный материал собирали круглогодично с помощью конических опадоуловителей и дважды отбирали на анализ: в октябре и июне на трех стационарных мониторинговых площадках, расположенных в фоновых, дефолирующих лесах и техногенных редколесьях [1]. Опадоуловители на учетных площадках расположены в межкروновых (по шесть на каждой) и подкروновых (по три на каждой) пространствах. Древесный опад разбирался на отдельные фракции (хвоя, кора, ветки, шишки, семена сосны, завязи шишек сосны, лист березы, хвоя ели, семе-

на березы, лист ивы и неидентифицированные остатки) с последующим их взвешиванием. Проведена статистическая обработка данных по фракционному составу опада за период 1995-2015 гг.

Основную массу годового опада в фоновых лесах составляют хвоя, кора, ветки, шишки сосны, в дефолирующих лесах и техногенных редколесьях к ним добавляются листья березы. По сравнению с фоновыми условиями, в дефолирующих лесах и редколесьях по среднегодовым и периодическим (июнь-сентябрь и октябрь-май) значениям увеличивается масса таких фракций, как листья березы, неидентифицированные остатки, семена сосны, и уменьшается масса основных фракций, завязей шишек сосны и надрубных лишайников, при этом общая годовая масса опада, а также отдельно по сезонам, в дефолирующих лесах и техногенных редколесьях меньше, чем в фоновых условиях. Выявлено, что количество поступающего древесного опада изменяется в зависимости от периода отбора: в период июнь-сентябрь, охватывающий время активного роста и развития растений, доля от годового поступления опада составляла 72-75%, в период октябрь-май – 25-28%. Кроме того, установлено, что масса опада подкрупных пространств больше, чем в междрубных в два-три раза на разных стадиях дефолиации.

Статистическая обработка данных показала, что в среднем масса опада по годам варьировала в фоновых условиях от 422.7 до 907.1 кг/га в год, дефолирующих лесах – от 308.0 до 817.0, в техногенных редколесьях – от 253.7 до 853.3 кг/га в год. Общая масса, как общего годового опада, так и отобранного по периодам, имеет тенденцию к увеличению за последние 20 лет на стадиях дигрессии, в основном за счет увеличения массы основных фракций, таких как хвоя, кора и шишки сосны.

ЛИТЕРАТУРА

1. *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.; Ч. 2. 192 с.
2. *Никонов В.В., Лукина Н.В.* Биогеохимические функции лесов на северном пределе распространения. Апатиты, 1994. 315 с.
3. *Berg B., Albrektson A., Berg M.P. et al.* Amounts of litter fall in some pine forests in European transect, in particular Scots pine // *Ann. For. Sci.*, 1999. Vol. 56. P. 625-639.

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЛЕСНЫХ ПОЧВ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ОСТРОВА САХАЛИН В УСЛОВИЯХ ДЛИТЕЛЬНОГО НЕФТЕЗАГРЯЗНЕНИЯ

Е.И. Ковалева^{1,2}, А.С. Яковлев¹

¹ Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва

² Автономная некоммерческая организация «Экотерра», г. Москва

Остров Сахалин является одним из наиболее развитых и старейших нефтегазодобывающих районов в Российской Федерации. Добыча нефти на суше Сахалина ведется с 1923 г. В результате нефтегазопроисловых работ по состоянию на 1 января 2012 г. в области открыто 79 месторождений нефти и газа, подавляющая часть их (свыше 50) в северо-восточной части острова. В последнее десятилетие наблюдается постепенное снижение добычи на континенте в связи со значительным истощением разведанных запасов, в то время как почвенный покров территории продолжает испытывать антропогенное воздействие; сохранились большие площади нерекультивированных земель со старыми нефте разливами. Наличие земель разного возраста нефтезагрязнения определяет необходимость изучения свойств нефтезагрязненных почв и продуктов трансформации нефти во времени, для установления допустимого остаточного содержания нефти и продуктов ее трансформации в почвах разного возраста нефтезагрязнения и разработки рекултивационных мероприятий.

Цель работы – оценка состояния лесных почв северо-восточной части о-ва Сахалин в условиях длительного загрязнения нефтепродуктами. В пределах восточной части Северо-Сахалинской равнины преобладают лиственные редколесья, в которых доминирует лиственница Каяндера (*Larix cajanderi*), чередуясь с зарослями кедрового стланика.

Особенности факторов почвообразования (преобладание осадков над испарением, наличие почвообразующих пород легкого гранулометрического состава, опад с низкой зольностью) [1, 2] определяют кислый элювиальный тип почвообразования с преобладанием различных подтипов подзолов на возвышенных участках и склонах. В локальных депрессиях рельефа развиваются торфяные олиготрофные и торфяные эутрофные почвы.

Объектами исследования послужили нефтезагрязненные почвы территории, прилегающей к заброшенному нефтепромыслу (возраст нефтезагрязнения 25 лет), а также их аналоги на фоновой территории: подзол иллювиально-гумусовый и подзол иллювиально-железистый мощный (верхняя часть склона); торфяно-

подзол иллювиально-гумусовый (выровненная часть локальной депрессии); подзол глеевый иллювиально-железистый (нижняя часть склона), торфяная олиготрофная типичная мощная (локальная депрессия с верховым болотом). Название почв приводится по классификации и диагностике почв [3].

Нефтезагрязнение почв выражается в наличии битуминизированной корки на поверхности почвы, в присутствии нефтяных углеводородов в почве до глубины 80 см. Почвенная масса характеризуется переуплотнением. Техногенное воздействие на почвы приводит к изменению геохимических параметров, а именно загрязнению нефтепродуктами, хлоридами. Общее содержание нефтепродуктов в почвах фоновых территорий варьирует от 0.324 до 3.4 г/кг почвы в органогенных горизонтах, и 0.012 до 0.349 г/кг почвы в песчаных минеральных горизонтах. Содержание нефтепродуктов в нефтезагрязненных почвах составляет в гумусовых горизонтах от 2 до 54 г/кг, подзолистых – от 1.5 до 26, иллювиальных – от 1.5 до 8 г/кг. Реакция среды во всех горизонтах нефтезагрязненных почв изменилась на 1.5-2 единицы и варьирует в пределах 5.7-6.3, тогда как фоновые почвы характеризовались кислой реакцией среды (рН 4.2-5.0). Изучен состав нефти, добываемой на о-ве Сахалин, особенностями которой является низкая плотность, малое содержание парафиновой фракции, отсутствие гудрона, асфальта после вакуумной перегонки мазутной фракции. Анализ нефтепродуктов из почв 25-летнего возраста нефтезагрязнения, в сравнении со свежей нефтью, выявил изменения во фракционном составе: преобладают высококипящие фракции, изменяются отношение пристана к фитану, геохимический параметр CPI. Таким образом, нефтяные углеводороды сохраняются долгие годы, претерпевая изменения во фракционном составе, что приводит к изменению их токсичности и необходимости экологического нормирования почв со старым нефтезагрязнением с целью установления допустимого остаточного содержания нефти и продуктов ее трансформации в лесных почвах.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ивлев А.М.* Почвы Сахалина. М.: Наука, 1965. 116 с.
2. *Ивлев А.М.* Особенности генезиса и биогеохимии почв Сахалина. М.: Наука, 1977. 144 с.
3. Классификация и диагностика почв России / Сост. Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева, М.И. Герасимова. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.

ВЛИЯНИЕ АНТРОПОГЕННОЙ ЭМИССИИ СОЕДИНЕНИЙ АЗОТА НА БИОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ПОЧВ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ

И.Ю. Кудреватых, К.В. Иващенко, Е.А. Иванищева

Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,
г. Пущино

В XIX-XX вв. сельское хозяйство и сжигание ископаемого топлива значительно увеличили глобальные выбросы и выпадения химически активных форм азота. Опасность азотного загрязнения заключается в том, что оно распространяется на большие расстояния от источников выбросов и определяет повышение геохимического фона на обширных территориях. Исследованиям, направленным на изучение влияния повышенной антропогенной эмиссии N на природные экосистемы, уделяется большое внимание как в зарубежной, так и в отечественной науке. Однако до сих пор мало изучены вопросы, связанные с определением последствий, происходящих в естественных экосистемах, в условиях долговременного относительно невысокого уровня поступления N. Актуальность нашего исследования также определяется выбором лесов в качестве объектов, так как лесная растительность способствует усилению потока поллютанта за счет сухого осаждения, которое в два-три раза выше по сравнению с травмами и кустарниками.

Известно, что почва – ключевой элемент окружающей среды, а ее отклик на нарушение природных процессов под воздействием атмосферных поллютантов отражает многие биогеохимические процессы в экосистемах. Для лесных экосистем почвенный пул $N_{\text{мин}}$ в основном представлен аммонием, это связано с тем, что в процессе минерализации аммиак после высвобождения из органических соединений закрепляется в субстрате, и поэтому в водорастворимом состоянии встречается в малом количестве. Увеличение доли $N\text{-NO}_3$ в лесных почвах практически индицирует разбалансированность азотного цикла. Другим почвенным показателем, реагирующим на дополнительное поступление N из атмосферы, является соотношением C/N. Выявлено, что для лесных почв, где соотношение $C/N < 21$, взаимосвязь между интенсивностью атмосферной поставки азота сильная ($R^2 = 0.74$), а при соотношении $C/N > 21$ – намного слабее ($R^2 = 0.33$). В лесах умеренного пояса азот является лимитирующим фактором для роста растений и микроорганизмов. Его дополнительное поступление в экосистемы приводит к ускорению процессов минерали-

зации органического вещества, что, в свою очередь, увеличивает выделение CO_2 и рост микробной биомассы.

В связи с вышеизложенным цель исследования – оценка влияния антропогенной эмиссии азота на биогеохимические параметры почв лесных экосистем в условиях долговременной относительно невысокой эмиссии азота.

Изучали леса Московской и Костромской областей, расположенные в областях с сильно различающимися уровнями антропогенной эмиссии $\text{N}_{\text{мин}}$. Выбранные участки были представлены мелколиственными, хвойными и смешанными лесами (возраст 40-60 лет). Почва исследованных участков дерново-подзолистая от легкого до тяжелого гранулометрического состава, со значением рН от 4.3 до 5.8.

Для оценки уровня поступления $\text{N}_{\text{мин}}$ из атмосферы использовался метод снегосъемки, позволяющий оценить как сухое, так и влажное осаждение. Почву отбирали из верхнего гумусового горизонта до глубины 0-10 см с учетом того, что в лесах таежно-широколиственной зоны для этого слоя характерна высокая активность микробиоты. В образцах почвы определяли содержание углерода микробной биомассы ($\text{C}_{\text{мик}}$) методом субстрат-индуцированного дыхания, скорость базального (микробного) дыхания (БД); концентрации N-NH_4 и N-NO_3 в снежных и почвенных пробах проводили фотоколориметрическим методом с использованием фенолятигипохлоритной реакции в модификации В.Н. Кудеярова; соотношение C/N в почве определяли с применением автоматического CN анализатора VARIO ELIII.

Согласно полученным данным, суммарное выпадение $\text{N}_{\text{мин}}$ для исследованных участков варьировало в пределах от 0.4 до 15 $\text{кг N га}^{-1} \text{ год}^{-1}$. В атмосферных выпадениях большинства исследованных участков преобладали нитраты. Содержание N-NO_3 в атмосферных выпадениях $>4 \text{ кг N га}^{-1} \text{ год}^{-1}$ отмечено для лесов, расположенных в зоне атмосферного переноса поллютантов от г. Москвы и крупных промышленных центров. Для лесов на относительно удалении от источников техногенной эмиссии азота (восточные, западные и юго-западные районы Подмосковья и Костромская область), выпадение нитратов было $<4 \text{ кг N га}^{-1} \text{ год}^{-1}$, в среднем составило 1-2 $\text{кг N га}^{-1} \text{ год}^{-1}$.

В исследованных нами образцах гумусовых горизонтов лесных почв концентрации N-NH_4 изменялись в пределах 4-11 мг N кг^{-1} почвы, содержание N-NO_3 варьировало от следовых количеств до 13 мг N кг^{-1} . В почвах нескольких лесных участков выявлено преобладание N-NO_3 , что может свидетельствовать как об адаптации лесных экосистем к условиям лимитированности азо-

том, так и о влиянии антропогенных источников. Статистический анализ данных показал, что суммарный пул $N_{\text{мин}}$ в лесных почвах в большей степени определяется именно концентрацией $N\text{-}NO_3$ ($r = 0.85$). Отмечена также корреляция $N\text{-}NO_3$ с уровнем выпадений $4 \text{ кг N га}^{-1} \text{ год}^{-1}$ ($r = 0.76$).

Соотношение C/N для исследуемых почв варьировало от 12 до 28. Проведенные исследования не показали корреляционных зависимостей между выпадением минеральных форм азота и соотношением C/N в почве, а также не выявили корреляции с содержанием $N_{\text{мин}}$ в почве. Можно сделать вывод, что относительно невысокие уровни поставки азота не оказывают существенно влияния на соотношение C/N почв.

В дерново-подзолистой почве лесов значения $C_{\text{мик}}$ и БД варьировали от 51 до 476 мкг C г^{-1} и 0.21 до $1.61 \text{ мкг C-CO}_2 \text{ г}^{-1} \text{ ч}^{-1}$ соответственно. Обнаружена значимая положительная взаимосвязь между содержанием $N_{\text{мин}}$ в почве и микробной биомассой ($r = 0.76$), $N_{\text{мин}}$ и скоростью микробного дыхания ($r = 0.62$). В изученных лесах, где выпадения азота были менее $1 \text{ кг N га}^{-1} \text{ год}^{-1}$, величины $C_{\text{мик}}$ и БД в среднем составляли $192 \pm 177 \text{ мкг C г}^{-1}$ и $0.81 \pm 0.31 \text{ мкг C-CO}_2 \text{ г}^{-1} \text{ ч}^{-1}$, а в экосистемах с выпадениями от $1.5\text{-}8.0 \text{ кг N га}^{-1} \text{ год}^{-1}$ – выше в 1.5 и 1.4 раза соответственно. В нашем исследовании содержание $N_{\text{мин}}$ в почвах лесных экосистем было относительно невысоким и, возможно, лимитировано для почвенных микроорганизмов, чем и объясняется пропорциональное увеличение микробной биомассы и ее активности с повышением концентрации $N_{\text{мин}}$ в почве.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 14-04-00098.

ВЛИЯНИЕ РЕКРЕАЦИИ НА СОСТОЯНИЕ ПОЧВЕННЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ В ЛЕСОПАРКАХ МОСКВЫ

В.А. Кузнецов, Г.В. Стома, И.М. Рыжова

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва

По литературным данным, в городских лесопарках с увеличением рекреационной нагрузки уменьшается разнообразие почвенных беспозвоночных и в 2-20 раз снижаются их численность и биомасса [2, 3].

Цель настоящей работы – оценка состояния сообщества мезопедобионов на участках различных стадий дигрессии.

Объекты исследования – дерново-подзолистые почвы двух лесопарков г. Москвы: Лосиног острова и Битцевского леса. На участках каждой из пяти стадий дигрессии на тропинках, в прилегающих к ним зонах (на удалении 20, 50 и 100 см) и территории вне прямого влияния тропинок осуществлялся учет численности, биомассы и группового состава беспозвоночных в подстилке и 0-10 и 10-20 см слоях почвы методом ручной разборки монолитов [1]. Для оценки зависимости состояния мезопедобионтов от уровня рекреационной нагрузки анализировались систематические выборки, составленные с учетом площади дорожно-тропичной сети на каждой из стадий дигрессии.

В почвах I-II стадии дигрессии суммарная численность мезопедобионтов в подстилке и минеральных слоях почвы изучаемых парков примерно одинакова, ее уменьшение в 1.3-1.4 раза фиксируется только на III стадии дигрессии, что обусловлено, главным образом, угнетением комплекса беспозвоночных подстилки, численность которого снижается в два раза (рис. 1).

На V стадии дигрессии суммарная численность мезопедобионтов снижается в 2.1-2.3 раза, наиболее заметно в подстилке: в Лосином острове – в четыре раза, а в Битцевском лесу – в семь. Таким образом, с ростом рекреационной нагрузки относительная доля мезофауны в подстилке уменьшается, а в минеральных слоях почвы – увеличивается.

Статистически значимое уменьшение суммарной биомассы почвенных беспозвоночных отмечено уже на II стадии дигрессии, а при переходе к V стадии она снижается в 2-2.5 раза (рис. 2).

Под влиянием рекреации уменьшается разнообразие и изменяется долевое участие различных групп мезопедобионтов. На первой стадии дигрессии доминантами являются насекомые

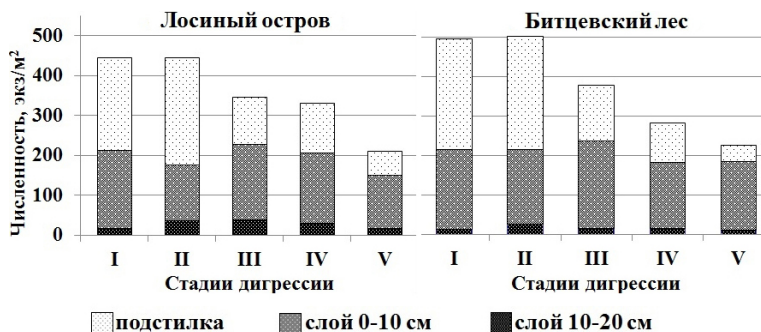


Рис. 1. Численность (экз./м²) мезофауны на участках разных стадий дигрессии.

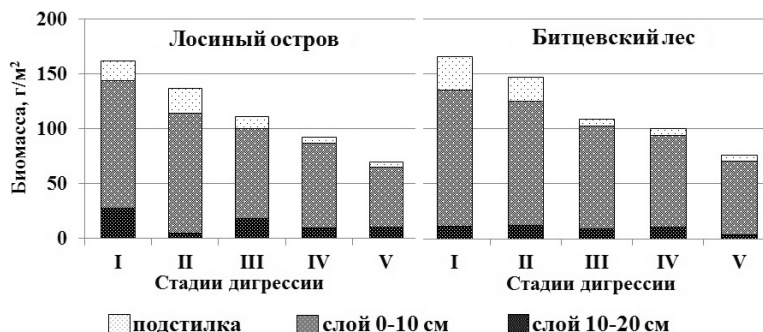


Рис. 2. Биомасса (г/м²) (n=3) мезофауны на участках разных стадий дигрессии.

(33%), многоножки (32) и малощетинковые черви (17), доля остальных – менее 10%. С возрастанием уровня рекреационной нагрузки в три раза увеличивается доля малощетинковых червей и в два раза снижается доля многоножек и насекомых. О снижении разнообразия мезопедобионтов свидетельствует уменьшение величины индекса Шеннона-Уивера в Лосином острове с 2.2 на I стадии до 2.0 и 1.6 соответственно на III и V стадиях дигрессии, а в Битцевском лесу – с 2.2 до 1.0 к V стадии дигрессии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гиляров М.С. Учет крупных почвенных беспозвоночных (мезофауны) // Методы почвенно-зоологических исследований. М., 1975. С. 12-29.
2. Грюнталь С.Ю. Почвенные беспозвоночные в условиях рекреационного лесопользования // Влияние рекреации на лесные экосистемы и их компоненты. М., 2004. С. 215-248.
3. Захаров А.А., Бызова Ю.Б., Уваров А.В. и др. Почвенные беспозвоночные рекреационных ельников Подмосковья. М., 1989. 233 с.

АНТРОПОГЕННОЕ ИЗМЕНЕНИЕ ПОЧВЫ В ГОРОДСКИХ ЛИСТВЕННЫХ НАСАЖДЕНИЯХ

А.Б. Лыиков

Институт лесоведения РАН, с. Успенское

В результате урбанизации в крупных городах происходит увеличение антропогенной нагрузки на городские и пригородные леса, имеющие важное природоохранное значение. Одним из ведущих факторов ухудшения экологического и санитарного состо-

ления лесов наряду с техногенными причинами стало рекреационное воздействие, которое приводит к постепенному повреждению лесных насаждений, уменьшению биологического разнообразия лесных видов и серьезным нарушениям почвенного покрова.

В лиственных лесах Серебряноборского опытного лесничества Института лесоведения РАН, прилегающих к жилому району «Крылатское» на территории ЗАО Москвы, изучали характер и интенсивность изменения некоторых показателей почвы под влиянием возникновения и развития рекреационной нагрузки. Исследуемые лиственные насаждения сформированы на легких почвах, развитых на транзитных формах рельефа, подверженных сильному воздействию эрозионных процессов.

С целью определения характера и динамики изменения почвенного покрова в результате рекреации проводили полевой эксперимент. Объектом исследования была постоянно и активно используемая рекреантами нахожденная тропа шириной около 1.0 м в приспевающем березняке волосистоосоковом на среднедерновых слабоподзолистых супесчаных иллювиально-железистых почвах. В конце весны тропа была перегорожена путем вкапывания деревянных столбов. Через некоторое время с одной стороны преграды в результате постоянного прохождения рекреантов образовалась новая огибная тропа.

Перед началом эксперимента проводили определение объемного веса верхнего 10-сантиметрового слоя почвы (горизонт A1) по трансекте, пересекающей старую и новую тропы. Эксперимент проводили в течение четырех лет, при этом выполняли замеры твердости почвы динамическим пенетрометром Д-51А.

Уже через несколько недель после начала эксперимента травяная растительность в центральной части огибной тропы была практически вытоптана, подстилка отсутствовала или была частично вдавлена в нижележащий минеральный почвенный горизонт. Уничтожение напочвенного покрова и обнажение поверхности почвы происходило быстро, однако в периферийной части огибной тропы местами еще сохранялись растительность и подстилка. По прошествии двух месяцев центр тропы оказался выбит до середины гумусово-аккумулятивного горизонта, а на периферии подстилка и напочвенная растительность отсутствовали.

Ширина огибной тропы через два-три месяца наблюдений стала примерно соответствовать ширине основной тропы, на ее обочине напочвенная растительность сохранилась. Последующие изменения морфологии почвы на тропе были не столь значительными, выражаясь в полном исчезновении травяной растительно-

сти и подстилки на тропе, углублении поверхности средней части тропы, врезании ее в толщу горизонта А1.

Многолетний эксперимент по оценке изменения объемного веса и твердости ненарушенной почвы березняка под влиянием вытаптывания рекреантами показал интенсивную динамику этого процесса. В центральной части искусственно сформированной тропы объемный вес исходной ненарушенной почвы (в верхнем 10-сантиметровом слое равный 1.0 г см^{-3}) уже через месяц наблюдений вырос на 11%, через четыре месяца – почти на 25%. Плотность бывшей периферийной части старой тропы повысилась в результате увеличения рекреационной нагрузки на 8%, а через четыре месяца – на 15%, практически достигнув максимальных значений плотности на старой тропе – около 1.6 г см^{-3} .

Через год после начала эксперимента объемный вес почвы в центре новой огибной тропы вырос на 43% по сравнению с контролем, достигнув величины 1.44 г см^{-3} . На четвертый год наблюдений в ложе искусственно сформированной тропы материал верхнего гумусового горизонта отсутствовал, дно тропы оказалось заглубленным на 3-4 см. Объемный вес почвы на этом участке тропы составил 95% от величины объемного веса почвы на старой контрольной тропе, эксплуатируемой в течение многих лет. При этом плотность почвы в центре старого участка тропы, выведенного из пользования, стала постепенно снижаться и достигла через 3.5 года 1.32 г см^{-3} против 1.65 г см^{-3} в начале опыта.

Полученные данные, характеризующие интенсивное уплотнение почвы в результате эксплуатации новой огибной тропы, подтверждаются также измерениями твердости (динамического сопротивления) почвы верхнего горизонта, значения которой за эти годы выросли почти в 2.5 раза (с 1.4 до 3.4 Мпа). В центральной части новой тропы отмечаются признаки поверхностного оглеения почвы. Таким образом, в данном типе насаждения в результате прохода рекреантов за четыре года формируются тропы, которые по своей морфологии и характеристикам плотности и твердости почвы приближаются к тропам, существующим уже десятки лет.

ВОЗДЕЙСТВИЕ ПЕРЕМЕННЫХ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ И ЗАГРЯЗНЕНИЯ НИКЕЛЕМ НА МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ БУРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЫ КРЫМА

Т.В. Минникова, А.В. Трушков, Т.В. Денисова, С.И. Колесников
Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону

Проблема электромагнитного загрязнения окружающей среды в 1995 г. включена Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) в перечень наиболее приоритетных задач для человечества. В рамках этой проблемы ВОЗ реализует международный электромагнитный проект (WHO International EMF Project) [1]. Электромагнитные поля признаны все возрастающим антропогенным фактором как по интенсивности воздействия, так и по площади распространения на территории нашей планеты [6]. Тяжелые металлы (ТМ) ингибируют процессы минерализации и синтеза различных веществ в почвах, подавляют дыхание почвенных микроорганизмов, уменьшают обилие микроорганизмов, могут выступать как мутагенный фактор. ТМ оказывают угнетающее воздействие на ферментативную активность почвы [5, 8, 9]. Наиболее опасными среди ТМ считаются ртуть, кадмий, свинец, никель и мышьяк [7].

Существующие исследования в области сочетанного воздействия физических и химических факторов в основном направлены на исследование городских почв (урбаноземов) в непосредственной близости от источников магнитных полей и производств, переработки и добычи полезных ископаемых как источников тяжелых металлов в почве [10, 11].

Объектом исследования была бурая лесная почва. Образцы отбирали из верхнего слоя (А, 0-10 см) в окрестностях г. Симферополя Республики Крым (угодье – буковый лес). Для исследования был поставлен ряд модельных экспериментов. Изучали влияние переменного магнитного поля, загрязнения никелем и сочетанного воздействия. Свежевысушенные образцы почвы помещали в стеклянные сосуды, загрязняли никелем, увлажняли водой (до 60% от полной влагоемкости). Никель вносили в форме оксида (NiO) в концентрации 100, 1000 мг никеля на 1 кг почвы (что соответствует 1 и 10 ПДК никеля, принятых в Германии) в концентрации 1 и 10 ПДК. Почвенные образцы помещали в соленоиды с полями промышленной частоты (50 Гц) индукцией 50, 100 и 650 мкТл. Длительность эксперимента составила 10 сут. Лабораторно-аналитические исследования выполняли по общепринятым методикам [4]. Опыты ставили в трехкратной по-

вторности. Значение показателей в контрольных образцах принимали за 100%.

В результате исследований установлено, что на обилие бактерий рода *Azotobacter* переменное магнитное поле как самостоятельный фактор и в сочетании с загрязнением никелем не оказало какого-либо воздействия. На численность почвенных бактерий магнитное поле оказало ингибирующее действие. С ростом магнитной индукции наблюдали достоверное отличие от контрольного для вариантов Ni 1 ПДК+50 мкТл, Ni 10 ПДК+50 мкТл, Ni 1 ПДК+650 мкТл, Ni 10 ПДК+650 мкТл, составляющее 109, 92, 77, 28% ($p < 0.05$) отличия от контрольного значения соответственно. Более информативным и чувствительным показателем является обилие почвенных бактерий, определяемое методом люминесцентной микроскопии. Эти результаты подтверждают данные, полученные нами ранее [2, 3].

Исследование выполнено в рамках проектной части государственного задания в сфере научной деятельности Министерства образования и науки РФ № 6.345.2014/К и при государственной поддержке ведущих научных школ РФ (НШ-2449.2014.4).

ЛИТЕРАТУРА

1. Григорьев О.А., Бичелдей Е.П., Меркулов А.В. и др. Определение подходов к нормированию воздействия антропогенного электромагнитного поля на природные экосистемы // Ежегодник Российского национального комитета по защите от неионизирующих излучений. М.: Изд-во РУДН, 2003. С. 46-74.
2. Денисова Т.В., Казеев К.Ш. Влияние переменного и постоянно магнитных полей на биоту и биологическую активность чернозема обыкновенного // Радиационная биология. Радиоэкология, 2007. Т. 47. № 3. С. 345-348.
3. Денисова Т.В., Капралова О.А., Козина А.А. и др. Чувствительность и информативность показателей эколого-биологического состояния почв под влиянием электромагнитных полей // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки, 2011. № 1. С. 63-64.
4. Казеев К.Ш., Колесников С.И. Биодиагностика почв: методология и методы исследований. Ростов-на-Дону: Изд-во ЮФУ, 2012. 260 с.
5. Колесников С.И., Казеев К.Ш., Вальков В.Ф. Влияние загрязнения тяжелыми металлами на эколого-биологические свойства чернозема обыкновенного // Экология, 2000. № 3. С. 193-201.
6. Binhi V.N. Magnetobiology: underlying physical problems. San Diego: Academic Press, 2002.
7. Martin M., Richards M.J. PCB and heavy metal soil remediation, former boat yard, South Dartmouth, Massachusetts // Intern. J. Soil, Sediment and Water, 2009. Vol. 2. № 1. P. 1-5.

8. *Mikanova O., Kubat J., Mikhailovskaya N. et al.* Influence of heavy metal pollution on some soil biological parameters in the alluvium of the Litavka river // *Rostlinna Vyroba*, 2001. Vol. 47. № 3. P. 117-122.

9. *Murata T., Kanao-Koshikawa M., Takamatsu T.* Effects of Pb, Cu, Sb, Zn and Ag contamination on the proliferation of soil bacterial colonies, soil dehydrogenase activity, and phospholipid fatty acid profiles of soil microbial communities // *Water, Air and Soil Pollution*, 2005. Vol. 164. P. 103-118.

10. *Yang T., Liu Q., Chan L., Cao G.* Magnetic investigation of heavy metals contamination in urban topsoils around the East Lake, Wuhan, China // *Geophys. J. Int.*, 2007. Vol. 171. P. 603-612

11. *El-Hasan T., Al-Nawiseh A.-J., Lataifeh M.S.* Environmental Magnetism: Heavy Metal Concentrations in Soils as a Function of Magnetic Materials Content // *Jordan Journal of Earth and Environmental Sciences*. 2009. Vol. 2. (Special Publication, Number 1). P. 38- 49.

СОСТАВ АЗОТНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПОЧВ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГОРОДСКОЙ ТЕРРИТОРИИ (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА ПЕТРОЗАВОДСКА)

Е.В. Мошкина

Институт леса Карельского НЦ РАН, г. Петрозаводск

Экологические проблемы городов приобретают все более актуальное значение в связи с ростом урбанизации. Изучение городских почв в последнее время получило широкое распространение. Так, в результате проведенных ранее комплексных исследований под руководством Н.Г. Федорец было установлено изменение кислотно-основных свойств и микроэлементного состава почв г. Петрозаводска, показано накопление тяжелых металлов в верхних органогенных горизонтах по сравнению с их природными аналогами.

Особая актуальность исследования почвенного покрова городских лесов обусловлена их экологической и рекреационной ролью. Среди всех факторов, характеризующих лесорастительные свойства почв, особое место занимает азот, так как его содержание в условиях Карелии определяет продуктивность растительных сообществ.

Цель работы – выявление особенностей состава азотсодержащих соединений почв урбанизированных территорий и сравнение их количественных и качественных характеристик с природными почвами различного генезиса.

Объектами исследования стали почвы Петрозаводского городского округа, относящиеся к следующим категориям земле-

пользования: земли природно-рекреационных, природоохранных зон и земли общего пользования. Исследования проводились на семи пробных площадках (п.п.) (размером 10×10 м) в течение двух полевых сезонов 2013 и 2014 гг. В рекреационных лесах г. Петрозаводска п.п. заложены в наиболее распространенных на территории Карелии еловых, сосновых и мелколиственных насаждениях. Контролем стали сходные по генезису почвы естественных хвойных и мелколиственных биогеоценозов на территории заповедника «Кивач» и в его буферной зоне, а также в районе пос. Березовка Кондопожского района. На всех п.п. были заложены полнопрофильные почвенные разрезы с целью морфологического описания почв и отбора проб для химического анализа почв. Исследование динамики азотсодержащих соединений в почвах урбанизированных территорий проводили с июня по октябрь с периодичностью один раз в 10-14 дней.

В ходе исследования проведен анализ состава азотного фонда почв г. Петрозаводска, относящихся к разным категориям землепользования, и определена роль различных азотсодержащих веществ (в том числе аминокислот) в балансе азота. В результате работы получены новые данные, характеризующие процессы трансформации соединений азота в почвах естественных и антропогенно нарушенных экосистем Карелии. А также углублены представления о химическом составе фракций азотного фонда почв, выделяемых общепринятыми методами, за счет качественного и количественного определения свободных и связанных аминокислот. Определены запасы доступных для растений соединений азота в почвах урбанизированных территорий. Выявлена степень антропогенного воздействия на азотный фонд почв Петрозаводского городского округа. Полученные результаты могут быть использованы при закладке основ почвенного мониторинга и определения уровня плодородия почв.

Валовое содержание азота в почвах городских лесов с естественным профилем под мелколиственными лесами варьировало от 0.01 до 0.73%, в почве сосновых лесов – от 0.03 до 0.84, ельников – от 0.01 до 1.29%. Отмечено незначительное снижение содержания валового азота в верхней части профиля почв городских лесов по сравнению с контролем, что, возможно, связано с повышенной рекреационной нагрузкой, сопровождающейся активным вытаптыванием, которое приводит к уплотнению и сокращению мощности лесной подстилки и вырубкой деревьев, что существенно сокращает количество опада и отпада на изучаемой территории. При этом отмечено повышенное, по сравнению с природными лесами, содержание общего органического угле-

рода как в профиле почв городских лесов, так и в почвах земель общего пользования. Содержание минеральных форм азота в почвах городских лесов относительно невелико: нитратного азота от 0.09 (min) до 18.8 (max) мг на 100 г; аммонийного от 0.1 (min) до 12.2 (max) мг на 100 г. **Максимальное содержание аммонийного азота** наблюдалось в начале вегетационного периода, нитратного – в середине и конце. Отмечено увеличение доли содержания нитратного азота в азотном фонде городских почв. Содержание азота свободных аминокислот незначительное.

В целом, состав азотного фонда почв отражает различие экологических условий формирования почв и в значительной степени определяет их плодородие.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИЛ КарНЦ РАН № ГР 01201353230.

НАЗЕМНЫЕ РАДИОМЕТРИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В ИССЛЕДОВАНИИ ПОЧВ

Т.В. Пономарева, Е.И. Пономарев
Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, г. Красноярск

Наземная радиометрическая съемка позволяет изучить особенности формирования и распределения температурных полей в почвенном профиле. Тепловые снимки содержат информацию, которую практически невозможно получить каким-либо иным способом, например, с помощью снимков в видимом и ближнем инфракрасном диапазоне.

Естественные лесные и старопахотные почвы были исследованы разработанным авторами методом радиометрической съемки на территории стационара Института леса СО РАН «Погорельский бор», который входит в Красноярскую островную лесостепь, расположенную, главным образом, по левобережью Енисея.

Растительный покров «Погорельского бора» представлен преимущественно сосняками бруснично-разнотравными и разнотравными на дерново-подзолистых темно-серых и серых почвах. В настоящее время растительность «Погорельского бора» имеет интразональные характеристики флористического состава, что сближает его как с лесостепью, так с подтайгой и тайгой. Изменения травяного и мохового покрова связаны с динамикой, происходящей в древостое, и это будет отражаться на процессах почвообразования. В периферической части бора расположены

антропогенно-преобразованные почвы: пахотные или старопахотные, не обрабатываемые на протяжении различного срока.

Для изучения физических свойств и оценки распределения температуры в почвенном профиле на экспериментальных участках в различных типах леса были заложены почвенные разрезы, выполнено морфологическое описание и проведены съемки формирующегося в них теплового поля. Контактным методом проведены измерения температуры почвы электронными термометрами, бесконтактные измерения температуры выполнены с помощью тепловизора FLIR Systems Infra Cam: широкий спектральный диапазон (от 7.5 до 13 мкм), диапазон измеряемой температуры ($-10...+350\text{ }^{\circ}\text{C}$), чувствительность ($0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Количество получаемых значений радиометрической температуры для каждого почвенного профиля варьирует в зависимости от расстояния, с которого была произведена съемка, и от площади захвата профиля. В среднем радиометрическое изображение имеет размер 100×50 пикселей (5 тыс. значений температуры почвы). Графические изображения распределения температур в почвенном профиле построены по средним значениям в строке, т.е. с учетом горизонтальной вариабельности температуры.

Данные, представленные в виде пространственных диаграмм, названы нами «радиометрическими портретами» конкретного почвенного профиля. Такие портреты являются отображением текущего состояния почвенного профиля. Также выполнялась процедура классификации радиометрических изображений с использованием различного шага (ΔT) в качестве обучающей выборки (сигнатуры). Установлено, что классификация радиометрических изображений с заданным шагом $\Delta T\text{ }(^{\circ}\text{C})$ **позволяет выявить** строение почвенного профиля. В зависимости от степени детализации изображения, т.е. выбранной величины $\Delta T\text{ }^{\circ}\text{C}$, на радиометрическом портрете можно выделить основные почвенные горизонты либо при необходимости почвенные подгоризонты. Хорошо различимы зоны переходов из одного горизонта в другой. На изображениях фиксируются конфигурации горизонтов, крупные включения.

По характеру распределения радиометрической температуры в почвенных профилях серые и дерново-подзолистые почвы отличаются незначительно. На температурных кривых наблюдаются точки перегиба, которые соответствуют нижней границе гумусового горизонта. Распределение температуры может быть описано линейными функциями, отдельно для верхних гумусовых горизонтов и нижних минеральных с достоверностью аппроксимации $R^2 = 0.94\text{--}0.95$. Для нарушенных почв (пахотных и старопахотных) характерно наличие зон с повышенной температурой, что связано с антропогенным воздействием.

хотных) характерно распределение, которое описывается логарифмической функцией с достоверностью аппроксимации $R^2 = 0.98-0.99$. Такой вариант распределения температуры объясняется изменением теплофизических свойств почв в результате гомогенизации почвенного профиля, уплотнения и нарушения естественной структуры.

Для естественной серой почвы характерно периодическое скачкообразное изменение градиента температуры, что связано с особенностью строения профиля лесной почвы, имеющего неровные границы горизонтов, широкую зону перехода из одного горизонта в другой, выраженную структуру, высокую пористость в гумусовом горизонте. В старопашотных почвах границы горизонтов относительно ровные, и зона перехода между горизонтами гораздо уже. Резкое изменение градиента в этих почвах характерно только для верхней пятисантиметровой толщи. Радиометрические портреты, выполненные для разных почв или для одной почвы в разные сроки, позволяют анализировать качественные и количественные изменения физических свойств.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 14-04-00858).

ПОВЫШЕНИЕ ПЛОДОРОДИЯ ТЕМНО-КАШТАНОВЫХ СОЛОНЦОВЫХ ПОЧВ В СЕВЕРНОМ КАЗАХСТАНЕ

А.Н. Рахимжанов¹, С.В. Залесов²

¹ Республиканское государственное предприятие «Жасыл Аймак», г. Астана

² Уральский государственный лесотехнический университет, г. Екатеринбург

Исследования проводились на территории лесного питомника «Ак Кайын» РГП «Жасыл Аймак». Объектом исследований являлись слитные темно-каштановые солоцовые почвы.

Выбор направления исследований обусловлен высокой долей засоленных почв, а также крайне низким содержанием в них органического вещества, что ограничивает возможности выращивания стандартного посадочного материала. Особо следует отметить, что обеспечение лесопригодности почв не может быть обеспечено агротехническими приемами обработки и внесением традиционных минеральных и органических удобрений [1, 2].

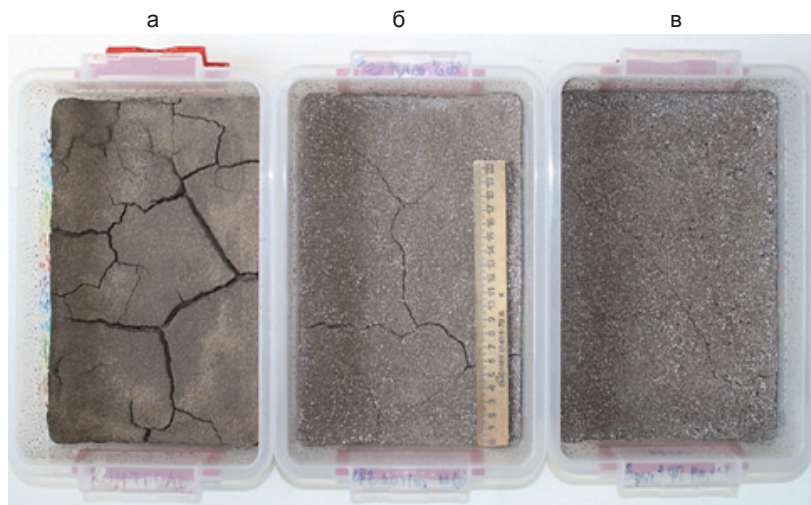
В процессе исследований предпринята попытка изучения возможности повышения плодородия и лесопригодности почв мелиоративными приемами.

Работа проводилась в два этапа. На первом предпринята попытка физического моделирования в лабораторных условиях процессов мелиорации засоленных почв внесением золы, серы, биогумуса, фосфогипса в различных сочетаниях и дозах.

Цель модельных опытов – ликвидация слитогенеза и образования почвенной корки. Опыты проводились в течение шести месяцев, при этом экспериментально подбирались оптимальные дозы мелиорантов на почвенных моделях по ликвидации коркообразования (см. рисунок).

Лучшие результаты получены в вариантах опыта с внесением фосфогипса в дозе 20 т/га с золой в дозе 10 т/га. Кроме того, неплохие результаты достигнуты при совместном внесении в качестве мелиорантов золы в дозе 10 т/га, серы и биогумуса – по 8 т/га.

Вторым этапом работ являлось проведение полевых опытов. Последние проводились на двух опытных участках. На первом участке в трехкратной повторности вносились мелиоранты в дозах: фосфогипс 30 + зола 15 т/га; фосфогипс 60 + зола 30 т/га; на втором – комбинированные мелиоранты в различных дозах и сочетаниях. Однако в связи с недостаточной продолжительностью эксперимента выводы о наиболее эффективных сочетаниях вносимых мелиорантов при полевых опытах нужно считать преждевременными.



Эффективность внесения мелиорантов: а – контроль; б – фосфогипс (20 т/га); в – зола (10 т/га) и фосфогипс (20 т/га).

Выводы

1. Ликвидация коркообразования и трещиноватости темно-каштановых солонцовых почв можно добиться внесением комбинированных мелиорантов.

2. По результатам модельных опытов лучший эффект достигается при совместном внесении фосфогипса в дозе 20 т/га и золы в дозе 10 т/га.

3. Неплохие результаты достигаются при внесении в качестве мелиорантов смеси из 10 т/га золы, по 8 т/га серы и биогумуса.

4. Внесение по отдельности серы и золы в дозах 4 и 8 т/га не дает положительного эффекта.

5. Важное значение мелиорации темно-каштановых солонцовых почв для лесовыращивания вызывает необходимость продолжения исследований с проведением полевых опытов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кан В.М., Залесов С.В., Рахимжанов А.Н. Мелиоративные приемы борьбы с коркообразованием на лесном питомнике «Ак Кайын» в Республике Казахстан // Современные проблемы науки и образования, 2015. № 1. URL: <http://www.science-education.ru/121-17592> (дата обращения: 03.03.2015).

2. Кан В.М., Рахимжанов А.Н., Залесов С.В. Повышение плодородия почв лесного питомника «Ак кайын» // Аграрный вестник Урала, 2013. № 8 (114). С. 39-43.

ТРАНСФОРМАЦИЯ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ ПОД ЛЕСНЫМИ НАСАЖДЕНИЯМИ НА РАЗЛИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ РЕЛЬЕФА

О.А. Сорокина

Красноярский государственный аграрный университет, г. Красноярск

Полезащитная лесистость в Южной Сибири в два-три раза ниже нормы, а лесные насаждения часто находятся в неудовлетворительном состоянии. Искусственные лесные насаждения здесь направлены на формирование каркасной основы агроландшафта и являются одними из основных средостабилизирующих компонентов. Их воздействие, как правило, является почвоулучшающим.

Искусственные лесные насаждения, произведенные на эрозионно-опасных землях в прибрежной зоне лечебного оз. Шира Республики Хакасия, в настоящее время достигли 30-35-летне-

го возраста, приведя за довольно короткий срок произрастания к сукцессиям напочвенного покрова, микробиоты, изменению режима функционирования почв. Одна из задач комплексных исследований в этой зоне включает, наряду с оценкой состояния различных видов древостоев, изучение трансформации свойств почв и оценку их экологической устойчивости.

Наши работы проводились в катенах под искусственными насаждениями лиственницы сибирской (*Larix sibirica*), вяза приземистого (*Ulmus humilis*), и целины, расположенных на склоне юго-восточной экспозиции крутизной 1.5-2.0°, примыкающем к озеру. В каждой катене выбрали три точки, расположенные на разных элементах рельефа, сопряженных по геоморфологическому профилю: вершина, середина и подножие склона.

Почвы объектов исследования – агроземы аккумулятивно-карбонатные темные, преимущественно формирующиеся из черноземов с укороченным гумусовым горизонтом. Общее строение их профиля следующее: АUpa (РА)–BCAdc–Cca. Макроморфологическое описание почв свидетельствует, что во всех точках катены на целине формируется отчетливо выраженный дерновый горизонт мощностью до 5 см. В середине склона установлена самая большая мощность гумусово-аккумулятивного горизонта (до 20 см) при такой же мощности дернины. Максимальная мощность подстилки, дифференцированной на два подгоризонта по степени разложения, зафиксирована в средней части склона катены под лиственницей (4 см). Нижний слой подстилки на контакте с минеральной частью почвы густо пронизан грибным мицелием. Отчетливо видна микоризация корневых окончаний лиственницы. В верхней и средней точках катены под вязом формируется слабовыраженная фрагментарная подстилка. В то же время, мощность аккумулятивного горизонта в различных точках катены под вязом составляет от 23 до 34 см соответственно.

В целом, профиль почвы в верхней и средней точках катены на целине хорошо гумусирован (до 10% гумуса), а также характеризуется максимальным содержанием валового азота, что свидетельствует о развитии процессов биогенной аккумуляции. В катене под насаждениями лиственницы наибольшее количество гумуса (до 5.6%), валового азота, фосфора и калия содержится в профиле почвы середины склона, которая выполняет здесь функцию аккумуляции органического вещества. Содержание гумуса и валовых форм элементов питания под насаждениями вяза больше, чем под лиственницей. Здесь все три точки катены выполняют функцию биогенной аккумуляции. Однако по сравнению с целиной процесс гумусонакопления под вязом суще-

ственно слабее. В почве целины наблюдается довольно широкое отношение углерода к азоту (C:N), свидетельствующее о слабой минерализации гумуса и развитии дернового процесса. Более узкое соотношение C:N наблюдается в почве на вершине и середине склона под лиственницей. Содержание обменных Са и Mg составляет 12-24 ммоль/100 г почвы. Реакция почвенной среды по всему склону на всех объектах среднещелочная. Максимальная аккумуляция минеральных форм элементов питания (аммонийного и нитратного азота, подвижного фосфора и обменного кальция) характерна для почв верхних точек всех катен. Такая биогенная аккумуляция не характерна для подобных элементов рельефа под естественными травяными биоценозами Ширинской степи, где функцию аккумуляции выполняют пониженные элементы рельефа.

Анализ водной вытяжки показывает, что почвы под лесными насаждениями и на целине незасоленные. Преимущественно присутствуют сульфаты кальция и магния. Более рассоляющее воздействие на почву оказывает вяз приземистый, под которым установлена самая низкая концентрация легкорастворимых солей.

Сумма агрономически ценных агрегатов (АЦФ) в почвах целины оптимальная (75-76%), что связано с хорошо развитым травяным покровом. Под лиственницей содержание АЦФ (от 57.2 до 60.3%) свидетельствует о хорошем структурном состоянии почв на различных элементах рельефа. В почве под вязом отличная структура отмечена в верхней точке катены, где АЦФ составляет 72%. Это объясняется более развитым травянистым покровом под разреженными насаждениями вяза приземистого в сравнении с загущенными древостоями лиственницы сибирской.

Таким образом, искусственные лесные насаждения в Ширинской степи оказывают положительное воздействие на свойства почв за счет биогенной аккумуляции гумуса, валовых форм элементов питания, кальция и образования подстилки, освобождения профиля от солей, особенно в средней части склона. Максимальную буферную роль играют биоценозы на элементах рельефа, расположенных в срединных частях склонов, примыкающих к озеру.

ТРАНСФОРМАЦИЯ ЛЕСНЫХ ПОЧВ В РЕЗУЛЬТАТЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ПРИРОДНЫХ ЯВЛЕНИЙ

Р.Р. Сулейманов¹, Э.Ю. Котлугалямова²

¹ Институт биологии Уфимского НЦ РАН, г. Уфа

² Национальный парк «Башкирия», пос. Нугуш

Видовое разнообразие растительного покрова Республики Башкортостан во многом определяется местонахождением на стыке Южного Урала с равнинной частью Западно-Сибирской низменности, прилегающих к нему равнин Предуралья и узкой полосы Зауральских степей. Такое расположение республики обуславливает чрезвычайную пестроту ее ландшафтов и широкий контраст почвенно-климатических условий, богатство природных ресурсов и разнообразие растительного мира. Современная флора представлена (в % от территории республики) лесной (38%), луговой (11), водной и болотной растительностью (0.3%). В составе лесов преобладают хвойные и твердолиственные породы. Леса размещены неравномерно, лесистость территории колеблется от 6-10% в юго-западных районах до 60-90% – в восточных и северо-восточных. В свою очередь, в видовое разнообразие растительности вносит свой вклад и почвенный покров. Поэтому роль почв как пространственного и ресурсного базиса экосистем возрастает именно в контексте сохранения биологического и ландшафтного разнообразия.

В то же время в горной лесной части республики случается проявление экстремальных природных явлений (пожары, ураганы), которые, в свою очередь, становятся одной из серьезнейших нерешенных экологических проблем лесов. Почва, как неотъемлемая составная часть лесных биогеоценозов, также испытывает на себе разностороннее отрицательное влияние этих явлений, которым в системе деградации почвенного покрова принадлежит особое место, что обусловлено их специфическим воздействием на окружающую среду.

Так, например, при оценке влияния разновозрастных низовых пожаров на свойства почв, сформированных на крутых склонах под сосновыми лесами – темно-серых, серых и литогенных, было выявлено, что через два-три месяца после воздействия огня в верхних горизонтах почв происходит снижение плотности сложения, возрастание наименьшей, капиллярной и полной влагоемкости, подщелачивание почвенного раствора, увеличение содержания зольных элементов, в том числе калия, кальция, маг-

ния и фосфора, щелочно-гидролизуемого азота. Сгорание растительности и лесной подстилки приводит к увеличению содержания гумуса, в его составе повышается доля гуминовых кислот, особенно связанных с кальцием, возрастает его обогащенность азотом.

В профиле темно-серой пирогенной почвы, сформированной в средней части крутого склона, на глубине 30 см обнаружены погребенные горизонты со следами старого пожара, что свидетельствует о развитии интенсивной послепожарной водной эрозии.

В местах воздействия ураганов также отмечается изменение свойств почв – это уменьшение мощности гумусово-аккумулятивного горизонта, минерализация растительных остатков в условиях континентального климата и близкое залегание карбонатных пород, что способствует нейтрализации кислых продуктов разложения, а также повышению содержания и закреплению гумуса и щелочногидролизуемого азота.

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ДИНАМИКА ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ОРГАНОГЕННОГО ГОРИЗОНТА ПОЧВЫ СЕВЕРОТАЕЖНЫХ ЛЕСОВ В УСЛОВИЯХ АТМОСФЕРНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Т.А. Сухарева

Институт проблем промышленной экологии Севера Кольского НЦ РАН,
г. Апатиты

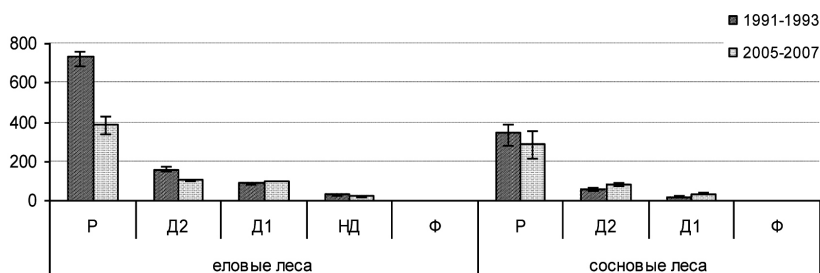
Особенности формирования регионального загрязнения в Мурманской области обуславливают специфику ответной реакции лесных экосистем. Преобладание в атмосферных эмиссиях предприятий горно-металлургического комплекса соединений серы и тяжелых металлов приводит к разноплановым последствиям в функционировании северотаежных лесов, в том числе, наблюдаются значительные нарушения в элементном составе органо-генного горизонта почвы.

Исследования проведены в 1991-2007 гг. в еловых и сосновых лесах в зоне воздействия медно-никелевого комбината «Североникель» (г. Мончегорск).

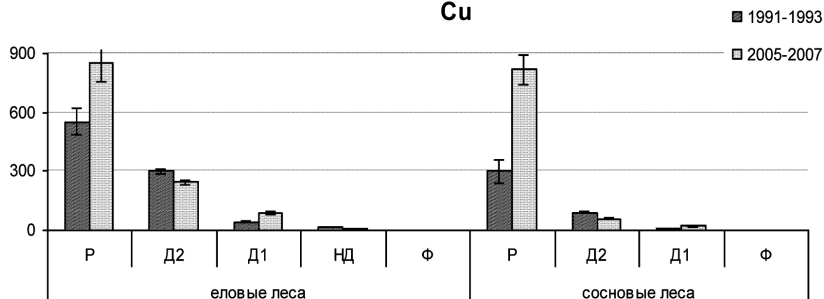
Выявлено многократное возрастание содержания никеля, меди, железа, серы в почвах, особенно в почвах древесных парцелл. Одновременно органо-генный горизонт почвы обедняется важнейшими минеральными элементами – кальцием, магнием, марганцем, цинком, калием, фосфором.

Содержание тяжелых металлов за период 1991-2007 гг. в почве увеличилось или осталось сопоставимым с уровнем 1991-1993 гг. И только в почве еловых редколесий содержание никеля достоверно снижается в почвах древесных парцелл. В сосновых редколесьях оно сопоставимо с уровнем накопления в начале 1990-х гг., одновременно существенно возрастала концентрация меди – в три раза (см. рисунок).

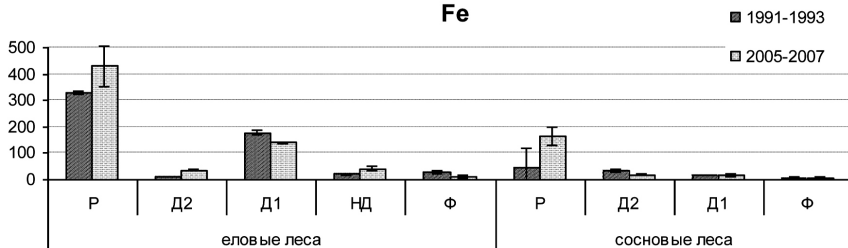
Ni



Cu



Fe



Динамика содержания никеля, меди и железа в органогенном горизонте почвы еловых и сосновых лесов (древесная парцелла), мг/кг.

Примечания. Стадии техногенной дигрессии лесов: еловые леса Ф – фон (260 км от комбината), Д1, Д2 – дефолирующие леса (30 и 28 км), Р – редколесье (7 км); сосновые леса: Ф – фон (270 км от комбината), Д1, Д2 – дефолирующие леса (80 и 30 км), Р – редколесье (10 км).

Снижение количества выбросов загрязняющих веществ в течение последних двух десятилетий не вызвало существенных положительных изменений в элементном составе органогенного горизонта почвы. В почве еще отмечаются высокие концентрации загрязняющих веществ, препятствующих оптимизации питательного режима лесных биогеоценозов.

Результаты изучения пространственно-временной динамики (1991-2007 гг.) кислотности и минерального состава почвы свидетельствуют о том, что несмотря на некоторые позитивные изменения (снижение кислотности, в отдельных случаях уменьшение концентрации тяжелых металлов в почве) достигнутое к настоящему времени сокращение выбросов загрязняющих веществ еще недостаточно для появления устойчивой тенденции к улучшению состояния лесных экосистем.

ДИНАМИКА ЗАПАСОВ ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА В РАЗНЫХ БЛОКАХ ЭКОСИСТЕМ В РЕЗУЛЬТАТЕ ПОСТАГРОГЕННОГО ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЯ

В.М. Телеснина, И.Е. Ваганов

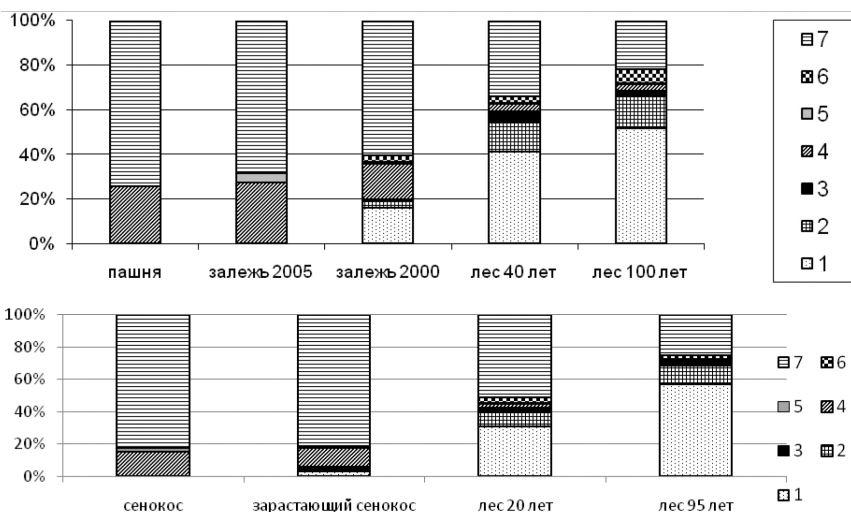
Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва

Важную роль в динамике углеродного баланса и трансформации почв в результате постагрогенеза играют смены растительности.

Цель работы – изучить постагрогенную динамику запасов углерода в разных составляющих экосистемы. Объекты (Костромская область) представляют собой два хроноряда. Первый – зарастающий сенокос. Почвообразующие породы – суглинки. Территория долго использовалась как сенокос после предварительной распашки, который постепенно зарастал. Стадии зарастания: луг, не косившийся два года – «сенокос»; луг, косившийся до 1999 г. – «зарастающий сенокос» (в 2012 г. сформирован древостой высотой до 2,5 м); березовый лес 20-22 лет; березово-еловый лес 95 лет. Почвы, соответственно: 1 и 2 стадия – агродерново-подзолистые реградированные, дерново-подзолистая постагрогенная, дерново-подзолистая. Другой участок – зарастающая пашня. Почвообразующие породы – пески с фрагментарными линзами глин. Стадии зарастания: пашня; залежь с 2005 г. (луг); залежь с 2000 г. (в 2012 г. сформирован несомкнутый древостой); осиново-березовый лес 40 лет; березово-еловый лес 100 лет. Почвы: агродерново-подзол, 2 и 3 стадии – агродерново-под-

зола реградируемые, дерново-подзоластагрогенный, подзол. На песчаных почвах через 13-14 лет после прекращения распашки древостой представлен ивой козьей, на суглинистых почвах бывшего сенокоса примерно в таком же возрасте – более разнообразным по видовому составу древостоем с преобладанием березы и ели. При этом биомасса древостоя на бывшей пашне превышает биомассу древостоя на бывшем сенокосе почти в пять раз, что говорит о большей скорости роста. Надземная масса травяного яруса уменьшается с началом возобновления древостоя в пять раз при зарастании пашни и в два-три раза – при зарастании сенокоса. Уменьшение подземной биомассы происходит не столь отчетливо.

Лесовосстановление сопровождается формированием органо-профиля, типичного для лесных почв. По мере увеличения возраста леса зольность подстилки уменьшается от 9-10 до 3.7-4.5% при увеличении запаса подстилки с 0-4 до 20 т/га. При зарастании пашни увеличивается содержание углерода в старопашотной толще (особенно в верхней трети) от 1.0 до 3-4%; при зарастании сенокоса по причине сложной истории освоения изменение содержания углерода не значимо. Запасы органического углерода в верхних 30 см возрастают при зарастании пашни почти в два



Соотношение запасов органического углерода в разных блоках постагрогенных экосистем: 1 – стволы и ветви, 2 – корни деревьев, 3 – листва и хвоя, 4 – корни травяного яруса, 5 – надземная биомасса травяного яруса, 6 – подстилка, 7 – почва в слое 0-30 см.

раза, достигая максимума в 40-летнем лесу (до 50 т/га). При за-
растании сенокоса запасы углерода несколько уменьшаются при
появлении древостоя, а затем начинают увеличиваться до 45-50
т/га в 95-летнем лесу. Общий запас углерода увеличивается по
мере сукцессии в обоих хронорядках. В течение постагрогенеза из-
меняется соотношение запасов углерода в разных компонентах
экосистем (см. рисунок).

В травяных экосистемах более 50% общего запаса составля-
ет углерод почвы в старопашотной толще, от 10 до 30% – углерод
подземной биомассы травостоя. По мере развития древостоя уве-
личивается роль углерода, депонированного в многолетних ча-
стях (более 50% после полного смыкания древостоя) и в подстил-
ке (до 5-10%). В лесных постагрогенных экосистемах доля угле-
рода минеральной части почвы составляет 35% (лес 40 лет), ме-
нее 20 (лес 100 лет на подзоле), около 30% (лес 95 лет на дерно-
во-подзолистой почве).

ЕСТЕСТВЕННОЕ ПОСТАГРОГЕННОЕ ВОССТАНОВЛЕНИЕ ЗАЛЕЖНЫХ ПОЧВ ТУНКИНСКОЙ КОТЛОВИНЫ

А.А. Черкашина, В.А. Голубцов, А.В. Силаев
Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, г. Иркутск

В результате агропроизводственного кризиса начиная с 1991 г.
на огромных пространствах России получили развитие постагро-
генные сукцессии, сопровождающиеся изменениями морфологи-
ческих и физико-химических свойств бывших пахотных почв.
Особенности их постагрогенной трансформации при естественном
лесовозобновлении изучены недостаточно. В этой связи выявле-
ние стадий и закономерностей трансформации таких почв явля-
ется актуальной задачей.

Исследования проводились на примере залежных почв Тун-
кинской котловины, расположенной на юго-западном фланге
Байкальской рифтовой зоны. Вовлечение земель в хозяйствен-
ное использование в пределах исследуемой территории протека-
ло асинхронно и на разных временных промежутках носило не-
одинаковый характер (выгоны, пашни, залежи и пр.). Как след-
ствие, исследуемые антропогенно-преобразованные почвы разли-
чаются длительностью постагрогенных изменений и характером
агрогенной и постагрогенной трансформации профиля.

Основу картографической части исследования составили ре-
троспективные топографические карты издания 1896-1914 гг.,
современные разномасштабные топографические материалы и

космические снимки Landsat (MSS, 5 TM и 7 ETM+). Все имеющиеся данные были переведены в цифровой вид, трансформированы в единую проекцию и систему координат. Совмещение разновременных слоев позволило выделить основные периоды изменений в структуре аграрного землепользования территории исследования за последние 100-150 лет. На основе полученных данных о хозяйственном использовании котловины выявлено, что основные площади освоенных земель приходятся на предгорные наклонные и аллювиальные равнины. При этом, по данным полевых исследований и проведенного геоинформационного анализа, около 70% площадей распаханых земель предгорных равнин находятся на месте освоенных подсеčno-огневым способом лесных массивов, произраставших ранее на дерново-подбурях и дерново-буро-подзолистых почвах (данный тип почв выделен впервые для этой территории и соответствует региональному типу «скрытоподзолистых» почв).

Изучение особенностей постагрогенной трансформации почв производилось на ключевом участке площадью 25 км². Для этого были исследованы почвы разновременных залежей, возраста 100-120, 60 и 25 лет, находящиеся на различных стадиях естественного лесовосстановления. В качестве фоновых использовались ненарушенные дерново-подбурья и дерново-буро-подзолистые почвы.

Почвы предгорных наклонных равнин маломощны, вследствие чего при их освоении происходит припахивание нижележащих элювиальных и иллювиальных горизонтов. Так, дерново-буро-подзолистые почвы (AY-BEL-BT-C) преобразуются в агроземы текстурно-дифференцированные (P-BT-C), минуя стадию агродерново-подзолистых почв (P-BEL-BT-C). Дерново-подбурья (AY-BHF-C) при сельскохозяйственном освоении переходят в тип агроземов альфегумусовых (P-BF-C). Припахивание срединных горизонтов почв альфегумусового и текстурно-дифференцированного отделов приводит к формированию агроземов светлых (P-C). Последние, согласно нашим исследованиям, занимают более чем 50% площади освоенных земель.

Последствия агрогенеза выражаются в ухудшении структурного состояния, общей дегумификации, снижении азота, увеличении гуминовых кислот в групповом составе гумуса, подщелачивании $pH_{вод}$, изменении гранулометрического состава за счет гомогенизации минеральной массы различных генетических горизонтов.

С прекращением агрогенного воздействия происходит разуплотнение и переослаивание почвенной массы бывших па-

хотных горизонтов, сопровождающееся формированием дернового горизонта в их верхней части. На стадии 50-60-летней залежи граница старопашотного горизонта местами утрачивает ровный характер, отчетливо проявляется горизонт сформированной лесной подстилки, однако нижняя часть агрогоризонта еще сохраняет отчетливые признаки агрогенеза. По мере дальнейшего лесовосстановления отмечается восстановление гумусного состояния верхней части профиля бывших пахотных горизонтов. На уровне группового состава гумуса показатели, характеризующие его качество и процессы гумификации в залежных почвах, близки соответствующим показателям гумусовых горизонтов целинных почв. При более длительном естественном восстановлении (100-150 лет) структурное состояние гумусовых горизонтов исследованных постагрогенных почв и содержание в них общего углерода и азота становится близко к естественным аналогам.

Проведенные исследования показывают, что в ходе естественных постагрогенных сукцессий, получивших на территории исследования в данный момент повсеместное распространение, происходит восстановление естественного почвенного покрова территории. По нашим оценкам, через 120-150 лет он достигнет состояния, близкого к естественному.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ В ТЕХНОГЕННО ИЗМЕНЕННОЙ ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЕ

И.И. Шуктомова, Н.Г. Рачкова

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

Район исследований расположен на севере Пермской области, где в 1971 г. был произведен групповой подрыв трех ядерных зарядов мощностью по 15 кт тротилового эквивалента каждый [1]. Работы выполнялись в рамках программы, нацеленной на переброску вод северных рек в Каспийское море. В результате взрыва произошел выброс загрязненного искусственными радионуклидами грунта на значительное расстояние.

Нативные почвы территории – подзолистые и торфянисто-подзолистые, имеют низкое содержание гумуса и кислую реакцию среды, слабо насыщены основаниями. Почвообразующие породы представлены водно-ледниковыми песками и супесями, тяжелыми глинами и суглинками.

Для изучения профильного распределения радионуклидов были заложены три почвенных разреза. Мощности эквивалент-

ной дозы в местах их закладки соответствовали 3.3, 2.0 и 0.15 мкЗв/ч. Все разрезы были расположены на склоне навала. Опробовали насыпной грунт послойно через 5 см; из генетических горизонтов нативной погребенной подзолистой почвы отбирали среднюю пробу. Глубина исследования почвенного профиля соответствовала 120 см. Мощность навала грунта для первого разреза составляла 60, второго – 30 и третьего – 15 см.

Результаты исследования долговременной вертикальной миграции продуктов ядерного взрыва в техноземы на погребенной подзолистой почве свидетельствуют о преимущественной локализации ^{137}Cs , ^{90}Sr , ^{238}Pu и $^{239, 240}\text{Pu}$ в толще грунта, выброшенного при взрыве. В таежной зоне в условиях подзолистого почвообразования наибольшая интенсивность миграции в нативный слой почвы отмечается для радиоактивного стронция, а наименьшая – цезия, что согласуется с теоретическими представлениями об их миграционной способности в загрязненных средах. Распределение радионуклидов в профиле почв с разным уровнем техногенной нагрузки имеет сходные черты, которые проявляются в максимально высоком содержании и прочном поглощении исследуемых поллютантов в толще почвогрунта 0-20 см при заметном убывании их количества и увеличении подвижности с глубиной. Отличительной особенностью сильнозагрязненных почв является различное расположение максимума удельной активности радионуклидов. Для плутония он обнаруживается в слоях навала 5-10 и 10-15 см, для стронция и цезия – ближе к поверхности почвенного покрова. По удельной активности $^{239, 240}\text{Pu}$, определяющей общий уровень радиоактивности грунта, верхняя 20-сантиметровая толща навала в местах с радиоактивным фоном свыше 2 мкЗв/ч может быть отнесена к низко- и среднеактивным твердым радиоактивным отходам. С учетом парциального вклада исследуемых поллютантов, суммарная кратность превышения минимально значимой удельной активности этих материалов варьирует от 2 до 13. Количества техногенных плутония и стронция, превышающие их глобальный уровень, обнаруживаются в этих условиях на глубине 120 см, цезия – только в навале грунта. Плутоний-239, 240 интенсивно мигрирует вглубь профиля подзолистой почвы, поскольку представлен в ней в химически инертных фиксированных и кислоторастворимых формах.

Распределение всех исследуемых искусственных радионуклидов в почвенном профиле зависит от водородного показателя почвы как фактора, определяющего скорость разрушения «горячих частиц». Наиболее активно в процессы почвообразования вовлекаются стронций и цезий, на вертикальную миграцию кото-

рых в грунте дополнительное достоверное влияние оказывают содержания обменных кальция и магния, подвижных калия и фосфора.

При техногенной нагрузке, сопровождающейся незначительным повышением радиоактивного фона в сочетании с нарушением структуры и валового состава почвы, профильное распределение всех радионуклидов контролируется процессами почвообразования. Максимум радиоактивности грунта в этом случае хорошо выражен и сосредоточен в 0-5-сантиметровом слое навала, глубже которого содержания исследуемых поллютантов постепенно снижаются. При этом современный глобальный фон плутония и стронция оказывается превышенным в верхних 40 см, а цезия – 25 см этого почвенного профиля.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Лурье А.А.* Радиоэкологические исследования последствий подземных ядерных взрывов с выбросом грунта на севере Пермской области. Ч. 1. Радионуклидное загрязнение местности (почва, вода, донные отложения) // АНРИ, 2002. № 2. С. 21-30.

ВТОРИЧНОЕ ПОЧВООБРАЗОВАНИЕ НА АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАМЯТНИКАХ ТАЕЖНОЙ ЗОНЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

А.С. Якимов

Институт криосферы Земли СО РАН, г. Тюмень

Формирование концепции нового междисциплинарного научного направления – археологического почвоведения в конце 90-х гг. XX в. [1] позволило расширить географию исследования и обозначить новые проблемы в эволюционном почвоведении. Одним из новых направлений является изучение сохранности почв и культурных слоев на разновременных археологических памятниках в ландшафтах с агрессивной геохимической обстановкой. В таежной зоне Западной Сибири геохимические процессы протекают особенно динамично, что существенно осложняет сохранность археологического материала. В последние годы начались исследования в этом направлении [3, 4], которые носят локальный характер. Вместе с тем, в таежной зоне Западной Сибири сосредоточено большое количество археологических объектов различной типологии, охватывающие исторический период с эпохи мезолита до наших дней. Каждый из этих объектов потен-

циально может содержать уникальную палеогеографическую информацию о древних природных обстановках, записанную в палеоархивах (погребенные почвы, споры и пыльца растений, палеонтологический и антропологический материал). Самая главная проблема заключается в возможности и степени сохранности подобной информации в таежной зоне Западной Сибири, которая недостаточно изучена к настоящему времени.

После прекращения функционирования археологического памятника начинаются природные процессы, восстанавливающие ландшафты, в частности, почвообразование. В таежной зоне, где особенности природных условий вызывают активную трансформацию вещества, это может приводить к частичному или полному восстановлению почвенного покрова на археологических памятниках, т.е. происходит вторичное почвообразование. В этом случае стратиграфия памятника представляет собой почвенный профиль определенного типа. Кроме того, криогенные процессы, старые выворотни от деревьев могут существенно осложнять стратиграфию профиля. Процессы криотурбации приводят к перемещению, перемешиванию горизонтов почв сильно изменяя почвенный профиль. К сожалению, незнание подобных особенностей таежного почвообразования приводит к тому, что некоторые археологи принимают подобные образования за культурные слои. В то же время археологический материал способен к вертикальным перемещениям в профиле в результате внутрипочвенных процессов (промерзание, тиксотропия), что не позволяет точно зафиксировать границу культурных слоев. Проблема заключается в том, что нет четких критериев – что считать культурным слоем в таких природных условиях. Общее определение культурного слоя дано у А.И. Мартынова [2], как слоя земли, образованного в результате жизнедеятельности людей, который включает остатки жилых и хозяйственных строений, предметы, отбросы. Это определение не всегда подходит для памятников таежной зоны Западной Сибири, где их функционирование продолжалось небольшой промежуток времени в специфических природных условиях и не обеспечивало должную сохранность. В этой связи нами предложено ввести три градации культурного слоя для таежных ландшафтов Западной Сибири:

1) собственно культурный слой, где в стратиграфии хорошо выражены следы жизнедеятельности людей, и он отвечает общему определению термина;

2) вновь сформированные почвы в процессе вторичного почвообразования, вмещающие в себя археологические артефакты (керамика, монеты);

3) почвы без признаков антропогенной трансформации и археологического материала.

Считаем, что такой подход позволит избежать неверных трактовок стратиграфии археологических памятников и естественных почв в их окрестностях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Демкин В.А. Палеопочвоведение и археология: интеграция в изучении истории природы и общества. Пушкино, 1997. 213 с.
2. Мартынов А.И. Археология: Учебник. М.: Высшая школа, 1996. 415 с.
3. Якимов А.С. Проблемы интерпретации культурного слоя в таежной зоне Западной Сибири // Человек и Север: Антропология, археология, экология: Матер. Всерос. конф. Тюмень, 2009. Вып. 1. С. 29-31.
4. Якимов А.С. Культурный слой и вторичное почвообразование (на примере ландшафтов юга Западной Сибири) // Человек и Север: Антропология, археология, экология: Матер. Всерос. конф. Тюмень, 2012. Вып. 2. С. 72-73.

ОРГАНОПРОФИЛИ ПОЧВ В ПРИРОДНЫХ СИСТЕМАХ КАРЕЛИИ

О.Н. Бахмет

Институт леса КарНЦ РАН, г. Петрозаводск

На территории региона, где проводились исследования, проходит граница двух крупнейших физико-географических стран европейского континента – Фенноскандии и Русской равнины, поэтому в Карелии наблюдается большинство типов ландшафта северо- и среднетаежной подзон европейской части России. Комплексные экспедиции проходили в различных типах ландшафтов, что позволило получить обширный материал по особенностям почв и почвенного покрова природных экосистем Карелии. Полевые работы были сосредоточены главным образом на ландшафтных профилях, которые закладывались с детальной нивелирной съемкой в наиболее типичных участках ландшафтных контуров, описано 19 профилей протяженностью от 2 до 8 км. Изучение почв проводили в пределах бигеоценозов, затем данные систематизировались в целом для исследуемого ландшафта. При проведении полевых маршрутных исследований уточнялись как контуры самих ландшафтов, так и составлялись крупномасштабные почвенные карты с описанием почвенного покрова территорий. В результате проведенных исследований выявлена при-

уроченность типов органопрофилей почв к различным уровням ландшафтной структуры: типам биогеоценозов, ландшафтов и ландшафтными районами.

В исследованиях структуры лесного покрова зачастую понятия «тип леса» и «тип биогеоценоза» отождествляются, однако, один и тот же тип леса можно встретить на различных почвообразующих породах, почвах, в различных ландшафтах. При описании ландшафтов Карелии выделено 20 типов леса в северной тайге и 18 в средней, биогеоценозов же выделено существенно больше, так как одни и те же типы леса в пределах разных ландшафтов приурочены к разным почвам с отличными органопрофилями.

Изучение органопрофилей почв в пределах лесных ландшафтов показало, что существуют значительные различия, Фоновые (характерные) типы органопрофилей почв встречаются во всех ландшафтах региона, но в различных ландшафтах меняется их соотношение. Некоторые типы органопрофилей почв встречаются только в определенных типах ландшафтов. Полученные сведения о характерных для почв ландшафта органопрофилях, запасах органического вещества сосредоточенного в них, а также о площадном распространении почв на территории, занимаемой ландшафтом, дают возможность оценить величину запасов органического вещества почв ландшафта в целом. Исследования показали, что ландшафты региона значительно различаются по запасам органического вещества почв. Почвы гидроморфной группы являются основным резервуаром органического вещества, поэтому, чем больше площадь болотных торфяных почв, тем выше его запасы в данном ландшафте. Наименьшие средние запасы в почвах на единицу покрытой лесом площади отмечены в скальных ландшафтах, наиболее высокие значения в ландшафтах группы озерных, озерно-ледниковых и морских равнин. Последние отличаются высокой степенью заболоченности, значительную долю высоких запасов органического вещества в них обеспечивают гидроморфные почвы.

Ландшафтные районы представляют собой обширные лесные территории, которые слагают в разной степени сходные типы ландшафта. Для выделения ландшафтных районов Карелии контуры отдельных ландшафтов были объединены с учетом особенностей покрова четвертичных отложений, климата, производительности древостоев, соотношения типов лесных местообитаний. В результате проведенного районирования на территории

Карелии выделено 11 ландшафтных районов, для каждого из которых дана характеристика органопрофилей почв, показано их площадное распространение и рассчитаны запасы органического вещества. Установлено, что все ландшафтные районы характеризуются специфическим набором почвенных органопрофилей, различающихся между собой по мощности, степени трансформированности органического вещества и его запасам.

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

Kumar S.	151, 176	Габов Д.Н.	193, 210
Lemenkova P.	103	Гагарина Э.И.	7
Mäkipää R.	120, 122	Галенко Э.П.	82
Sultana R.	151, 176	Ганин Г.Н.	135
Абакумов Е.В.	7, 8, 70, 155	Герасимова М.И.	24
Абросимов К.Н.	9	Герасько Л.И.	37
Авилов В.К.	87	Головлева Ю.А.	26
Александров Д.Е.	172	Голубцов В.А.	281
Алексеев И.И.	11	Гольева А.А.	30, 234
Ананина Т.Л.	126	Гомина А.Е.	138
Антонов Г.И.	172	Горбачева Т.Т.	225
Анциферов А.Л.	128	Горбунова С.М.	195
Артемкина Н.А.	105, 80, 110, 187	Гродницкая И.Д.	172
Арчегова И.Б.	13	Груздев И.В.	193
Ахметова Г.В.	230	Гуммерт И.	212
Ахметова Г.В.	48	Дабах Е.В.	236
Бахмет О.Н.	68, 287	Данилов Д.А.	238
Безкоровайная И.Н.	130	Данилов П.П.	241
Безносиков В.А.	193, 210	Денева С.В.	61
Белова Е.А.	254	Денисова Т.В.	265
Белоусова Н.И.	15	Дмитриев А.И.	240
Беляева Н.В.	238	Дубровский Ю.А.	248
Беспалов В.А.	17	Дымов А.А.	197, 216, 219, 248
Бобкова К.С.	82, 91	Евграфова С.Ю.	172
Боброва Ю.И.	22	Евдокимова Г.А.	241
Бобровский М.В.	19, 39, 44	Егорова Л.Н.	139
Богданова Ю.В.	234	Елькина Г.Я.	243
Бондаренко Н.Н.	189	Ергина Е.И.	246
Бурнашева Э.Р.	122	Еремченко О.З.	28
Быховец С.С.	96, 98, 118, 208	Жангуров Е.В.	30, 248
Ваганов Е.И.	279	Забоева Г.А.	22
Важенина Н.В.	132	Забоева И.В.	30, 82
Валентини Р.	232	Заварзина А.Г.	227
Ванчикова Е.В.	22	Зазовская Э.П.	223
Васенев В.И.	232	Залесов С.В.	251, 271
Васенева И.З.	232	Захарченко Л.П.	130
Визирская М.М.	232	Зверева Е.С.	142
Виноградова Ю.А.	134, 154, 158, 184	Зенкова И.В.	85

Зубкова Е.В.	98, 114	Лаптева Е.М.	72, 154, 158, 184, 189, 241
Зуева О.М.	219	Ларионова А.А.	96, 208
Иванищева Е.А.	258	Лебедев В.Г.	96
Иванов А.В.	32	Лисина Е.И.	251
Иванов Д.Г.	87	Лиханова И.А.	243
Иванова Е.А.	254	Лиханова Н.В.	91
Иванова Н.В.	122	Лодыгин Е.Д.	210
Иващенко К.В.	258	Лойко С.В.	19, 39, 44
Инишева Л.И.	89	Лопес де Гереню В.О.	152, 208
Исагалиев М.	200	Лукина М.В.	80
Истигечев Г.И.	19, 39, 44	Лукина Н.В.	105, 110, 187, 254
Каверин Д.А.	56	Лысиков А.Б.	262
Капелькина Л.П.	94	Любова Н.В.	46
Карминов В.Н.	142	Любова С.В.	46
Качков Ю.П.	42	Лябзина С.Н.	178
Квиткина А.К.	208	Магасумова А.Г.	251
Кизилова А.К.	150	Макаров В.С.	240
Климченко А.В.	130	Макаров Д.А.	212
Князев С.Ю.	143	Максимова Е.Ю.	155
Ковалев И.В.	203	Максимова С.Е.	28
Ковалева В.А.	158	Мальцева А.Н.	208
Ковалева Е.И.	256	Мартыненко О.В.	142
Ковалева Н.О.	203	Матвиенко А.И.	107
Колесников С.И.	265	Медведева М.В.	48
Колесникова А.А.	134, 145	Меняйло О.В.	107
Комаров А.С.	96, 98, 118, 120, 122, 182	Милановский Е.Ю.	214
Конакова Т.Н.	134	Минникова Т.В.	265
Кондратенок Б.М.	193	Мозгова Н.П.	241
Корнейкова М.В.	147	Москаленко С.В.	122
Костенко И.В.	33	Мостовая А.С.	152
Котлугалямова Э.Ю.	276	Мошкина Е.В.	267
Кравченко И.К.	142, 150, 177	Мухортова Л.В.	124
Краснощеков Ю.Н.	35	Надпорожская М.А.	50
Крицков И.В.	37, 39	Негробов О.П.	162
Кубик О.С.	189, 227	Низовцев Н.А.	216, 219
Кудреватых И.Ю.	258	Никитин Е.Д.	54
Кудрин А.А.	134	Никитин О.Г.	54
Кузнецов В.А.	260	Никитина О.А.	52
Кузнецов М.А.	100	Новокрещенных Т.А.	44
Кузнецова Е.Г.	13	Орлова М.А.	80, 105, 110, 187
Кузьмина Д.М.	39	Осипов А.Ф.	112
Кулакова Н.Ю.	101	Панюков А.Н.	13
Курбатова Ю.А.	87	Пастухов А.В.	56
Курганова И.Н.	152	Перминова Е.М.	134, 158
Кызыюрова Е.В.	22	Полохин О.В.	139
Лапа В.В.	42	Пономарев Е.И.	269

Пономарева Т.В.	269	Ткаченко Ю.Н.	68
Порохина Е.В.	89	Толстогузова О.А.	178
Припутина И.В.	96, 114	Трушков А.В.	265
Прокопенко Е.В.	160	Удоденко Ю.Г.	116
Пунегов В.В.	189, 227	Успенская О.Н.	212
Распопина С.П.	58	Федорец Н.Г.	68
Рахимжанов А.Н.	270	Филатов А.Д.	184
Рачкова Н.Г.	283	Фролов П.В.	98, 118, 182
Рожков В.А.	60	Фролова Г.Г.	96
Рочева Л.К.	122	Фролова Е.А.	251
Рубцов С.С.	162	Хабибуллина Ф.М.	158
Русанова Г.В.	61	Халитов Р.М.	7, 70
Рыжова И.М.	260	Холопов Ю.А.	72, 243
Саввинов Г.Н.	240	Хохлов С.В.	9
Самофалова И.А.	64	Хрусталева М.А.	74
Сараева А.К.	164	Хусаинов Р.В.	180
Саржанов Д.А.	232	Хусаинова (Кожина) В.С.	223
Свирина Н.М.	234	Чевердин Ю.И.	17, 76
Семиколенных А.А.	195, 223	Чеканышкин А.С.	78
Сергеева Е.В.	166	Черепанова Т.А.	225
Сизоненко Т.А.	168	Черкашина А.А.	281
Силаев А.В.	281	Черныш А.Ф.	42
Симонович Е.И.	170	Чертов О.Г.	50, 118
Сирин А.А.	212, 221	Чистотин М.В.	221
Скворцова Е.Б.	9	Шамилишвили Г.А.	8
Смирнов В.Э.	110	Шамрикова Е.В.	22, 189, 227
Сорокин Н.Д.	172	Шанин В.Н.	96, 120, 122
Сорокина О.А.	271	Шахтарова О.В.	61
Старцев В.В.	219	Шашков М.П.	118, 122, 182
Столбовой В.С.	66	Швиденко А.З.	124
Стома Г.В.	260	Шергина Н.Н.	184
Стриганова Б.Р.	174, 182	Шестаков И.Е.	28
Суворов Г.Г.	212, 221	Шестибратов К.А.	96
Сулейманов Р.Р.	7, 276	Шуктомова И.И.	283
Сухарева Т.А.	277	Щепашенко Д.Г.	124
Сухачева М.В.	177	Юлдашев Г.	200
Таскаева А.А.	134	Якимов А.С.	285
Телеснина В.М.	152, 279	Яковлев А.С.	256
Титова Т.В.	17		

СПИСОК ОРГАНИЗАЦИЙ – УЧАСТНИКОВ И ОРГАНИЗАТОРОВ КОНФЕРЕНЦИИ

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

Автономная некоммерческая организация «Экотерра», г. Москва
Администрация городского округа «Пущино», г. Пущино

Государственное научное учреждение Каменно-Степное опытное лесничество Воронежского научно-исследовательского института сельского хозяйства имени В.В. Докучаева Российской академии сельскохозяйственных наук, Воронежская обл.

Государственное научное учреждение Почвенный институт им. В.В. Докучаева Федерального агентства научных организаций, г. Москва

Областное государственное бюджетное учреждение культуры Музей природы Костромской области, г. Кострома

ООО «Экосервис», г. Воронеж

Учреждение Российской академии наук Центр «Биоинженерия» РАН, г. Москва

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Вятская государственная сельскохозяйственная академия», г. Киров

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Вятский государственный гуманитарный университет», г. Киров

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Красноярский государственный аграрный университет», г. Красноярск

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермская государственная сельскохозяйственная академия имени академика Д.Н. Прянишникова», г. Пермь

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный национальный исследовательский университет», г. Пермь

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Воронежский государственный университет», г. Воронеж

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова», г. Москва

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный университет леса», г. Мытищи

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Омский государственный педагогический университет», г. Омск

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Петрозаводский государственный университет», г. Петрозаводск

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пушкинский государственный естественно-научный институт», г. Пушкино

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева», г. Москва

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Российский университет дружбы народов», г. Москва

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет», г. Санкт-Петербург

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный университет», г. Санкт-Петербург

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова», г. Архангельск

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Сибирский федеральный университет», г. Красноярск

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Томский государственный педагогический университет», г. Томск

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Томский государственный университет», г. Томск

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Уральский государственный лесотехнический университет», г. Екатеринбург

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Южный федеральный университет», г. Ростов-на-Дону

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Ленинградский Научно-исследовательский институт сельского хозяйства «Белогорка», дер. Белогорка, Ленинградская обл.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Биолого-почвенный институт Дальневосточного отделения РАН, г. Владивосток

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Всесоюзный научно-исследовательский институт агрохимии, г. Москва

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, г. Хабаровск

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, г. Иркутск

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт географии РАН, г. Москва

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт криосферы Земли СО РАН, г. Тюмень

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, г. Красноярск

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт лесоведения РАН, с. Успенское, Одинцовский р-н, Московская обл.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт математических проблем биологии РАН, г. Пущино

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт микробиологии им. С.Н. Виноградского РАН, г. Москва

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем промышленной экологии Севера Кольского научного центра РАН, г. Апатиты

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, г. Москва

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, г. Пущино

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт экологического почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт экологии Волжского бассейна РАН, г. Тольятти

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Центрально-Черноземной полосы им. В.В. Докучаева, Воронежская обл.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН, г. Москва

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Научно-исследовательский центр экологической безопасности РАН, г. Санкт-Петербург

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Тобольская комплексная научная станция Уральского отделения РАН, г. Тобольск

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», г. Томск

Филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт биоорганической химии им. академиков М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова РАН, г. Пущино

Центр паразитологии Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, г. Москва

Республика Башкортостан

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Башкирский государственный аграрный университет», г. Уфа

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт биологии Уфимского научного центра РАН, г. Уфа

Федеральное государственное учреждение Национальный парк «Башкирия», пос. Нугуш

Республика Бурятия

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Заповедное Подлеморье», г. Улан-Удэ

Республика Карелия

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт леса Карельского научного центра РАН, г. Петрозаводск

Республика Коми

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН, г. Сыктывкар

Институт естественных наук Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Сыктывкарский государственный университет им. Питири-ма Сорокина», г. Сыктывкар

Комитет лесов Республики Коми, г. Сыктывкар

Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Коми, г. Сыктывкар

ОАО «Монди Сыктывкарский лесопромышленный комплекс», г. Сыктывкар

Республика Крым

Государственное бюджетное учреждение Республики Крым «Орден Трудового Красного Знамени Никитский ботанический сад – Национальный научный центр», г. Ялта

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского», г. Симферополь

Республика Саха (Якутия)

Научно-исследовательский институт прикладной экологии Севера Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова», г. Якутск

СТРАНЫ СНГ

Республика Беларусь

Республиканское научное дочернее унитарное предприятие «Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси», г. Минск
Белорусский государственный университет, г. Минск

Грузия

Институт почвоведения, агрохимии и мелиорации им. М. Сабашвили Аграрного университета Грузии, г. Тбилиси

Казахстан

Республиканское государственное предприятие «Жасыл Аймак», г. Астана

Узбекистан

Ферганский государственный университет, г. Фергана

Донецкая народная республика

Донецкий национальный университет, г. Донецк

Украина

Харьковский национальный аграрный университет им. В.В. Докучаева, г. Харьков,

СТРАНЫ ЕВРОПЫ И АЗИИ**Германия**

Бингенский политехнический университет, г. Бинген на Рейне (*University of Applied Sciences Bingen, Bingen, Germany*)

Грейфсвальдский университет, г. Грейфсвальд (*Greifswald University, Greifswald, Germany*)

Республика Чехия

Карлов университет в Праге, факультет естественных наук, Институт экологических исследований, г. Прага (*Charles University in Prague, Faculty of Science, Institute for Environmental Studies, Prague, Czech Republic*)

Финляндия

Институт природных ресурсов Финляндии, г. Вантаа (*Natural Resources Institute Finland, Vantaa, Finland*)

Австрия

Международный институт прикладного системного анализа, г. Лаксенбург (*International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria*)

Пакистан

Кафедра зоологии университета провинции Синд, г. Джамшоро (*Department of Zoology, University of Sindh, Jamshoro, Pakistan*)

VI Всероссийская научная конференция по лесному почвоведению с международным участием «Фундаментальные и прикладные вопросы лесного почвоведения» проводится в рамках объявленного Организацией Объединенных Наций Международного года почв.



2015

Международный
год почв

НАШИ СПОНСОРЫ И ПАРТНЕРЫ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ
АГЕНТСТВО
НАУЧНЫХ
ОРГАНИЗАЦИЙ



Российский фонд
фундаментальных исследований



Центр по проблемам экологии
и продуктивности лесов РАН



Отделение биологических наук
Российской академии наук



Московский государственный университет
им. М.В. Ломоносова



Общество почвоведов им. В.В. Докучаева



Комитет лесов Республики Коми



Коми региональный некоммерческий фонд
«Серебряная тайга»



Министерство природных ресурсов
и охраны окружающей среды
Республики Коми



Управление Федеральной службы
по надзору в сфере природопользования
(Росприроднадзор) по Республике Коми



Программа развития ООН



Глобальный экологический фонд (ГЭФ)



Европейский союз



Коми отделение ГЭФ



Программа CLIMAEAST



Federal Ministry for the
Environment, Nature Conservation
and Nuclear Safety

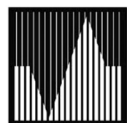
Федеральное министерство
по окружающей среде, охране природы
и ядерной безопасности



Компания «ЛабИнструментс»



Компания Li-Cor Biosciences (США)



ЛАБ Инструментс

Уважаемые коллеги!

Сфера деятельности компании «ЛабИнструментс» - поставка аналитических приборов, лабораторного оборудования и расходных материалов для научных исследований и производства. Имея в своем распоряжении сбалансированный портфель оборудования, мы имеем возможность комплексного оснащения лабораторий «под ключ», осуществляя подбор аналитического, общелабораторного и вспомогательного оборудования для лабораторий биологического, экологического, химического, биотехнологического, географического профиля.

Основные поставщики компании «ЛабИнструментс» - ведущие американские и европейские производители: LI-COR (США), Labconco (США), Eppendorf (Германия), New Brunswick (США), Guava (США), Linseis (Германия) и многие другие. Это позволяет нам гарантировать высокое качество поставляемой продукции и надежность предлагаемых технических решений.

Компания «ЛабИнструментс» имеет два склада в Москве, что дает нам возможность немедленной отгрузки ряда наименований расходных материалов (наконечники, микропробирки и т.д.), а также мелкого оборудования (пипетки, дозаторы и т.д.) – нет необходимости ждать, когда Ваш заказ прибудет из-за границы.

Комплектация лабораторий осуществляется на базе каталога VWR International (США). VWR USA (<https://us.vwr.com>) – крупнейший мировой поставщик аналитического и общелабораторного оборудования (более двух миллионов позиций в каталоге). Каталог VWR USA предлагает практически всё, что нужно для оснащения лабораторий, и мы особенно рекомендуем его для биологов, биохимиков и биотехнологов.

Коллектив компании «ЛабИнструментс» обладает огромным опытом в области поставок оборудования. Наше кредо - индивидуальный подход к каждому клиенту. Сотрудники компании среди прочего будут рады помочь Вам и с приобретением редкого и уникального оборудования, не представленного на российском рынке, а также реагентов.

Компания «ЛабИнструментс» обеспечивает полный комплекс услуг для решения задач, поставленных покупателем:

- сотрудники компании, имеющие большой опыт работы в научно-исследовательских учреждениях соответствующего профиля, помогут Вам выбрать оптимальное оборудование для решения конкретных задач и подберут наилучший вариант по соотношению цена-качество-функциональность;
- мы осуществляем оперативную доставку оборудования от производителя до заказчика, используя отлаженную систему логистики;
- высококвалифицированные инженеры нашей сервисной службы выполняют ввод в эксплуатацию, гарантийное, послегарантийное и сервисное обслуживание оборудования;
- сервисная служба компании «ЛабИнструментс» предлагает услуги по ремонту и обслуживанию оборудования Labconco, Eppendorf, New Brunswick и других производителей независимо от источника покупки. Возможен выезд инженера в регионы России.

Цель компании «ЛабИнструментс» - предложить Вам, нашему покупателю, максимально широкий ассортимент товаров высокого качества и профессиональный сервис.

Накопленный нами опыт и знания сделают наше взаимодействие максимально продуктивным, комфортным и выгодным для Вас!

www.labinstruments.ru

ООО «Компания ЛабИнструментс»

г. Москва, 117997, ул. Миклухо-Маклая, д. 16/10 (в здании ИБХ РАН), корпус 32, офис 306
Тел. / факс: +7 (499) 724-8872, (495) 223-4815, (495) 669-2094, (495) 762-0236

Ответственный представитель Поставщика:

к.х.н. Анцыпович Сергей Игоревич

E-mail: sa@labinstruments.ru

Тел.: +7 (903) 762-0296



Уважаемые коллеги!

Компания Li-Cor Biosciences (США) является ведущим производителем оборудования для экологического мониторинга атмосферы и почвы, а также для изучения растений.

Компания Li-Cor признается мировым лидером в производстве профессионального оборудования для исследования экосистем и изучения газообмена и фотосинтетической активности растений.

ООО «Компания ЛабиИнструментс» является официальным эксклюзивным представителем компании Li-Cor в Российской Федерации и ряде стран СНГ. Это позволяет нам обеспечить гибкие цены и сжатые сроки поставки на весь спектр оборудования производства компании Li-Cor.

В ассортимент предлагаемого компанией Li-Cor оборудования (подразделение Li-Cor Environmental) входят:

✓ **Портативные системы для изучения почвенного дыхания (серия LI-8100)**, которые могут комплектоваться мультиплексорами (до 16 рабочих камер одновременно). Могут комплектоваться различными типами измерительных камер, благодаря чему возможны конфигурации в виде стационарных мониторинговых комплексов или переносных систем.

✓ **Портативные системы для изучения газообмена растений и процессов фотосинтеза (серия LI-6400XT)**, которые могут комплектоваться различными рабочими камерами под самые разные образцы (хвойные, мхи, лишайники и т.д.), а также могут комплектоваться импульсным флуориметром для измерения флуоресценции хлорофилла, которая является важной характеристикой фотосинтетической активности растений.

✓ **Профессиональные газоанализаторы** для измерения уровня содержания паров воды, углекислого газа и метана в атмосфере:

- Лабораторный высокоточный газоанализатор CO_2 / H_2O (LI-7000);
- Компактные портативные газоанализаторы CO_2 (LI-820) и CO_2 / H_2O (LI-840A);
- Газоанализаторы для работы в полевых условиях, в том числе в составе программно-аппаратных мониторинговых комплексов: газоанализаторы CO_2 / H_2O открытого (LI-7500A) и закрытого типа (LI-7200), газоанализатор CH_4 открытого типа (LI-7700).

✓ **Комплексные системы мониторинга атмосферы серии GHG (Greenhouse Gas Analyzer Systems)**, включающие в себя газоанализатор CO_2 / H_2O и газоанализатор CH_4 .

✓ **Метеорологические станции серии 7900-100 (Biomet Packages)** укомплектованные набором датчиков для мониторинга всех необходимых параметров атмосферы и почвы (могут быть выполнены в формате «башня» или в формате «штатив»).

✓ **Системы автономного электропитания на солнечных батареях** для комплексов GHG и Biomet.

✓ **Системы удаленной связи** для передачи информации и дистанционного управления (модемная и спутниковая связь).

✓ **Анемометры.**

✓ **Измерители освещенности и широкий ассортимент датчиков освещенности** (в т.ч. радиометры).

✓ **Датчики влажности, температуры, осадков и др.**

✓ **Приборы для изучения проективного покрытия растительности (LAI-2200)**

✓ **Приборы для изучения площади листа (LI-3100C и LI-3000C)**

✓ **И многое другое!**

Ассортимент доступных приборов непрерывно растет.

Продукция компании Li-Cor характеризуется интуитивно-понятным интерфейсом, надежным всепогодным исполнением для работы в сложных погодных условиях, высокой точностью и скоростью измерений, низким энергопотреблением (есть возможность питания от солнечных батарей) и рядом других принципиальных достоинств, делающих работу максимально комфортной и позволяющих получать точные, надежные и воспроизводимые результаты. Комплексные системы мониторинга от компании Li-Cor могут быть легко адаптированы под использование различных датчиков, реализуемых другими компаниями-производителями.

www.licor.com

www.labinstruments.ru

ISBN 978-5-89606-543-2



Научное издание

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ВОПРОСЫ ЛЕСНОГО ПОЧВОВЕДЕНИЯ

Материалы VI Всероссийской научной конференции
по лесному почвоведению с международным участием

*Рекомендовано к изданию
Ученым советом Института биологии Коми НЦ УрО РАН*

Редактор Л.А. Федорова
Оригинал-макет – Е.А. Волкова

Лицензия № 0047 от 10.01.99

Компьютерный набор. Подписано в печать 24.07.2015.
Формат 60×84¹/₁₆. Печать офсетная. Бум. офсетная.
Усл. печ. л. 18.75. Уч.-изд. л. 18.5. Тираж 300. Заказ № 5786

Редакционно-издательский отдел Коми научного центра УрО РАН.
167982, ГСП, г. Сыктывкар, ул. Первомайская, 48.

Отпечатано с готового оригинал-макета
в ООО «Коми республиканская типография»
ул. Савина, 81, тел. 28-46-71